



## RESUMEN PUBLICABLE

# Evaluación de Proyectos de Microgeneración Basados en Biomasa

Consultoría de apoyo al Componente: "Políticas Energéticas 2005-2030"

Eje Estratégico: "Diversificación de la Matriz Energética"

Dr. Ing. Marcelo Castelli

## CONTENIDO

Lista de tablas.....	4
Lista de imágenes.....	4
1. Resumen ejecutivo.....	5
2. Introducción. ....	6
3. Objetivos. ....	7
4. Alcance.....	7
5. tipos de biomasa a considerar.....	7
6. Descuentos tributarios y planes de financiación. ....	8
6.1 LEY DE PROMOCIÓN DE INVERSIONES 16.906 - Decreto 455/007 .....	8
6.2 LEY DE PROMOCIÓN DE INVERSIONES 16.906 - Decreto 354/009 .....	9
7. Evaluación de factores de impacto en la viabilidad económica de los proyectos .....	9
7.1 Costos de la biomasa. ....	9
7.2 Costo de la energía eléctrica .....	10
7.3 Combustibles a ser sustituidos .....	11
7.3.1 Costo del gas natural.....	11
7.3.2 Costo del gasoil.....	11
7.3.3 Costo del GLP.....	11
7.3.4 Costo del Fuel Oil.....	11
7.4 Costos de inversión.....	11
7.5 Precio de venta de la energía eléctrica .....	12
8. Equipos a utilizar.....	12
8.1 Motor de combustión interna GekGasifier.....	13
8.2 Motor Stirling Genoa3.....	13
8.3 Turbinas de gas Talbott's. ....	13
8.4 Gasógeno Ankur con motor Cummins. ....	14
8.5 Motor Stirling SD4-E.....	14
9. Estudio de Casos y Conclusiones .....	14
9.1 Supuestos Utilizados. ....	14
9.1.1 Tipos y costos de combustible.....	14
9.1.2 Costos de Energía Eléctrica. ....	15
9.1.3 Tecnologías a Considerar. ....	15
9.1.4 Supuestos Financieros.....	16
9.2 Caso Característico. ....	16
9.3 Resumen de Casos. ....	18

9.3.1	Sistemas sin Recuperación de Calor.....	18
9.3.2	Sistemas con Recuperación de Calor. ....	19
9.3.3	Casos Particulares.....	20
9.3.4	Análisis de Casos.....	21
9.4	Conclusiones.....	23
10.	Referencias bibliográficas.....	24
10.1	Documentos consultados.....	24
10.2	Sitios web consultados.....	24

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1 Características de los distintos combustibles.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 4 Características de los distintos combustibles.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 5 Costos de la biomasa (Elaboración propia).....</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 6 Costos de inversión.....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 7 Resumen de tecnologías de generación con biomasa .....</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 8 Comparación de costos de biomasa .....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 9 Comparación de costos de combustibles .....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 10 Comparación de costos de energía.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 11 Comparación de costos de equipamiento.....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 12 Supuestos financieros .....</i>	<i>16</i>
<i>Tabla 13 Condiciones de operación de la instalación .....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 14 Datos de funcionamiento.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 15 Costo Anual.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 16 Ahorro Total Anual .....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 17 Ahorro Bruto Anual.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 18 Repago vs Inversión.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 19 TIR .....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 20 Resumen de Casos Sin Recuperación de Calor .....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 21 Resumen de Casos Con Recuperación de Calor .....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 22 Casos Especiales.....</i>	<i>20</i>

## LISTA DE IMÁGENES

<i>Figura 1 Producción, oferta y consumo final de energía eléctrica en el Uruguay (MIEM / DNE) .....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2 Variación de rentabilidad en función de la potencia instalado y el combustible a ser suplantado. ....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 3 Variación de rentabilidad en función de la tarifa de venta de energía y efecto de las exoneraciones fiscales en el proyecto para 20kWe. ....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 4 Variación de rentabilidad en función de la tarifa de venta de energía y efecto de las exoneraciones fiscales en el proyecto para 100kWe. ....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 5 Variación de rentabilidad en función de la tecnología seleccionada.....</i>	<i>23</i>

## 1. RESUMEN EJECUTIVO.

Se presenta en el presente resumen, la evaluación técnico-económica de potenciales proyectos de microgeneración basados en biomasa e integrados a la red de baja tensión bajo el decreto 173/010, en condiciones comerciales preferenciales, ya que permite esta comercialización al mismo precio de compra de la energía eléctrica.

En primera instancia se plantean los objetivos del presente proyecto, destacándose como objetivo general estudiar las distintas tecnologías de microgeneración a partir de biomasa y su aplicabilidad a nivel nacional. Como segundo objetivo se han relevado las distintas formas de biomasa a utilizar para microgenerar, desprendiéndose de este análisis la necesidad de utilizar biomasa de calidad para la implementación de este tipo de tecnologías. Dentro de este tipo de biomasa se destacan los pellets y briquetas como una alternativa eficiente para su utilización a pequeña escala.

De igual forma, se ha realizado un análisis de las tecnologías existentes para microgeneración, las cuales pueden ser aplicables a nivel nacional, decantándose finalmente por tecnologías de gasificación de biomasa, motores Stirling y motores de vapor de baja potencia. Esta selección se ha realizado teniendo en cuenta tanto aspectos técnicos (facilidad de operación, mantenimiento, requerimientos de biomasa, etc) como económicos (costo de la inversión, costo de la biomasa, etc). Se han estudiado a su vez distintos niveles de potencia y capacidades de recuperación de calor para cada una de estas tecnologías dentro de los rangos de potencia estudiados.

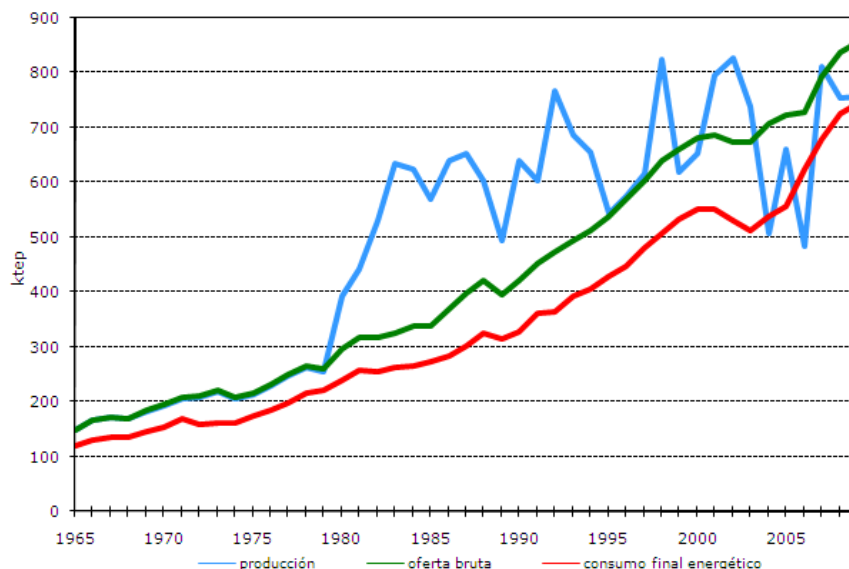
Posteriormente se han seleccionado distintos casos para su estudio en detalle, en función de las tarifas de conexión a la red eléctrica, potencia a instalar y capacidad de recuperación de calor para sustitución de distintos combustibles. También se han tenido en cuenta en este estudio las posibles exoneraciones fiscales con las que podría contar el potencial generador.

Este análisis ha arrojado finalmente que es rentable la implementación de proyectos de microgeneración a partir de biomasa, básicamente en función de la potencia a instalar, aumentando la rentabilidad del proyecto al aumentar la potencia a ser instalada, así como también en función del tipo de combustible a sustituir, en los casos donde es posible generar energía eléctrica y aprovechar el excedente térmico para algún tipo de proceso que lo requiera. Por último, la rentabilidad de estos proyectos se ve incrementada al aplicarse a los mismos, exoneraciones fiscales, aunque éstas por sí solas sólo viabilizan los proyectos de microgeneración en los casos donde no es posible la utilización del calor excedente de la generación para su uso térmico.

## 2. 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 deberá velar por un acceso adecuado a la energía para todos los sectores sociales.

De acuerdo a las matrices energéticas consolidadas publicadas por la DNE, existe un aumento anual considerable de la demanda de energía eléctrica. Esto puede deberse a muchos motivos, pero lo cierto es que para poder abastecer este consumo creciente existen dos grandes alternativas no excluyentes: la primera es fomentar un uso más eficiente de los recursos y la segunda es aumentar la capacidad instalada en generación, o bien realizar acuerdos estratégicos para tomar energía a través de redes argentinas o brasileñas. La microgeneración contribuiría a la solución de este problema abarcando ambas alternativas generando in-situ la energía consumida y vendiendo sus excedentes, que seguramente sean consumidos por clientes cercanos, sin necesidad de utilizar largos tramos de redes.



*Figura 1 Producción, oferta y consumo final de energía eléctrica en el Uruguay (MIEM / DNE)*

Todo aumento de la capacidad de generación de energía eléctrica implica inversiones, que hasta el año 1997 solamente podían ser públicas. La ley Nº 16.832, con fecha 27 de junio de 1997, permite el ingreso de nuevos agentes generadores de energía eléctrica (distintos de UTE), y crea ADME para administrar el Mercado Mayorista de Energía Eléctrica (MMEE). Dicho mercado funciona en las etapas de generación y consumo, con uso compartido del sistema de transmisión contando con un régimen de libre acceso y competencia para el suministro a los distribuidores y grandes consumidores. En el marco de esta ley, se aprueban una serie de reglamentos para el MMEE, estableciendo un marco regulatorio para el servicio de operación del SIN.

Adicionalmente, con la aprobación del reglamento de transmisión de energía eléctrica, aprobado por el decreto 278/002 del 28 de junio de 2002, se exonera de determinados cargos por el uso de la red a generadores y auto productores, para hacer más atractivas a las inversiones en el rubro, por ejemplo por exoneraciones de pago por uso de la red.

Como parte de las líneas de acción el decreto del Poder Ejecutivo 173/010 autoriza la instalación de microgeneradores a partir de fuentes renovables para intercambiar energía en forma bidireccional en la red de baja tensión, en condiciones comerciales establecidas en el propio documento. Entre otros aspectos se destacan como las principales características de los contratos ofrecidos la obligación por parte de UTE de comprar toda la energía volcada por 10 años, a un precio fijado al mismo valor que la tarifa contratada. Asimismo fueron establecidas por URSEA y en el reglamento de Baja Tensión las condiciones de calidad de energía y seguridad en los que la misma debe ser suministrada

En el marco de este decreto, hasta el día de la fecha se han instalado varios microgeneradores a partir de energía solar fotovoltaica y energía eólica, pero ninguno a partir de biomasa.

Existen hoy en día diversas experiencias a partir de biomasa en Uruguay, pero de generación de pequeño o mediano porte, todas mayores a 1MW.

### 3. OBJETIVOS.

Este proyecto tiene como objetivo relevar las distintas tecnologías de microgeneración de energía eléctrica a partir de la biomasa, y estudiar su aplicabilidad en el Uruguay. Para ello, se analizarán distintos casos particulares con el fin de estudiar su viabilidad económica, identificando fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora.

### 4. ALCANCE.

Se describirán las actuales tecnologías de generación de biomasa existentes en el mundo, y su aplicabilidad en el Uruguay. Además, se realizará una evaluación económica de la instalación de generadores para un conjunto de casos, diferenciándose de acuerdo a la potencia a instalar, capacidad de recuperación de calor y si aplican exoneraciones fiscales por tratarse de empresas o particulares.

Serán consideradas, para cada tecnología de generación, tarifa a contratar a UTE, potencia a consumir, características de la demanda de energía térmica, características de la demanda de energía eléctrica, entre otros.

Se concluirá acerca de la viabilidad de instalar generadores en los sitios anteriormente mencionados, identificando las barreras y oportunidades de mejora para cada aspecto.

### 5. TIPOS DE BIOMASA A CONSIDERAR

A los efectos de este estudio, solamente serán consideradas como fuente de energía a partir de biomasa los rollos de leña, pellets, briquetas y chips de madera. Esto se debe principalmente al desarrollo de las tecnologías empleadas actualmente para esta escala de proyectos.

Es considerado que los combustibles provenientes de biomasa no tienen emisiones atmosféricas considerando su ciclo completo, ya que el volumen de CO<sub>2</sub> producto de la combustión es similar al que absorbe la biomasa a lo largo de su vida.

A continuación se presenta un cuadro resumiendo las principales características de cada uno de los tipos de biomasa a considerar para el estudio:

	<i>Poder calorífico inferior (kcal/kg)</i>	<i>Humedad</i>	<i>Costo*</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<b>Rolos de leña</b>	2200 - 2800	25 – 40 %	Bajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poco procesamiento para obtenerlo</li> <li>- Costo bajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultades para la manipulación por su tamaño</li> <li>- Composición más heterogénea</li> <li>- Carga y encendido de los equipos es manual</li> </ul>
<b>Chips de madera</b>	2200 – 2800	20 – 40 %	Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Logística de transporte más sencilla dentro y fuera del lugar de uso</li> <li>- Mejor y más fácil combustión</li> <li>- Control de la humedad más sencillo</li> <li>- Carga de los equipos puede ser automática</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor costo por etapas de procesamiento para su obtención</li> <li>- Más uniforme que la leña, pero menos que briquetas o pellets</li> </ul>
<b>Briquetas</b>	~4.500	< 10%	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Logística de transporte más sencilla dentro y fuera del lugar de uso</li> <li>- Uniformidad del combustible</li> <li>- Mejor y más fácil combustión</li> <li>- Carga de los equipos puede ser automática</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor costo por etapas de procesamiento para su obtención</li> <li>- Consumo de energía para su obtención</li> </ul>
<b>Pellets</b>	> 3.900	< 10%	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Logística de transporte más sencilla dentro y fuera del lugar de uso</li> <li>- Uniformidad del combustible</li> <li>- Mejor y más fácil combustión</li> <li>- Carga y encendido de los equipos puede ser automática</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor costo por etapas de procesamiento para su obtención</li> <li>- Consumo de energía para su obtención</li> <li>- Aplicaciones limitadas</li> </ul>

*Tabla 1 Características de los distintos combustibles*

\*se refiere al costo relativo entre los cuatro tipos mencionados, en los estudios específicos se mencionan márgenes de precios reales

## 6. DESCUENTOS TRIBUTARIOS Y PLANES DE FINANCIACIÓN.

### 6.1 LEY DE PROMOCIÓN DE INVERSIONES 16.906 - DECRETO 455/007

En el marco de este decreto, pueden ampararse empresas beneficiarias cuyas inversiones hayan sido declaradas promovidas por el Poder Ejecutivo. Los proyectos son clasificados de acuerdo al monto de la inversión y podrán exonerar impuestos a la renta.



## 6.2 LEY DE PROMOCIÓN DE INVERSIONES 16.906 - DECRETO 354/009

Favorece a los generadores de energía eléctrica o cogeneradores comprendidos en este régimen, exonerándolos del IRAE (Impuesto a la Renta de las Actividades Económicas).

Esta posible exoneración queda excluida de las residencias y los edificios de apartamentos, ya que en ellos no se genera renta, y por lo tanto no deben pagar IRAE. Los clubes deportivos también tienen exonerado ese impuesto, por lo cual se imputa únicamente a los hoteles.

## 7. EVALUACIÓN DE FACTORES DE IMPACTO EN LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE LOS PROYECTOS

Se consideran como principales factores de impacto en la viabilidad de los proyectos a los costos asociados a la nueva tecnología a instalar. Ello comprende los costos de la inversión que se realizará, de la biomasa que se utilizará como combustible, de la energía eléctrica, etc.

### 7.1 COSTOS DE LA BIOMASA.

Para determinar qué tipo de biomasa es preferible en cada caso de estudio, es necesario comprobar su compatibilidad con la tecnología de generación. También es imprescindible conocer el costo del combustible, según su ubicación geográfica en el Uruguay.

A continuación se presenta un cuadro resumiendo las principales características de cada uno de los tipos de biomasa a considerar para el estudio:

	<i>Poder calorífico inferior (kcal/kg)</i>	<i>Humedad</i>	<i>Costo*</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Desventajas</i>
<b>Rolos de leña</b>	2200 - 2800	25 – 40 %	Bajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poco procesamiento para obtenerlo</li> <li>- Costo bajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultades para la manipulación por su tamaño</li> <li>- Composición más heterogénea</li> <li>- Carga y encendido de los equipos es manual</li> </ul>
<b>Chips de madera</b>	2200 – 2800	20 – 40 %	Medio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Logística de transporte más sencilla dentro y fuera del lugar de uso</li> <li>- Mejor y más fácil combustión</li> <li>- Control de la humedad más sencillo</li> <li>- Carga de los equipos puede ser automática</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor costo por etapas de procesamiento para su obtención</li> <li>- Más uniforme que la leña, pero menos que briquetas o pellets</li> </ul>
<b>Briquetas</b>	~4.500	< 10%	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Logística de transporte más sencilla dentro y fuera del lugar de uso</li> <li>- Uniformidad del combustible</li> <li>- Mejor y más fácil combustión</li> <li>- Carga de los equipos puede ser automática</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor costo por etapas de procesamiento para su obtención</li> <li>- Consumo de energía para su obtención</li> </ul>
<b>Pellets</b>	> 3.900	< 10%	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Logística de transporte más sencilla dentro y fuera del lugar de uso</li> <li>- Uniformidad del combustible</li> <li>- Mejor y más fácil combustión</li> <li>- Carga y encendido de los equipos puede ser automática</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor costo por etapas de procesamiento para su obtención</li> <li>- Consumo de energía para su obtención</li> <li>- Aplicaciones limitadas</li> </ul>

*Tabla 2 Características de los distintos combustibles*

\*se refiere al costo relativo entre los cuatro tipos mencionados, en los estudios específicos se mencionan márgenes de precios reales

Con el fin de estudiar la viabilidad de los proyectos de microgeneración basados en biomasa, inicialmente se tomarán dos casos: biomasa a consumir hasta a 100km de distancia de Montevideo, y aquella a consumir en la zona litoral norte. Es realizada esta discriminación en función de las zonas de producción de chips de madera.

Este costo incluye el de la madera en el lugar de origen, forestación y uso del espacio físico a tal efecto, cosecha, extracción desde el lugar de origen, transporte, industrialización (menos en el caso de rolos, ya que no se procesa) y distribución.

La siguiente tabla presenta los costos asumidos de los distintos tipos de biomasa en función de la ubicación geográfica.

<i>Zona</i>	<i>Tipo</i>	<i>Costo (\$/ton)</i>
Montevideo	Chips de madera	2,240
Montevideo	Pellets	3,290
Montevideo	Rolos	2,200
Montevideo	Briqueta	2,950
Interior	Chips de madera	2,110
Interior	Pellets	3,290
Interior	Rolos	1,900
Interior	Briqueta	2,950

*Tabla 3 Costos de la biomasa (Elaboración propia)*

## 7.2 COSTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

El costo de la energía eléctrica es vital a la hora de determinar la viabilidad de un proyecto de inversión. El consumo evitado de energía eléctrica de la red debido a la generación propia una de las principales fuentes de ahorro. En el caso de generación pura, si el costo de generación es superior al costo al que el consumidor actualmente compra la energía eléctrica el proyecto no es económicamente viable. Adicionalmente, debe considerarse la tarifa eléctrica para el caso de un micro-cogenerador que satisfaga actualmente su demanda térmica a partir de energía eléctrica. En ese caso también se sustituiría la demanda de energía eléctrica con fines térmicos, implicando eventualmente un ahorro adicional.

Estos datos han sido extraídos del pliego tarifario de UTE en vigencia desde febrero de 2011.

Se estudiarán consumos de hasta 100kWe para 230V y 150kWe para 400V.

### 7.3 COMBUSTIBLES A SER SUSTITUIDOS

A continuación se presenta un resumen de los costos de los combustibles a ser sustituidos en el caso de aprovechar el excedente de calor, proveniente de los sistemas de generación de energía eléctrica a partir de biomasa.

#### 7.3.1 COSTO DEL GAS NATURAL.

Es un factor relevante a considerar en el caso de que el consumidor utilice gas natural con fines térmicos. Si se utiliza un equipo de micro-cogeneración el mismo sustituirá total o parcialmente el consumo de gas natural, evitando el gasto en este energético.

El mismo concepto justifica la consideración de los costos de otros energéticos como el GLP, gasoil o fuel-oil, que se describirán en los puntos siguientes.

Tarifas extraídas de Montevideo Gas, vigentes a junio de 2011.

#### 7.3.2 COSTO DEL GASOIL.

Se asume el costo del gasoil publicado en [www.ancap.com.uy](http://www.ancap.com.uy). El mismo es de \$34,4 I.V.A incluido.

#### 7.3.3 COSTO DEL GLP.

El costo del GLP se asume \$27.54 I.V.A incluido por kilo.

#### 7.3.4 COSTO DEL FUEL OIL.

El costo del Fuel Oil se asume \$15.4 + I.V.A por litro.

### 7.4 COSTOS DE INVERSIÓN.

En la siguiente tabla se muestran los costos de los equipos según las ofertas encontradas en diversos países, por kWe.

<i><b>Tecnología</b></i>	<i><b>Potencia (kWe)</b></i>	<i><b>Inversión (USD/kWe)</b></i>
Motor Stirling	35, 70 o 105	14.300
Motor de combustión interna	10 a 150	2.000 - 3.000
Turbinas de gas	25, 50, 100 o 150	9.500

Tabla 4 Costos de inversión

## 7.5 PRECIO DE VENTA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

El precio de venta de energía eléctrica a partir de fuentes renovables en el Uruguay está marcado por lo establecido en el Decreto 173/010, donde se establece que el mismo será igual al cargo vigente en el pliego tarifario de UTE, de acuerdo a la tarifa contratada.

## 8. EQUIPOS A UTILIZAR.

Se resume en el siguiente cuadro las características principales de aquellas tecnologías pasibles de ser aplicadas para microgenerar a partir de biomasa en el Uruguay.

<i>Tecnología</i>	<i>Motor Stirling</i>	<i>Motor combustión interna</i>	<i>Micro-Turbina de gas</i>	<i>Motor de vapor</i>	<i>Rankine Orgánico</i>
<b>Rango potencia unitaria (kW)</b>	Hasta 35kW	Desde fracciones de kW hasta 80 MW	10 – 200kW	20 – 2.000	200 – 3.000
<b>Estimación de costos del equipo (US\$/kWe) *</b>	6.300 – 30.000	2.000 – 3.000	6.000 – 10.000	3.600 – 3.800	3.700 – 4.500
<b>Eficiencia eléctrica aproximada**</b>	8 - 22 %	20 - 30 %	25 – 35 %	5 - 20 %	10 - 18 %
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausencia de partes móviles en contacto con la biomasa</li> <li>- Diversidad de biomasa a utilizar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sencillez de operación</li> <li>- Gran cantidad de proveedores</li> <li>- Tecnología muy empleada y desarrollada mundialmente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eficiencias eléctricas mayores a la del motor de combustión interna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No es necesario vapor sobrecalentado</li> <li>- Diversidad de biomasa</li> <li>- Buen desempeño a carga parcial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajo mantenimiento, alto grado de automatización</li> <li>- Buen rendimiento a carga parcial</li> <li>- Diversidad de biomasa</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Varias experiencias pero no todas en el mercado. Pocos proveedores comerciales de este tipo de equipos para estas aplicaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necesidad de mantenimiento</li> <li>- Biomasa a utilizar de tamaño y contenido de humedad restringido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escaso desarrollo de la tecnología para biomasa gasificada</li> <li>- Biomasa a utilizar de tamaño y contenido de humedad restringido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para que sea viable es necesario cogenerar con alto consumo térmico</li> <li>- Por más que los proveedores tengan probada experiencia son</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para que sea viable es un alto consumo térmico</li> <li>- Pocos proveedores de equipos comerciales</li> <li>- Inversiones altas considerando equipos y</li> </ul>

	- Altos costos			relativamente escasos	periféricos - Fluido de trabajo es inflamable y tóxico
<b>Países de referencia</b>	EEUU, Dinamarca, Italia	India, EEUU, Alemania, Inglaterra, Finlandia	Inglaterra	Alemania	Italia, EEUU

*Tabla 5 Resumen de tecnologías de generación con biomasa*

\*Los datos de eficiencia y costo fueron obtenidos de hojas técnicas de los equipos y de cotizaciones solicitadas a distintos proveedores así como de proyectos de instalaciones a los que se tuvo acceso

\*\* Se considera eficiencia eléctrica a la razón entre la potencia eléctrica generada y la potencia entregada por el combustible. La eficiencia global sería mayor en caso de tratarse de equipos de cogeneración, pues se aprovecha calor de las pérdidas. En caso de no cogenerar la eficiencia global será igual a la eléctrica.

A continuación se describirán los equipos que se utilizarán para generar energía eléctrica, según cada tecnología y potencia necesaria.

### 8.1 MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA GEK GASIFIER.

De origen Estadounidense, provee 10kWe a 230V. Consume 12kg de biomasa por hora, siendo su alimentación manual. La alimentación se debe realizar aproximadamente cada 5 horas. Acepta todos los tipos de biomasa que se estudian, menos rolos de madera. El porcentaje de humedad de la biomasa no debe superar el 30%.

Posee control electrónico de porcentaje de oxígeno, haciendo óptima la combustión. El motor es marca Kubota de 3 cilindros. Pesa 400 kg y sus dimensiones son 1,2mx1,2mx2,5m. Tiene una capacidad de funcionamiento de 24 horas al día. Para mantenimiento se deben disponer 2 días al año, costando USD 1.500. Su costo CIF es de USD 21.900.

### 8.2 MOTOR STIRLING GENOA3.

Es un motor de doble cilindro italiano, que provee 3kWe. Sus dimensiones son 0,7mx0,8mx0,3m y su peso 540kg. Para mantenimiento se deben disponer de 2 días al año, con un costo asociado de USD 3.000. Demanda 10kg de biomasa por hora, aceptando chips o pellets de madera. Su costo CIF es de USD 25.465. Por su alto costo, y debido a que se deben comprar por lo menos 3 motores para satisfacer la demanda, es poco probable que la instalación de este tipo de motores sea rentable.

### 8.3 TURBINAS DE GAS TALBOTT'S.

Estas turbinas de gas se encuentran disponibles para 25, 50 y 250kWe. Se utilizarán de 50kWe (dos en el caso de edificios de apartamentos con demanda de 100kW y tres en el caso de hotel, club deportivo y hospital con demanda de 150kW).

Proviene de Inglaterra. Aprovecha el calor sobrante de la combustión, generando 95kWt por cada 50kWe. Esto lo hace atractivo para ser instalado en lugares donde la demanda de energía térmica es alta.

Puede funcionar las 24 horas del día, necesitando dos días al año para mantenimiento, cuyo costo se estima en 7100 euros. Sus dimensiones son 2,25mx4,50mx3,65m, mas 50 m<sup>3</sup> de bunker de biomasa. La alimentación es automática, demandando 43 kg/h de biomasa (acepta todos los tipos de biomasa).

#### 8.4 GASÓGENO ANKUR CON MOTOR CUMMINS.

Proviene de la India. Consume 100kg/h de biomasa, aceptando pellets, chips y briqueta. Por cada 100kWe generados, se obtienen 225kWt. Pueden funcionar las 24 horas del día.

Para mantenimiento, deben dedicarse dos días al año, y USD 200.

El motor de 6 cilindros Cummins proviene de Estados Unidos, pero se puede comprar en plaza por medio de su importador oficial.

Su costo total es de USD 250.000 para 100kW y USD 320.000 para 150kW.

#### 8.5 MOTOR STIRLING SD4-E.

Estos motores daneses otorgan 35kWe y 140kWt. Actualmente no se realizan ventas al Uruguay (sólo se venden en Inglaterra y Alemania), pero se realizará de todas maneras el estudio económico ya que son los motores Stirling de mayor potencia que se han construido, y puede que en un futuro sea posible importarlos.

Consumen 70 kg/h de biomasa, aceptando sólo chips de madera. Pueden funcionar las 24 horas del día, necesitando para su mantenimiento 5.000 euros dos veces al año.

Su costo total sería, de ser importados, USD 619.500.

### 9. ESTUDIO DE CASOS Y CONCLUSIONES

Como se ha mencionado en el apartado 4, en el presente apartado se estudiarán los distintos casos de posibilidad de microgeneración a partir de biomasa.

En principio se presentarán los supuestos utilizados para el estudio, tipos y costos de combustibles, costos de energía eléctrica, tecnologías a considerar y supuestos financieros realizados.

Posteriormente se presentarán un análisis de un caso característico, explicando de forma detallada la forma de cálculo, para posteriormente presentar los resultados de los distintos escenarios planteados.

Para finalizar se presentarán las conclusiones que se desprenden del estudio realizado.

#### 9.1 SUPUESTOS UTILIZADOS.

##### 9.1.1 TIPOS Y COSTOS DE COMBUSTIBLE.

Con el fin de uniformizar el combustible utilizado para este estudio, y teniendo en cuenta el hecho de que en bajas potencias es difícil contar con sistemas de movimiento de biomasa o personal dedicado exclusivamente a esta tarea en las escalas que se manejan, se ha seleccionado como combustible a utilizar en los generadores estudiados, briquetas de aserrín.

Esta selección se basa en el alto poder calorífico del combustible, uniformidad en cuanto a sus dimensiones y poder calorífico y facilidad de manejo en instalaciones pequeñas, ya que el mismo puede ser fácilmente automatizado o manejado de forma manual a bajo costo.

También se debe esta selección a que el costo del millón de kilocalorías tomando como combustible briquetas, es similar al costo del millón de kilocalorías en combustibles alternativos de base biomasa (leña o chips). Esto se puede apreciar en el siguiente cuadro comparativo:

Combustible	Costo	Unidad	Poder Calorífico	Unidad	USD/Millón Kcal
F-LEÑA	100	USD/ton	2850	kcal/kg	35
G-CHIPS	110	USD/ton	3100	kcal/kg	35
H-BRIQUETA	150	USD/ton	4200	kcal/kg	36

*Tabla 6 Comparación de costos de biomasa*

A continuación, se presenta un resumen de los costos de combustibles considerados, tanto para generación como para sustitución por aprovechamiento del remanente térmico de los sistemas de generación.

Combustible	Costo	Unidad	Poder Calorífico	Unidad	USD/Millón Kcal
B-GAS OIL	34,4	\$/lt	9800	kcal/lt	176
C-GAS NATURAL	18	\$/m3	8900	kcal/m3	101
D-GLP	27,54	\$/kg	11300	kcal/kg	122
E-FUEL OIL	15,4	\$/lt	9800	kcal/lt	79
F-LEÑA	100	USD/ton	2850	kcal/kg	35
G-CHIPS	110	USD/ton	3100	kcal/kg	35
H-BRIQUETA	150	USD/ton	4200	kcal/kg	36

*Tabla 7 Comparación de costos de combustibles*

En función de los energéticos utilizados a pequeña escala a nivel nacional para generación de energía térmica, se han tomado como combustibles a suplantar por aprovechamiento de calor remanente de los sistemas de gasificación, los siguientes: GAS OIL, GAS NATURAL, GLP y FUEL OIL.

### 9.1.2 COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Se presenta a continuación un cuadro comparativo de las tarifas de energía eléctrica de UTE en baja tensión, utilizadas en el presente estudio:

Tarifa	Cargo por potencia	COSTO \$/kWh			Promedio (USD/MWh)
		Punta	Llano	Valle	
A-DOBLE HORARIO RESIDENCIAL	0	5,696	2,084	NA	149,4
F-MC1 230V - 400V	210,4	6,174	2,672	1,128	140,3
K-RESIDENCIAL SIMPLE	0	4,817	NA	NA	240,9

*Tabla 8 Comparación de costos de energía*

### 9.1.3 TECNOLOGÍAS A CONSIDERAR.

En el siguiente cuadro, se presenta el resumen de las tecnologías de microgeneración evaluadas, así como también sus capacidades de recuperación de calor, consumos de biomasa (basados en biomasa de 4200kcal/kg) y costo del kWe (kilowatt eléctrico) instalado.

<b><u>TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA MICROGENERACIÓN</u></b>				
Tecnología	Potencia (kWe)	Potencia (kWt)	Consumo Biomasa (kg/kWe)	Costo (USD/kWe)
A-Gas Briqu. Ankur 10kWe	10	0	1,1	4800
B-Gas Briqu. Ankur 20kWe	20	37	1,1	4800
C-Gas Briqu. Ankur 100kWe	100	183	1,1	3400
D-Gas Briqu. Ankur 150kWe	150	275	1,1	3100
E-GEK Gasifier	10	0	1,2	2300
F-Motor Stirling Genoa 3	3	0	3,3	8488
G-Motor Stirling SD4-E	35	88	2	17700
H-Tubrina de gas Talbott's (25kWe)	25	48	1,7	9500
I-Tubrina de gas Talbott's (50kWe)	50	95	1,7	9500

*Tabla 9 Comparación de costos de equipamiento.*

Dentro del supuesto de posibilidad de utilización de calor por parte del generador, se ha supuesto que la capacidad de utilización de calor residual del proceso de generación de Energía Eléctrica es del 100%. Este supuesto es conservador en el entendido que en la totalidad de tecnologías estudiadas, la limitante de generación la aporta el sistema térmico y no el eléctrico, quedando este sub dimensionado en la mayoría de los casos en que es posible recuperar calor para distintos procesos.

#### 9.1.4 SUPUESTOS FINANCIEROS.

Con el fin de estudiar la viabilidad económica de los proyectos, se han realizado una serie de supuestos, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tasa de interés préstamo	8%
Años de préstamo	10
Dinero propio (%)	20%
Años de contrato para venta de Energía Eléctrica	10

*Tabla 10 Supuestos financieros*

El dinero propio corresponde al porcentaje de dinero de la inversión total que será aportado directamente por el generador, el cual no se encontrará grabado de una tasa de interés. A partir de estos supuestos se han calculado las distintas tasas internas de retorno (TIR) para cada uno de los casos.

En el caso de que el proyecto sea presentado dentro de la Ley de Promoción de Inversiones, particularmente amparado dentro del decreto 455/007, se aplicará un porcentaje de exoneración de renta del 44% en un período de 5 años y se asumirá que existe una renta gravada a la empresa que permita descontar la totalidad del monto exonerado durante el período considerado.

## 9.2 CASO CARACTERÍSTICO.

A continuación se presentará un análisis de un caso característico de los estudiados dentro del presente proyecto, con el fin de analizarlo en detalle, para posteriormente presentar un resumen de la totalidad de casos estudiados:



En primer lugar se definirá la potencia a instalar, el combustible a utilizar, el combustible a suplantar a partir de la recuperación de calor del sistema de generación, la tarifa en que se encuentra el generador y las condiciones de funcionamiento de la instalación:

La siguiente tabla resume todos los parámetros indicados previamente:

Tecnología	B-Gas Briqu. Ankur 20kWe
Combustible a Utilizar	H-BRIQUETA
Combustible a suplantar	B-GAS OIL
Tarifa	A-DOBLE HORARIO RESIDENCIAL
Horas por Día de Operación Eléctrico (hs)	20
Días por Año de Operación Eléctrico (días)	300
Horas por Día de Operación Térmico (hs)	20
Días por Año de Operación Térmico (días)	300

*Tabla 11 Condiciones de operación de la instalación*

Una vez seleccionada la tecnología y fijadas las condiciones de trabajo, tanto operativas como tarifarias, se obtiene el siguiente cuadro de datos:

Precio EE (USD/MWh)	149
Potencia a instalar (kWe)	20
Recuperación de calor (kWt)	37
Costo Combustible (USD/millón Kcal)	176

*Tabla 12 Datos de funcionamiento*

El precio de la Energía Eléctrica viene dado por la tarifa en que se encuentra esta instalación, la potencia a instalar por la capacidad del sistema de generación, así como también la capacidad de recuperación de calor y el costo del combustible se obtiene a partir del combustible a sustituir a partir de la utilización del calor residual del sistema de generación.

A partir de las horas anuales de operación del sistema de generación y considerando un costo de operación y mantenimiento del 15% respecto al costo de combustible, se obtiene un costo total anual de combustible, operación y mantenimiento que se presenta a continuación:

Costo Anual (Costo Combustible + 15% O&M)	22.770
---	--------

*Tabla 13 Costo Anual*

A partir de la tarifa de Energía Eléctrica, las condiciones de operación y el combustible sustituido por el calor residual del sistema de generación, se obtiene el siguiente cuadro de ahorros:

Ahorro Anual Energía Eléctrica (USD)	17.922
Ahorro Anual Potencia (USD)	-
Ahorro Anual Combustible (USD)	33.160
Ahorro Total Anual (USD)	51.082

*Tabla 14 Ahorro Total Anual*

A partir de esto, y teniendo en cuenta los costos de combustible, operación y mantenimiento considerados previamente, se obtiene un ahorro bruto anual que se presenta a continuación:

Ahorro Bruto Anual (USD)	<b>28.312</b>
--------------------------	---------------

Tabla 15 Ahorro Bruto Anual

Teniendo en cuenta los costos de instalación y tomando el repago de forma lineal, se obtiene la siguiente tabla:

<b>Inversión Total (USD)</b>	<b>96.000</b>
<b>Repago lineal (meses)</b>	<b>41</b>

Tabla 16 Repago vs Inversión

Por último, considerando las condiciones económicas para la inversión presentadas anteriormente, se desprende el siguiente cuadro de resultados:

<b>TIR Proyecto</b>	<b>12%</b>
<b>TIR Proyecto C/Exoneraciones Fiscales</b>	<b>39%</b>

Tabla 17 TIR

### 9.3 RESUMEN DE CASOS.

#### 9.3.1 SISTEMAS SIN RECUPERACIÓN DE CALOR.

A continuación se presenta el resumen de Tasas Internas de Retorno (TIR) para los casos de microgeneración sin capacidad de recuperación de calor.

Los mismos son estudiados en función de las distintas tecnologías existentes, las exoneraciones explicitadas previamente y las distintas tarifas en que pueda ingresar el generador:

Rentabilidad del proyecto - Sin Sustitución de Combustible - TIR (%)						
	Residencial Simple		Doble Horario Residencial		MC1 230-400V	
	Sin Exoneración Fiscal	Con Exoneración Fiscal	Sin Exoneración Fiscal	Con Exoneración Fiscal	Sin Exoneración Fiscal	Con Exoneración Fiscal
3kWe MS	NA	NA	NA	NA	NA	NA
10kWe AS	-3%	27%	NA	NA	NA	NA
10kWe GG	NA	17%	NA	NA	NA	NA
20kWe AS	NA	11%	NA	NA	NA	NA
TIR >= 10%						
6% >= TIR < 10%						
TIR < 6%						

Tabla 18 Resumen de Casos Sin Recuperación de Calor

### 9.3.2 SISTEMAS CON RECUPERACIÓN DE CALOR.

A continuación se presenta el resumen de Tasas Internas de Retorno (TIR) para los casos de microgeneración con capacidad de recuperación de calor.

Los mismos son estudiados en función de las distintas tecnologías existentes, combustibles a suplantar con el calor remanente del sistema de generación, las exoneraciones explicitadas previamente y las distintas tarifas en que pueda ingresar el generador:

		Rentabilidad del proyecto -Con Recuperación de Combustible - TIR (%)					
		Residencial Simple		Doble Horario Residencial		MC1 230-400V	
Tecnología	Combustib	Sin Exoneración Fisca	Con Exoneración Fis	Sin Exoneración Fisca	Con Exoneración Fis	Sin Exoneración Fisca	Con Exoneración Fis
20kWe-GA	GLP	13%	41%	-6%	18%	-3%	21%
20kWe-GA	GN	7%	33%	NA	8%	-12%	12%
20kWe-GA	GO	26%	61%	14%	66%	15%	70%
20kWe-GA	FO	7%	48%	NA	21%	-4%	25%
Motor Stirling SD4-E (35kWe)	GLP	NA	8%	NA	-4%	NA	-2%
Motor Stirling SD4-E (35kWe)	GN	NA	3%	NA	NA	NA	NA
Motor Stirling SD4-E (35kWe)	GO	NA	19%	NA	10%	NA	11%
Motor Stirling SD4-E (35kWe)	FO	NA	-4%	NA	NA	NA	NA
Turbina de Gas 25kWe	GLP	NA	18%	NA	0%	NA	3%
Turbina de Gas 25kWe	GN	NA	12%	NA	NA	NA	-6%
Turbina de Gas 25kWe	GO	-1%	31%	NA	17%	NA	19%
Turbina de Gas 25kWe	FO	NA	5%	NA	NA	NA	NA
100kWe-GA	GLP	26%	98%	11%	60%	13%	65%
100kWe-GA	GN	21%	84%	6%	46%	8%	51%
100kWe-GA	GO	40%	133%	25%	95%	27%	100%
100kWe-GA	FO	15%	69%	-1%	32%	1%	37%
150kWe-GA	GLP	30%	108%	14%	66%	16%	71%
150kWe-GA	GN	24%	93%	8%	51%	10%	57%
150kWe-GA	GO	45%	147%	29%	104%	31%	110%
150kWe-GA	FO	18%	76%	1%	35%	3%	41%
TIR >= 10%							
6% >= TIR < 10%							
TIR < 6%							

Tabla 19 Resumen de Casos Con Recuperación de Calor

### 9.3.3 CASOS PARTICULARES.

Dentro de los casos susceptibles a ser implementados dentro de este estudio, se encuentra una porción de emprendimientos, los cuales por sus características particulares cuentan con una biomasa de bajo costo, encontrándose los mismos conectados a las redes de baja tensión (como ser el caso de aserraderos o carpinterías). En estos casos, el costo de biomasa disminuye sensiblemente, siendo en algunas ocasiones, simplemente el costo de acondicionamiento de la misma.

A continuación se presenta un ejemplo de estudio de caso dentro de estas condiciones particulares: se ha supuesto la utilización de aserrín como combustible para el funcionamiento del sistema de generación, a un costo de USD 10/ton de aserrín seco.

Los resultados de este análisis se presentan a continuación:

<b><u>ESTUDIO DE CASO - COGENERACIÓN</u></b>	
T.C. (\$/USD)	19,3
Tecnología	D-Gas Briqu. Ankur 150kWe
Combustible a Utilizar	I-ASERRÍN
Combustible a suplantar	J-NA
Tarifa	F-MC1 230V - 400V
Horas por Día de Operación Eléctrico (hs)	20
Días por Año de Operación Eléctrico (días)	300
Horas por Día de Operación Térmico (hs)	20
Días por Año de Operación Térmico (días)	300
Precio EE (USD/MWh)	140
Potencia a instalar (kWe)	150
Recuperación de calor (kWt)	275
Costo Combustible (USD/millón Kcal)	-
Costo Anual (Costo Combustible + 15% O&M)	14.490
Ahorro Anual Energía Eléctrica (USD)	126.240
Ahorro Anual Potencia (USD)	19.623
Ahorro Anual Combustible (USD)	-
Ahorro Total Anual (USD)	145.863
Ahorro Bruto Anual (USD)	<b>131.373</b>
<b>Inversión Total (USD)</b>	<b>465.000</b>
<b>Repago lineal (meses)</b>	<b>42</b>
<b>TIR Proyecto</b>	<b>10%</b>
<b>TIR Proyecto C/Exoneraciones Fiscales</b>	<b>37%</b>

*Tabla 20 Casos Especiales*

Como se observa en la tabla anterior, este tipo de proyectos cuentan con una atractiva rentabilidad, aunque los mismos se encuentren acotados a un número reducido de empresas que puedan implementarlos.

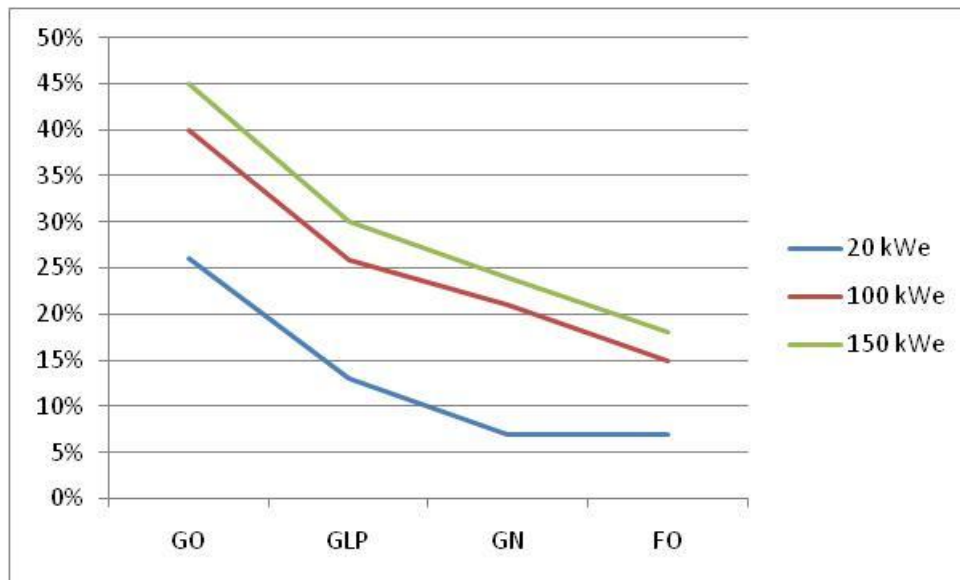
#### 9.3.4 ANÁLISIS DE CASOS.

A continuación se presenta una serie de análisis de casos de estudio y variación de factores de impacto, con el fin de permitir un claro entendimiento de las situaciones donde es factible la aplicación de proyectos de microgeneración:

En primer lugar, se debe tener en cuenta que los proyectos de microgeneración con base en biomasa, no presentan una rentabilidad atractiva si no es posible la utilización del calor residual del sistema de generación de energía eléctrica, para suplir demandas térmicas de la instalación, tal como se observa en la *Tabla 18*. En estos casos, como también se observa en la citada tabla, solo es rentable la implementación de estos sistemas de microgeneración si se cuenta con exoneraciones fiscales en tarifa de venta Residencial Simple.

Variación de rentabilidad en función de la potencia a instalar y el combustible a ser suplantado:

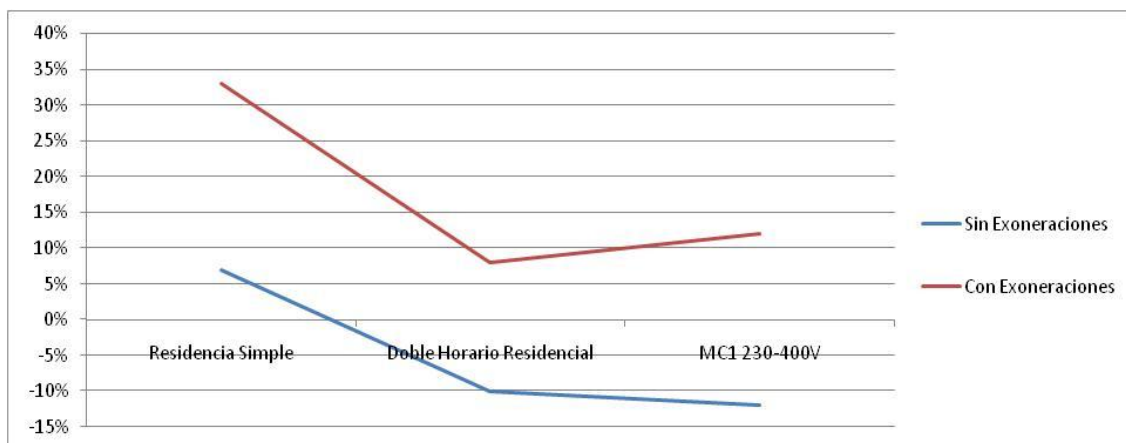
A continuación se observa en la siguiente figura, las distintas tasas de retorno de los distintos proyectos de microgeneración, en función de la potencia a ser instalada y del combustible a ser suplantado para generación de energía térmica:



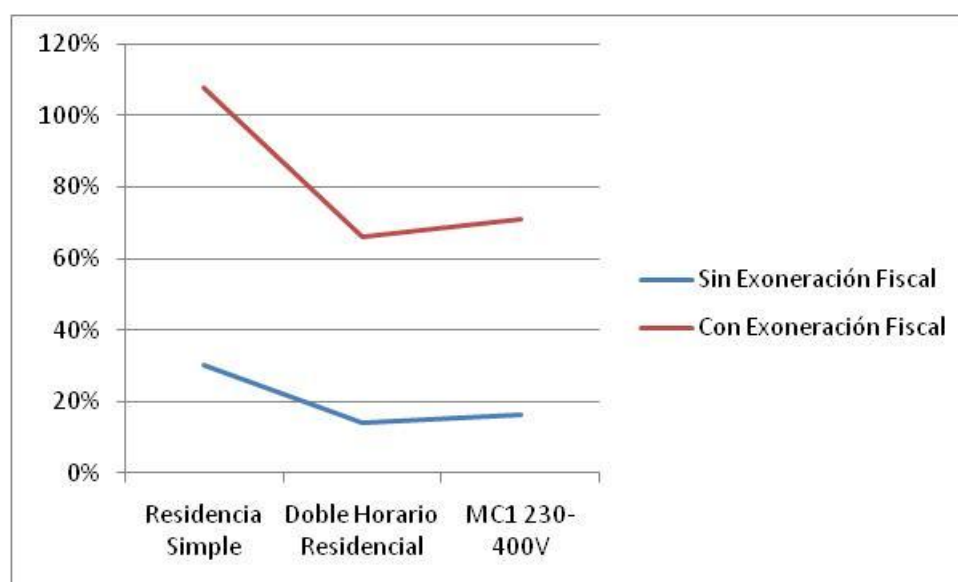
*Figura 2 Variación de rentabilidad en función de la potencia instalado y el combustible a ser suplantado.*

Se desprende de la figura anterior, que cuanto mayor sea el precio del energético suplantado a partir de la utilización de calor residual del sistema de generación, mayor es la rentabilidad del proyecto, así como también es mayor esta rentabilidad al aumentar la potencia instalada, debido a los factores de escala que permiten disminuir el costo del kWe instalado.

A continuación se presenta la variación de la rentabilidad de estos proyectos en función de la tarifa de venta de energía eléctrica a la red de UTE, así como también el efecto de los beneficios fiscales susceptibles de ser aplicados por empresas que ejecuten proyectos de microgeneración. Estos dos efectos se muestran en casos de potencias de 20kWe y 100kWe para cada una de las situaciones estudiadas. En ambos casos se ha supuesto el mismo energético a sustituir para aprovechamiento de energía térmica, en estos casos Gas Natural.

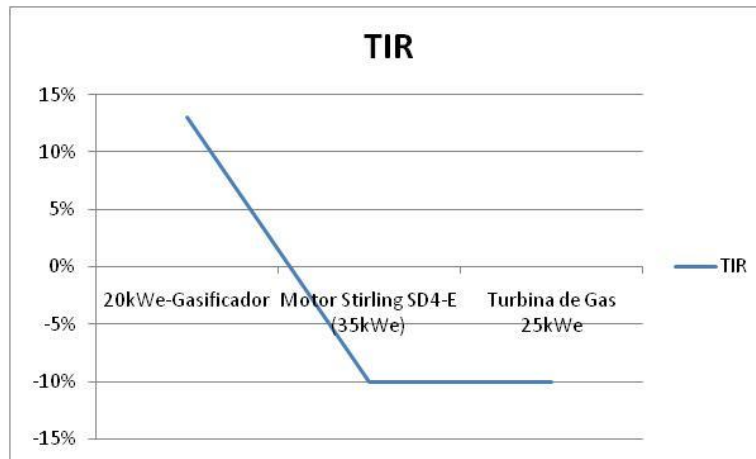


*Figura 3 Variación de rentabilidad en función de la tarifa de venta de energía y efecto de las exoneraciones fiscales en el proyecto para 20kWe.*



*Figura 4 Variación de rentabilidad en función de la tarifa de venta de energía y efecto de las exoneraciones fiscales en el proyecto para 100kWe.*

Por último, para las tecnologías definidas como posibles de ser utilizadas en este tipo de proyectos, se presente el siguiente gráfico comparativo para un rango de potencias equiparable entre las distintas tecnologías, teniendo en cuenta los siguientes supuestos: el combustible a sustituir en todos los casos se ha supuesto GLP, la tarifa de venta de energía eléctrica se ha tomado con Residencial Simple, y no se han tenido en cuenta los beneficios fiscales potenciales por la ejecución del proyecto. Manteniendo estos supuestos para las distintas tecnologías analizadas, se observa en la siguiente figura la variación de la rentabilidad de los proyectos en función de la tecnología utilizada:



*Figura 5 Variación de rentabilidad en función de la tecnología seleccionada.*

#### 9.4 CONCLUSIONES.

La primera conclusión que se desprende de los estudios presentados previamente es que existe un potencial de implementación de proyecto de microgeneración de energía eléctrica en baja tensión, los cuales cuentan con buenos niveles de rentabilidad, siempre que sea posible la utilización del calor remanente del sistema de cogeneración para generación de energía térmica utilizable en algún tipo de proceso. En los casos donde no es posible la utilización de calor remanente del sistema de generación (o que el combustible a sustituir no signifique un ahorro significativo), se necesitaría contar con una biomasa de bajo costo para la implementación de proyectos de microgeneración. Si bien estas aplicaciones de bajo costo de biomasa se restringen a un universo reducido de industrias/comercios, las mismas son viables y las rentabilidades de estos proyectos resultan atractivas en algunos casos para su implementación.

Las exoneraciones fiscales, en los casos donde las mismas son aplicables, mejoran significativamente las rentabilidades de los proyectos de generación, tal como se presentó previamente en el resumen de casos. Por lo tanto, en el caso de las instalaciones domiciliarias o particulares (edificios, que no aportan renta), se ve reducido el universo de aplicación de estos sistemas de generación de energía, ya que la falta de beneficios fiscales redundaría en una menor rentabilidad del negocio.

Respecto a las tecnologías estudiadas, como se presentó en el apartado de análisis de casos, la tecnología de gasificación se presenta como la opción más atractiva a la hora de desarrollar proyectos de microgeneración basados en biomasa. Esto se debe en parte a la flexibilidad respecto del rango de potencias a utilizar con esta tecnología, y la madurez que presenta esta tecnología respecto de las demás estudiadas.

Por último, una de las grandes limitantes para la implementación de este tipo de proyectos es el costo del equipamiento a instalar, sobre todo teniendo en cuenta que este tipo de proyectos, al ser implementados en la red de baja tensión, apuntan a un universo de comercios/industrias de pequeño o mediano porte. Este tipo de empresas, en la mayoría de los casos suele tener dificultades de acceso al crédito para estos niveles de inversión, con lo cual, una forma de promoción de implementación de este tipo de proyectos, más allá del gran beneficio con que cuenta en la forma de comercialización de la energía, es la generación de una línea de crédito preferente para este tipo de instalaciones.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### 10.1 DOCUMENTOS CONSULTADOS

- Development of a micro-turbine plant to run a gasifier producer gas. DTI. 2004
- Estado da arte de gaseificação. CENBIO, FINEP, CETENERG. 2002
- Micro CHP: Empowering people today for a smarter future tomorrow. CogenEurope. 2010
- Micro CHP implementation. PowerGenEurope. 2007
- Micro CHP systems: state-of-art. Austrian Energy Agency. 2006
- Perspectives for Electric Energy Generation in Wide Scale at Isolated Communities in Brazil Using Biomass Gasification Systems. CENBIO, IPT. 2006
- Review of Finnish biomass gasification technologies. Technical Research Centre of Finland. 2002
- Small-scale biomass gasification in regional communities: possibilities, advantages, problems and impact. J. Sanderson, M. Feltrin. 2006
- Small-scale biomass gasifiers for heat and power. A global review. H. Stassen. 1995

### 10.2 SITIOS WEB CONSULTADOS

- [www.ankurscientifics.com](http://www.ankurscientifics.com)
- [www.genoastirling.com](http://www.genoastirling.com)
- [www.stirling.dk](http://www.stirling.dk)
- [www.stirlingengines.org.uk](http://www.stirlingengines.org.uk)
- [www.talbotts.co.uk](http://www.talbotts.co.uk)
- [www.ute.com.uy](http://www.ute.com.uy)
- [www.adme.com.uy](http://www.adme.com.uy)
- [www.dne.gub.uy](http://www.dne.gub.uy)
-