

# Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios

Secretaría de Energía - PERMER

República Argentina

## CONTRATO DE SERVICIOS DE CONSULTORIA

### ESTUDIO DE EVALUACION DE LOS RECURSOS DE BIOMASA EN LAS PROVINCIAS DE MISIONES Y CORRIENTES. LOCALIZACION Y ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA INSTALACION DE UN PROYECTO DE GENERACION



## INFORME FINAL

Noviembre de 2007

## CONTENIDO

<b>1.</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Recursos de Biomasa para Energía .....</b>	<b>13</b>
2.1	Recursos Forestales.....	13
2.2	Recursos Agrícolas.....	15
2.3	Recursos Pecuarios.....	16
2.4	Recursos Agroindustriales.....	16
2.5	Otros Recursos.....	16
<b>3.</b>	<b>Obtención de energía a partir de la biomasa.....</b>	<b>17</b>
3.1	Procesos Bioquímicos de Conversión .....	17
3.2	Procesos Termoquímicos de Conversión .....	18
<b>4.</b>	<b>Procesos de Tratamiento Previo y Manipulación de Biomasa .....</b>	<b>18</b>
4.1	Sistemas para la Recolección de Biomasa Residual .....	19
4.1.1	Procesadoras Forestales .....	20
4.2	Procesamiento.....	21
4.2.1	Chipeado ó Astillado .....	21
4.2.2	Molienda.....	22
4.3	Secado.....	23
4.3.1	Secado Natural .....	23
4.3.2	Secado Forzado.....	23
4.4	Densificación .....	24
4.4.1	Briqueteado.....	24
4.4.2	Pelletizado.....	25
<b>5.</b>	<b>Residuos Agropecuarios y Agroindustriales en la Provincia de Corrientes... 26</b>	
5.1	Cuantificación de los Residuos Agrícolas.....	28
5.2	Cuantificación de los Residuos Pecuarios.....	29
5.3	Residuos Agroindustriales.....	30
<b>6.</b>	<b>Residuos Agropecuarios y Agroindustriales en la Provincia de Misiones. .... 31</b>	
6.1	Cuantificación de los Residuos Agrícolas.....	32
6.2	Cuantificación de los Residuos Pecuarios.....	32
6.3	Residuos Agroindustriales.....	34
<b>7.</b>	<b>Propuesta de localización de un aprovechamiento de biomasa en Misiones y en Corrientes. .... 34</b>	

7.1	Identificación de sitios posibles. ....	34
7.1.1	Metodología. ....	38
7.2	Estimación inicial de la energía requerida en cada comunidad posible. ....	39
7.3	Análisis Socioeconómico. ....	40
7.4	Lista corta de comunidades. ....	40
7.5	Resultados alcanzados. ....	41
7.5.1	Provincia de Corrientes. ....	41
7.5.2	Provincia de Misiones. ....	56
<b>8.</b>	<b>Prefactibilidad de la Generación Eléctrica Descentralizada. ....</b>	<b>69</b>
8.1	Proyecto Técnico. ....	69
8.1.1	Abastecimiento de biomasa. ....	70
8.1.2	Proceso de generación de energía. Especificaciones técnicas. ....	71
8.1.3	Dimensionamiento de la planta. ....	75
8.1.4	Preparación del sitio de instalación. ....	76
8.2	Análisis Económico. ....	77
8.2.1	Estimación de los recursos humanos para la operación y mantenimiento del emprendimiento. ....	78
8.2.2	Estimación de los costos de adquisición de las plantas de generación. ....	79
8.2.3	Costos operativos y de mantenimiento de las plantas. ....	79
8.2.4	Evaluación Económica de la Instalación. ....	79
8.2.5	Diseño de la estructura tarifaria y cargos de conexión. ....	84
8.2.6	Organización. ....	84
<b>9.</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones. ....</b>	<b>85</b>
	<b>ANEXOS. ....</b>	<b>88</b>
	<b>ANEXO A: PROCESOS TERMOQUIMICOS DE CONVERSION DE LA BIOMASA. ....</b>	<b>89</b>
A.1.	Comparación. ....	89
A.2.	Gasificación. ....	90
A.3.	Combustión y Generación de Vapor. ....	105
A.4.	Experiencia en la Argentina. ....	112
	<b>ANEXO B: PROCESOS BIOQUIMICOS DE CONVERSION. ....</b>	<b>114</b>
B.1.	Material de carga. ....	114
B.2.	Temperatura. ....	114
B.3.	Velocidad de carga. ....	115

B.4.	Tiempo de retención.....	115
B.5.	Elementos básicos para la producción de biogás.....	116
B.6.	Posibles Proveedores de Equipamiento.....	120
<b>ANEXO C:</b>	<b>DIAGNOSTICO DE RECURSOS DE BIOMASA PARA ENERGIA.....</b>	<b>122</b>
C.1.	Análisis de Disponibilidad.....	123
C.2.	Fuentes de Datos Primarios.....	125
C.3.	Factores de Diagnóstico.....	126
C.4.	La Madera como Combustible.....	127
C.5.	Impacto ambiental positivo de la utilización energética de los residuos de biomasa.....	127
<b>ANEXO D:</b>	<b>ANALISIS DEL SECTOR FORESTAL Y SUS POTENCIALES RESIDUOS..</b>	<b>130</b>
D.1.	El sector forestal primario.....	130
D.2.	La industria forestal.....	132
D.3.	Materia prima forestal.....	133
<b>ANEXO E:</b>	<b>FORMULARIO DE ENCUESTAS.....</b>	<b>138</b>
E.1.	Encuesta a las familias.....	138
E.2.	Información a Relevar en los Parajes Preseleccionados.....	143
<b>ANEXO F:</b>	<b>TRABAJO DE CAMPO-CORRIENTES.....</b>	<b>146</b>
F.1.	Personas entrevistadas o contactadas:.....	157
<b>ANEXO G:</b>	<b>TRABAJO DE CAMPO-MISIONES.....</b>	<b>159</b>
G.1.	Personas entrevistadas o contactadas:.....	169
<b>ANEXO H:</b>	<b>IDENTIFICACION Y SELECCIÓN DE POTENCIALES SUMINISTRADORES DE EQUIPOS.....</b>	<b>170</b>
H.1.	Gasificadores. Datos de los Proveedores Identificados.....	170
H.2.	Motogeneradores. Datos de los Proveedores Identificados.....	174
<b>ANEXO I:</b>	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>179</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>		<b>180</b>
<b>INDICE DE TABLAS.....</b>		<b>185</b>

## INTRODUCCIÓN

El presente Informe “Estudio de Evaluación de los Recursos de Biomasa en las Provincias de Misiones y Corrientes. Localización y Estudio de Factibilidad de la Instalación de un Proyecto de Generación”, ha sido preparado dentro de las obligaciones convenidas en el contrato suscripto entre SDA - IT Power y el Programa PERMER de la Secretaría de Energía del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios de la República Argentina.

El contenido de este es el “Informe Final”, es un compendio de todo lo expuesto en los sucesivos informes presentados según el cronograma de entregas establecido en el Contrato:

Informe Preliminar: Desarrollo de Metodología de análisis

Informe N° 1: Opciones tecnológicas disponibles

Informe N° 2: Potencial de biomasa en las provincias

Informe N° 3: Estudio de factibilidad; ingeniería básica; recomendación de sitios

La base económica de extensas regiones de los países en desarrollo, entre los cuales se encuentra la Argentina, está sustentada en gran medida por producciones primarias, donde predominan los cultivos alimenticios e industriales, el aprovechamiento de bosques, la producción agroindustrial de alimentos, bebidas, tabaco, manufacturas textiles y de la madera. Las principales actividades económicas relacionadas consisten esencialmente en los procesos de transformación de esos productos primarios.

Un análisis preliminar de dichos procesos permite evaluar que en muchos casos existen residuos y/o subproductos biomásicos no utilizados y que constituyen problemas de disposición con un significativo impacto ambiental y económico.

Por su parte, en general los procesos productivos distan de estar optimizados en referencia a su consumo energético: existen subproductos combustibles que no son utilizados, energía calorífica residual no aprovechada, y posibilidades de autogeneración y cogeneración de energía no contempladas. Asimismo, el *mix* de fuentes energéticas utilizado no es siempre el óptimo, privilegiándose generalmente a los combustibles fósiles aún cuando su localización y disponibilidad haga que constituyan una alternativa costosa e irracional.

Asimismo, las instalaciones que industrializan biomasa producen normalmente efectos contaminantes apreciables. La situación está caracterizada por la disposición inadecuada de residuos no utilizados pero con potencial aprovechamiento energético, falta de tratamiento de diferentes efluentes, tecnologías en muchos casos obsoletas, carencia o insuficiencia de normas y reglamentaciones al respecto e ineficacia en los sistemas de control.



Figura 1. Típica disposición inadecuada de residuos.

Todo ello muestra que existen campos de acción —ligados a la utilización energética de la biomasa— factibles de implementar y a la vez necesarios para mejorar la eficiencia de dichos sectores económicos y de la economía en su conjunto.

En el caso de las explotaciones agrícolas y agroindustriales, la falta de tradición en países como la Argentina lleva a la consideración de los residuos como un problema de disposición de desechos más que como un subproducto útil para su empleo energético. Ello lleva a situaciones en las cuales se procede a la quema indiscriminada de materiales combustibles que, contando con un adecuado circuito de recolección, acopio, transporte y distribución, podrían incorporarse a la matriz energética local o regional.



Figura 2. Pretratamiento de residuos agrícolas para su aprovechamiento energético.

Los residuos agrícolas constituyen un enorme potencial biomásico, pero factores tales como su dispersión, estacionalidad, características físicas, y su competencia con una utilización como abono y material estructurante del suelo, limitan en la práctica su aprovechamiento. De un modo similar se sitúan los residuos pecuarios.

También la industrialización de productos agropecuarios produce residuos de difícil disposición, como por ejemplo el procesamiento del arroz y el algodón.



Figura 3. Residuo de desmote de algodón.



Figura 4. Acumulación de cáscara de arroz en un molino.

El aprovechamiento forestal tradicional, por su parte, descarta generalmente una elevada proporción del recurso, representado ya sea por especies o ejemplares no aptos para aserrado, pulpa o industrialización, los residuos de manejo y raleo, o bien las ramas, despuntes, tocones, etc., que son abandonados en el bosque luego de la extracción principal. Esta componente del recurso puede llegar a representar un elevado porcentaje del total, usualmente mayor del 40 % y muchas veces hasta del 60 %.

Asimismo, el desarrollo de canales para la utilización de los residuos de madera como combustible puede proveer incentivos para la recolección de los residuos de apeo, evitando la usual quema sin aprovechamiento y con el consiguiente peligro de propagación de incendios. La venta de los residuos de raleo o de cosecha puede proveer un ingreso adicional a la explotación, permitiendo al industrial forestal realizar mayores inversiones en el manejo de sus montes y un aprovechamiento más racional de los mismos.



Figura 5. Astillado “*in situ*” de los residuos de apeo para su transporte.

De igual forma, existen muchos bosques nativos que necesitan ser limpiados, para favorecer su restauración y reducir el riesgo de incendios. La limpieza de un bosque maduro puede resultar sumamente costosa, pero si la biomasa removida es utilizada económicamente existe una mayor oportunidad de que estas tareas de mejora se encaren. Más aún, las tareas de manejo pueden posiblemente fundamentarse más fácilmente, si existe un retorno directo para la operación en forma de combustible, y no solamente la satisfacción de legar a las futuras generaciones un bosque manejado de manera más sustentable.



Figura 6. Empacado y recolección de residuos leñosos.

Los residuos generados durante las operaciones de apeo o limpieza incluyen ramas y puntas de los árboles cortados, troncos quebrados o defectuosos, árboles en pie enfermos o muertos y troncos de pequeño diámetro. Se estima que en países como la Argentina los residuos de apeo alcanzan al 50 % del volumen inicial de árboles en pie, incluyendo 45 % del volumen de los árboles cortados y 5 % por daños producidos durante el apeo.



Figura 7. Residuos empacados para su transporte y posterior uso energético.

Por otra parte, a diferencia de lo que ocurre con los residuos agrícolas, que dejados en el campo pueden actuar como protección contra la erosión de los suelos, los residuos de la explotación forestal abandonados en el terreno impiden la formación de un tapiz herbáceo que disminuya los riesgos de erosión, a la par que aumentan las posibilidades de incendio por la madera seca y otros efectos indeseables.

Otro tipo de recurso que debería tener un lugar importante como fuente de energía, son los residuos forestoindustriales, los que además constituyen un grave problema ambiental, dado que su quema al aire libre o en hornos rudimentarios es una fuente de contaminación e impactos ambientales negativos. Se estima que hasta un 65 % en volumen de la madera que entra a los aserraderos pequeños y de tecnologías obsoletas, puede terminar como residuos. Este porcentaje tiende a ser menor, aunque sigue siendo significativo, en los aserraderos grandes y más modernos.



Figura 8. Típico horno de incineración en un aserradero.

Los residuos forestoindustriales están normalmente concentrados, eliminando los eventuales costos de recolección, que son un factor frecuentemente decisivo en la economía de utilización de este tipo de residuos. Pero también, el mismo hecho de su concentración física en

determinadas regiones, como ya se ha dicho, constituye un grave problema ambiental relacionado a su disposición final.

En efecto, la disposición final de los residuos se realiza tradicionalmente mediante un precario "amontonamiento" en una zona cercana a la de elaboración, en los característicos hornos de incineración de forma troncocónica (*tee-pee*) o bien mediante un traslado a "quemaderos" comunitarios, y a su combustión incontrolada posterior, con las consiguientes emisiones gaseosas y acumulación de residuos sólidos. Generalmente, los residuos se queman en grandes pilas al aire libre, perdiéndose todo el calor en una combustión incontrolada que puede reconocerse desde gran distancia por la emisión de grandes cantidades de gases y humo.



Figura 9. Combustión incontrolada en "quemaderos" comunitarios.

Los residuos incluyen cortezas, despuntes, costaneros, piezas de poco tamaño y aserrín. De los residuos casi sin utilización energética actual merecen destacarse el aserrín y virutas, los despuntes y costaneros, y los trozos de rechazo, producidos en aserraderos y otras industrias de la madera, como así también el polvo de carbón originado en las carboneras.



Figura 10. Disposición de aserrín en un aserradero.

Una primera condición necesaria para el aprovechamiento energético de los recursos y residuos de biomasa, es la realización de un diagnóstico de los mismos en la zona de actuación, incluyendo su caracterización y la evaluación de su importancia y disponibilidad.

El análisis de las posibilidades de utilización de biomasa proveniente de la agricultura o sus residuos, tanto en el sector primario como en el procesamiento industrial, se realiza partiendo de la premisa de que “renovable no necesariamente es sustentable”. En tal sentido, en el análisis de factibilidad deberían evaluarse los impactos relativos a la producción de alimentos, a la biodiversidad, a los recursos suelo y agua, a otros usos del suelo y las prácticas agrícolas, a la tasa de extracción de biomasa en relación con el balance de nutrientes del suelo, a los riesgos de erosión.

Al intentar un Diagnóstico de Recursos de Biomasa, cobran especial importancia algunos aspectos que caracterizan a estos recursos desde el punto de vista de su calidad. Estos aspectos influyen decisivamente los resultados del diagnóstico, como así también la implementación posterior de proyectos concretos de utilización.

Tomando una unidad geográfica, como por ejemplo la provincia o el departamento, debe realizarse una tarea de identificación de los recursos disponibles y los consumos existentes, procediéndose a su cuantificación y balance.

En esta forma pueden detectarse posibilidades de utilización de biomasa como fuente de energía, seleccionando los tipos de biomasa con mayor potencial de utilización y haciendo una primera aproximación de los tipos de consumo que son factibles de satisfacer con esos recursos de biomasa.

En principio, deben analizarse los factores de producción y consumo con el mayor detalle posible, incluyendo:

- Cuantificación del recurso,
- Determinación de su "calidad",
- Estimación de su disponibilidad temporal,
- Realización de balances técnico-económicos preliminares,
- Profundización del estudio de los potenciales consumos.

Todo lo anterior debe enmarcarse a su vez en la consideración del encuadramiento legal y regulatorio (ambiente, transporte, uso de la tierra, etc.), las restricciones ecológico-ambientales, y las condiciones sociales, culturales y económicas.

En este Informe se realiza una evaluación preliminar de esos recursos y residuos en las provincias de Corrientes y Misiones.

En función de las actividades desarrolladas para la estimación preliminar del potencial y las barreras existentes para la utilización energética de recursos y residuos de biomasa en las provincias de Misiones y Corrientes, como así también la evaluación de las tecnologías existentes en el ámbito internacional para la conversión energética de estos recursos y residuos, se procedió a estudiar la posible localización y características de potenciales instalaciones piloto en cada una de las provincias, teniendo en cuenta tanto los aspectos institucionales como tecnológicos, ambientales y sociales.

A partir de los resultados alcanzados hasta ahora, conjuntamente con las Autoridades locales y los responsables del Programa PERMER, se identificaron y seleccionaron sitios aptos para la implementación de proyectos de generación eléctrica a partir de biomasa para abastecer



poblaciones rurales dispersas para las que no existe suministro por red, se identificaron las opciones tecnológicas disponibles para la generación de electricidad a partir de los residuos disponibles en dichos sitios, y se procedió al diseño y estudio de factibilidad de dos proyectos de generación de energía.

## RECURSOS DE BIOMASA PARA ENERGÍA<sup>1</sup>

Si bien toda la biomasa producida sobre la superficie terrestre en forma directa o indirecta por la fotosíntesis podría utilizarse con fines energéticos, resulta evidente que sólo debe considerarse como recurso potencial aquella que no es utilizada en las restantes aplicaciones de la misma, tales como alimentación humana y animal, fibras textiles, materiales de construcción, papel, etc.

Dado que dichos usos alternativos presentan una utilidad al hombre tan o más importante que la producción de energía, debe analizarse cuidadosamente cuáles son los recursos (existentes y potenciales) cuyo destino más apropiado sea el de su aprovechamiento energético.

A esos efectos, es conveniente hacer una primera división en dos grandes grupos de fuentes de biomasa para energía: los Residuos de otras actividades económicas y los Cultivos Energéticos, realizados específicamente con esta finalidad. De esta clasificación debe notarse que la primera categoría, los Residuos, tienen en general un estímulo económico mayor y un tiempo de implementación menor que los Cultivos Energéticos.

Desde el punto de vista de las actividades involucradas y de las características particulares que poseen, los recursos pueden agruparse de la siguiente manera: Forestales, Agrícolas, Pecuarios y Agroindustriales.

### 1.1 Recursos Forestales

Los Recursos Forestales incluyen ambas categorías de biomasa para energía, es decir Residuos y Plantaciones Energéticas.

En la normal explotación de los bosques, realizada fundamentalmente para la obtención de madera para aserrado o producción de pulpa de papel, se producen Residuos de las siguientes características:

- Especies no aptas para aserrado o pulpa y que se destinan a la producción de leña.
- Residuos de cosecha, raleo, etc., bajo la forma de ramas, despuntes, tocones, etc.
- Residuos de aserrado o industrialización de la madera (industrias del mueble, fábricas de tableros) bajo la forma de cortezas, costaneros, aserrín, virutas, etc.
- Licor negro de la industria de pasta celulósica.

Normalmente, los residuos de origen forestal se dividen en aquellos derivados de la industrialización —denominados residuos forestoindustriales— distinguiéndolos de aquellos generados en los bosques en explotación y la leña obtenida de bosques no maderables —denominados residuos forestales.

Por otra parte, en ciertos casos también se destinan superficies forestales para el establecimiento de plantaciones con fines únicamente energéticos. Estas plantaciones se realizan generalmente con especies de rápido crecimiento.

La evaluación del recurso puede realizarse utilizando información de los inventarios forestales existentes, que computan no solamente las superficies cubiertas por el monte sino también las densidades de cada zona y las características principales de los árboles relevados.

---

<sup>1</sup> Basado principalmente en: Beaumont Roveda, E. 1987. Ver referencias.

La información recabada debe luego procesarse de manera de poder expresar la biomasa existente en  $m^3/ha$  o mejor aún en  $t/ha$ . Paralelamente debe estudiarse también la potencialidad del recurso forestal en cada área, tanto en lo que hace al rendimiento anual de las especies existentes ( $t/ha$ -año), a fin de determinar la extracción sustentable, como en lo referente a las potenciales características de rebrote o bien las especies y procedimientos a utilizar para reforestar.

El tema de las plantaciones energéticas debe ser estudiado especialmente, dado que constituyen un esquema de forestación diferente de los tradicionales y sus técnicas se aproximan más a las de una explotación agrícola, especialmente en lo que hace a la preparación del terreno, implantación, riego, fertilización, etc. En general, las plantaciones energéticas se establecen en zonas no aptas para otros cultivos, con especies adaptadas a las condiciones climáticas y de suelo, y mediante densidades de plantación extremadamente elevadas (10.000 a 20.000 plantas/ha).

Las plantaciones energéticas pueden utilizar especies no aptas para uso maderable, de troncos cortos y/o retorcidos ó cuya madera se alabea o raja al secarse. Tampoco es de importancia el diámetro de los tallos, por el contrario un tamaño pequeño puede ser favorable para la recolección posterior: un arbusto puede ser satisfactorio a condición de crecer rápidamente y producir madera de suficiente densidad.

Las plantas más apropiadas para realizar plantaciones energéticas son aquellas que se regeneran por retoños a partir del sistema radicular remanente a la tala. Esto permite repetidas “cosechas” sin el costo y el esfuerzo que impone una replantación. Con este esquema de plantaciones “ad hoc”, el combustible puede hacerse crecer en la mayoría de los casos en las cercanías del lugar de su utilización, reduciendo al mínimo los costos de transporte.

Los rendimientos pueden ser de 10 a 20  $t/ha$ -año de madera seca si las especies y el cuidado son acertadamente seleccionados.<sup>2</sup> El manejo de la plantación genera empleo directo, aproximadamente una persona cada 10 ha, en promedio.

Los restantes esquemas para la obtención del recurso están representados por el adecuado manejo de montes existentes y el aprovechamiento de los residuos de la explotación forestal.

El manejo de bosques existentes, campo de los especialistas forestales, incluye la utilización de la “renta” del mismo (cantidad de biomasa producida anualmente y que puede ser de unas 2  $t/ha$ -año en casos favorables) mediante una apropiada planificación, o bien la disposición de los desechos provenientes del raleo, eliminación de árboles muertos o enfermos, ramas, etc.

Estas prácticas contribuyen además a mejorar las condiciones de desarrollo del bosque, aumentando su rendimiento anual. No obstante, en estos casos debe considerarse especialmente la incidencia del transporte sobre la rentabilidad de la explotación energética.

El aprovechamiento de los residuos de explotaciones forestales no requiere mayor explicación, dado que en este caso la conveniencia de la conversión en energía resulta obvia y la evaluación del recurso disponible puede realizarse conociendo la tasa anual de explotación y las características de la misma.

Finalmente, no debe dejar de considerarse la utilización energética de residuos provenientes de montes que deban talarse para la extensión de la frontera agrícola o bien aquellos que serán anegados por obras hidroeléctricas, y que en caso de no ser retirados producirían una contaminación posterior en los embalses.

---

<sup>2</sup> Rendimiento seco para Eucaliptos 19  $t/ha$ -año; Pinos 11  $t/ha$ -año; Álamos 18  $t/ha$ -año. (Norverto, 2002. Ver referencias).

Toda la biomasa forestal energética mencionada puede destinarse a su conversión energética a través de procesos termoquímicos, en ciertos casos precedidos por procedimientos de acondicionado, dimensionamiento, densificación, etc.

## 1.2 Recursos Agrícolas

También en este caso pueden encontrarse ambas categorías de biomasa para energía: Residuos y Cultivos Energéticos.

Se entiende por residuos agrícolas aquellas partes de la planta cultivada con fines alimentarios y/o industriales que no es útil para esos usos: rastrojos de trigo, maíz, cebada, poroto, sorgo, arroz, mijo, alpiste, soja, girasol, lino, tallos de algodón, despuntes y hojas de caña de azúcar, etc.

Aún teniendo en cuenta que una parte de estos Residuos debe ser reincorporada al suelo para mantener sus condiciones de fertilidad y textura, una parte importante de los mismos puede ser destinada a su utilización energética.

Esta utilización presenta sin embargo algunos inconvenientes que deben ser analizados en cada caso para determinar su factibilidad:

- La recolección de los mismos debe realizarse en zonas muy extensas, lo cual encarece su manipuleo.
- Su densidad es muy baja, lo que obliga a movilizar grandes volúmenes y posiblemente recurrir a procesos de densificación para su conversión posterior en energía útil.

Sin embargo en muchos casos dichos inconvenientes pueden verse compensados por las ventajas de reemplazar otras fuentes de energía escasas o muy alejadas del lugar de uso.

Dependiendo de sus características propias, los **Residuos Agrícolas** pueden ser convertidos en energía útil a partir de procesos termoquímicos o bioquímicos: su grado de humedad y su contenido de lignina definirán en cada caso el proceso más conveniente.

Los **Cultivos Energéticos** representan aquellas áreas cultivadas con el objetivo principal de producir combustibles, como puede ser una plantación de caña de azúcar o remolacha azucarera para la obtención de **alcohol** combustible o bien una plantación de girasol para la obtención de **aceite vegetal** combustible.

En estos casos se presenta una competencia directa entre la producción de alimentos y de energía, dado que —generalmente<sup>3</sup>— las tierras a utilizar en un **Cultivo Energético** deben ser de calidad análoga a las agrícolas. Ello hace que esta alternativa sólo sea válida en aquellos países con excedentes alimentarios y déficit energético. Sin embargo a nivel local o regional puede existir una conveniencia en la implantación de este tipo de cultivos, aún cuando a nivel nacional no se den los supuestos anteriores.

El proceso a emplear para la producción de energía a partir de los **Cultivos Energéticos** depende evidentemente del tipo de cultivo de que se trate.

---

<sup>3</sup> Excepto en los denominados biocombustibles de “segunda generación”, que se obtienen de vegetales no comestibles y especies con escasos requerimientos de suelos y humedad.

### 1.3 Recursos Pecuarios

En este caso se encuentra solamente la categoría de **Residuos** con fines energéticos.

Los **Residuos Pecuarios** están representados por las deyecciones diarias de los animales, tanto en lo que hace al ganado bovino, equino, ovino y porcino, como a las aves de corral.

Al igual que en el caso de los residuos agrícolas, la conveniencia de la utilización energética de los **Residuos Pecuarios** se ve restringida a aquellos casos en los cuales los animales se crían en zonas limitadas (cría intensiva) debido a las dificultades de recolección que se presentan en el caso de animales repartidos en grandes extensiones.

Las deyecciones animales representan la mejor materia prima para la producción de **biogás** a través de la fermentación anaeróbica.

Adicionalmente, aunque los residuos pecuarios también representan un fertilizante natural del suelo, la utilización energética de los mismos no debería afectar el equilibrio ecológico dado que el efluente que se obtiene como subproducto de la digestión conserva los nutrientes inalterados, permitiendo su reintegro al suelo y eliminando en cambio los elementos potencialmente contaminantes.

### 1.4 Recursos Agroindustriales.

En este caso se trata de **Residuos** de los procesos de industrialización de productos agropecuarios que pueden ser empleados con fines energéticos. En muchos de los casos la energía producida mediante la utilización de estos **Residuos Agroindustriales** resultaría suficiente para abastecer todo el proceso de elaboración industrial que les da origen.

Ejemplos característicos de este tipo de aprovechamiento son la fabricación de azúcar a partir de la caña, en cuyo caso el bagazo puede alimentar las calderas del ingenio; el refinado del arroz, en el cual la cáscara de arroz puede quemarse para producir vapor y mediante éste generar electricidad para los molinos y sistemas de transporte y selección; o la utilización de los residuos de desmote de algodón, que pueden alimentar el propio equipamiento de desmote. Similares a estos son los casos de elaboración de aceites vegetales comestibles a partir de girasol, maní, etc.

Otras fuentes de combustibles gratuitos son el escobajo en la fabricación del vino, los carozos de aceituna en la fabricación de aceite de oliva, los carozos de frutas en la fabricación de conservas, etc. Todos estos **Residuos** —de características leñosas— pueden ser utilizados para producir energía por procesos termoquímicos.

Otro campo de **Residuos Agroindustriales** lo constituyen los efluentes líquidos de industrias como los ingenios (vinaza), frigoríficos, industrias lácteas (suero), etc. Este tipo de efluentes con alto contenido orgánico pueden ser utilizados para producir **biogás** mediante su digestión. En este último caso, y en forma similar a lo que ocurre con los residuos pecuarios, la utilización energética de los **Residuos Agroindustriales Líquidos** permite controlar la contaminación que representan dichos efluentes si son evacuados sin tratamiento previo.

### 1.5 Otros Recursos

Reiterando lo ya expresado de que toda materia orgánica (**Biomasa**) es susceptible de ser transformada en energía útil, queda librado a la imaginación el encontrar nuevos recursos y formas de aprovechamiento.

A título ilustrativo se menciona la vegetación acuática, cuya utilización y aún cuyo cultivo ha sido investigado para la producción de energía. Tanto en el ámbito fluvial y lacustre (camalotes) como en el ámbito marítimo (fitoplancton) se han realizado experiencias a nivel internacional en este sentido. Luego de la recolección, generalmente se procede a la fermentación anaeróbica de estos vegetales para la producción de **biogás**. Sin embargo las soluciones técnico-económicas para estos aprovechamientos aún no se encuentran disponibles.

### OBTENCIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE LA BIOMASA

La obtención de energía a partir de la biomasa puede realizarse básicamente a través de dos tipos de procesos diferentes: los procesos bioquímicos y los procesos termoquímicos.

La selección de uno u otro camino se basa en general en consideraciones acerca de las características propias de la biomasa a tratar y de su contenido de humedad al momento de su recolección.

En el caso de biomasa agrícola, pecuaria o acuática, su bajo porcentaje de lignina y su usualmente elevado porcentaje inicial de humedad hacen conveniente su tratamiento por procesos bioquímicos, en tanto que la biomasa forestal, con mayor porcentaje de lignina y relativamente más bajos porcentajes de humedad se presta mejor a su conversión en energía por procesos termoquímicos.

En el presente informe se detallarán solamente los procesos que pueden utilizarse para la conversión de recursos o residuos agrícolas, pecuarios, agroindustriales y/o forestales y que conduzcan finalmente a la producción de electricidad.

**Tabla 1. Procesos de Conversión de Biomasa en Energía.**

Biomasa "Húmeda"	Biomasa "Seca"	
Recursos o residuos agrícolas, pecuarios, agroindustriales	Recursos o residuos agrícolas, agroindustriales o forestales	
Procesos Bioquímicos de Conversión	Procesos Termoquímicos de Conversión	
<b>Biodigestión</b>	<b>Gasificación</b>	<b>Combustión</b>
Biogás	Gas Pobre	Vapor
Motor de Combustión Interna	Motor de Combustión Interna	Motor de Vapor o Turbina de Vapor
Energía Mecánica	Energía Mecánica	Energía Mecánica
Generador	Generador	Generador
Energía Eléctrica	Energía Eléctrica	Energía Eléctrica

### 1.6 Procesos Bioquímicos de Conversión

Los procesos bioquímicos de conversión de la biomasa vegetal en combustibles están especialmente adaptados para tratar materias primas que posean un alto contenido de humedad al momento de su recolección, un bajo contenido de lignina (0 - 20 %) dado que la misma no es

atacable por medio de la hidrólisis y es muy difícilmente biodegradable, y que presenten constituyentes azucarados (glucosa) o amiláceos (almidón).

En general estas características se dan en los productos y residuos pecuarios, algunos residuos agrícolas húmedos, en los residuos agroindustriales muy húmedos o líquidos y en el caso de querer aprovechar plantas acuáticas. La transformación se produce básicamente mediante fermentación —precedida o no por hidrólisis— y la condición en que la misma se realiza puede ser: aeróbica, obteniéndose alcoholes (etanol) o anaeróbica, obteniéndose metano (biogas).

Para el presente caso solo se considerará la producción anaeróbica de biogas (metano diluido en otros gases producto de la reacción).

## 1.7 Procesos Termoquímicos de Conversión

La biomasa que presenta en origen un porcentaje de humedad menor del 50 % (salvo casos excepcionales) y que está constituida por lignina (20 al 30 %), hemicelulosa (25 al 40 %) y celulosa (aprox. 40 %), se adapta especialmente para su conversión en energía por medio de procesos termoquímicos, ya sea directamente como combustible sólido o mediante su gasificación.

Los procesos termoquímicos fundamentales son:

- Combustión Directa, que permite obtener energía térmica de alta temperatura, mediante la oxidación total de la madera en presencia de aire.
- Pirólisis, u oxidación parcial de la madera en una atmósfera inerte permite obtener productos combustibles sólidos (carbón vegetal), líquidos (efluentes pirolíticos) y gaseosos en proporciones variables, dependiendo de las condiciones de la reacción.
- Gasificación, u oxidación parcial de la madera en presencia de cantidades subestequiométricas de aire u oxígeno, que permite obtener un producto combustible gaseoso (gas pobre o medio respectivamente).
- Liquefacción (hidrocracking u otras tecnologías), que mediante tratamientos con solventes, catalizadores, hidrógeno a presión u otros reactivos permiten obtener productos combustibles líquidos. Estas tecnologías no se encuentran disponibles en escala comercial y rentable al presente.

De estos procesos la combustión se usa desde la más remota antigüedad y hasta el presente, la pirólisis con recuperación de subproductos tuvo su auge antes del advenimiento de la petroquímica, que le restó competitividad económica, utilizándose en la actualidad casi exclusivamente para la producción de carbón vegetal (excepto en instalaciones de gran magnitud en las cuales se justifica económicamente la recuperación de subproductos), la gasificación reconoce también un uso extenso, que se acentuó durante la segunda guerra mundial decayendo después, y la liquefacción aún se encuentra en la etapa de laboratorio.

Se analizarán en más detalle la combustión directa para la producción de vapor y su posterior utilización en una máquina motriz, y la gasificación para la producción de gas pobre y su posterior uso en un motor de combustión interna, ya sea como gas puro o en proceso dual.

## PROCESOS DE TRATAMIENTO PREVIO Y MANIPULACIÓN DE BIOMASA

El aprovechamiento energético de la biomasa mediante su combustión directa o gasificación presenta como una dificultad adicional la gestión del combustible, desde su lugar de origen hasta la entrada al equipo de conversión.

Entre los principales aspectos a considerar pueden mencionarse la dispersión de los residuos, su gran heterogeneidad (tamaño y granulometría), su baja densidad, su generalmente elevado grado de humedad, dificultad para el transporte y manipulación, presencia de productos indeseables (piedras, arena, metales), etc.

Todos estos elementos, si no son considerados adecuadamente, pueden generar costos incompatibles con un aprovechamiento racional de su contenido energético.

Por ejemplo, algunos tipos de materiales (generalmente verdes) tales como hojas, ramas finas, etc., plantean problemas técnicos para su conversión energética, tales como atascamientos en los equipos de astillado, fermentaciones en los montones de residuos, obstrucciones en los sistemas de alimentación y dosificación (silos o tolvas), etc. Ello hace que normalmente se limite este tipo de extracciones a los casos en que la proporción de madera sea importante respecto a las mencionadas partes verdes.

Por el contrario, existen ventajas comparativas en el caso de los residuos de las industrias de transformación de la madera, que generan importantes cantidades de residuos (entre el 30 y 50% del total de la madera trabajada). Las ventajas, desde el punto de vista de su aprovechamiento energético incluyen las condiciones de producción concentrada y de valor conocido, tamaño y forma de las piezas más manejable y menor humedad (en algunos casos).

En función de la propia naturaleza de los productos residuales empleados como materia prima y de su presentación y características intrínsecas específicas, es preciso realizar una o varias etapas de transformación física y acondicionamiento previo, siempre que el mayor valor agregado de los productos que se obtienen compense los costos ocasionados por el manejo y manipulación a que son sometidos.

En casi todos los casos resulta necesario realizar a la biomasa residual una serie de transformaciones para convertirla en un combustible de suficiente calidad, para lo cual se utilizan diferentes equipos y tecnologías.

En el presente capítulo se hace una breve exposición de estos sistemas, metodologías y equipamiento existente en la actualidad a nivel mundial.

## **1.8 Sistemas para la Recolección de Biomasa Residual**

Para la recolección y apilado de los residuos forestales se suelen emplear diferentes sistemas: desde aquellos de tracción animal o manuales hasta equipos especiales dotados de pinzas o garras, plumas, etc., que van cargando y concentrando los productos inicialmente esparcidos y diseminados por el monte donde se han generado como residuo de labores silvícolas (podas, aclareos, entresacas, etc.) o como desecho de las labores de extracción de madera comercial (despuntos, copas, ramas, tocones, etc.).

En función del tipo de explotación y de la metodología operativa utilizada en las labores forestales (método de aprovechamiento de árboles enteros o de productos procesados), los residuos pueden generarse en el interior del monte o bien al borde de los accesos. Incluso, en algunas ocasiones los residuos no se separan de la madera comercial hasta que llegan a la fábrica.

El costo de extracción y astillado de los residuos forestales es función de las distancias de concentración, la topografía y orografía del terreno, las densidades y distribución de los accesos y el tipo de equipamiento utilizado.

En las industriales de transformación primaria o secundaria de productos forestales no existe el problema de la dispersión de los residuos, dado que éstos se generan de forma controlable y concentrada, por lo que su recolección y manejo puede automatizarse, al menos parcialmente.

### 1.8.1 Procesadoras Forestales

Para la extracción de biomasa forestal en la forma de “árboles enteros” (whole tree) se utilizan equipos complejos y autopropulsados, denominados procesadoras forestales.

Se trata de equipos integrales, de tracción independiente y de gran adaptabilidad a terrenos angostos. Están dotados de una pinza para la sujeción del árbol, consistente en un sistema hidráulico adaptable a diferentes diámetros, que permite una firme sujeción de los troncos durante el procesado, impidiendo movimientos y vibraciones que podrían afectar la precisión de los trabajos de corta y limpieza del árbol. Utiliza una sierra circular de eje móvil para producir el corte del árbol a la altura deseada.

El descortezado se efectúa mediante un sistema de rodillos giratorios de superficie rugosa, que se adaptan al tronco y mediante el rozamiento producido al girar a gran velocidad producen la separación de la corteza, quedando el tronco limpio y listo para ser troceado.

Una vez preparado el tronco, la pinza de sujeción gira 90 grados, colocando el tronco en posición horizontal. En ese momento, los rodillos van moviendo el tronco hasta situarlo frente a un sistema de corte automático que procede a cortar el tronco en trozas de tamaño comercial (2 a 2,5 m). Las dimensiones de las trozas son ajustables, de forma que se pueden obtener piezas de cualquier longitud mediante la programación en un sistema computarizado.

Estas trozas de madera quedan apiladas y listas para ser extraídas mediante sistemas de arrastre (Skidder) o autocargadores con pluma.



Figura 11. Recolector de biomasa forestal y “chipeador” autopropulsado

## 1.9 Procesamiento

El aprovechamiento energético de un residuo biomásico requiere normalmente de un procesamiento previo a su utilización, particularmente cuando se piensa alimentar en forma semiautomática o automática el horno de combustión.

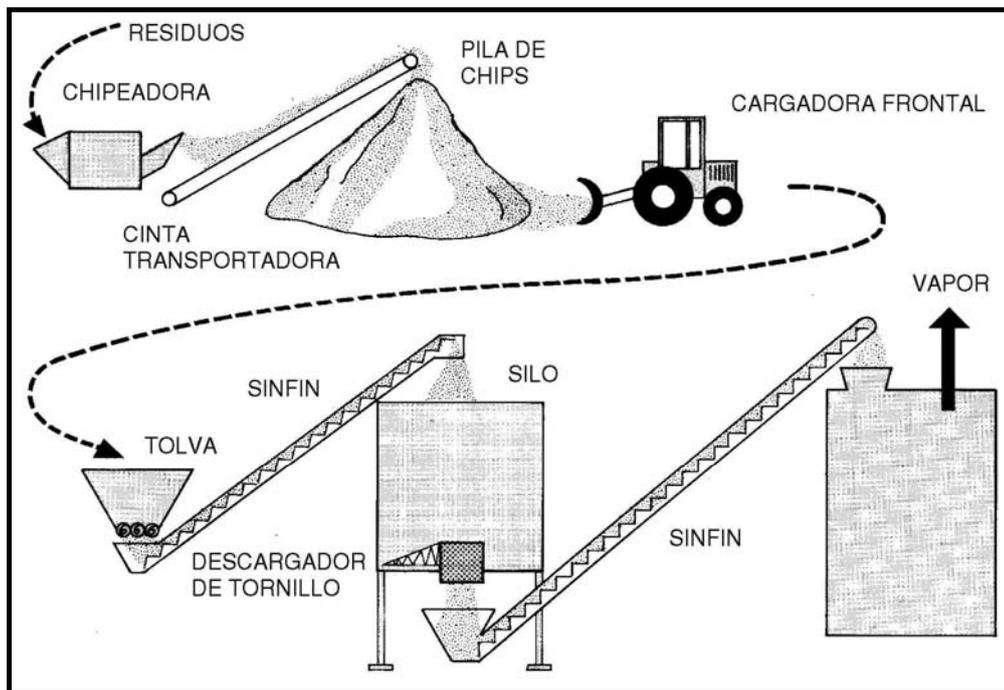


Figura 12. Ejemplo de instalación de alimentación automatizada.

### 1.9.1 Chipeado ó Astillado

El astillado es un proceso mediante el que se consigue una primera etapa de reducción granulométrica, que permite obtener astillas (chips) con un tamaño máximo de partícula que posibilita el manejo, almacenaje, carga y transporte de los residuos de una forma técnicamente viable ya que, de otra forma, estos productos residuales serían inmanejables utilizando métodos convencionales.

Las astilladoras son equipos muy robustos, diseñados para convertir los residuos forestales e industriales de difícil manejo en astillas (chips) de tamaño variable (1-5 cm), en función de la especie, tipo de residuo, sistema de astillado y disposición de las cuchillas.

En general constan de las siguientes partes: sistema de alimentación, que permite el acceso de los residuos hasta la boca de astillado propiamente dicha; rodillos de sujeción, que introducen los residuos en la boca de astillado; sistema de corte, conjunto de cuchillas metálicas; y sistema de extracción de astillas. El sistema de alimentación suele ser un sistema de cinta o de cadenas (scraper), que mediante un movimiento lineal va concentrando la biomasa. En muchos casos (sobre todo en equipos de pequeña capacidad) la alimentación se realiza de forma manual.

La sujeción se realiza con dos rodillos de superficie dentada dotados de un sistema hidráulico de presión variable, que se adaptan a los diferentes tamaños de los residuos, sujetando éstos fuertemente e introduciéndolos en la boca de astillado en dirección perpendicular a las cuchillas. Esto es fundamental para permitir un corte limpio y un funcionamiento correcto del conjunto.

El sistema de corte es el alma del equipo, y del mismo depende el tipo, forma y calidad de las astillas obtenidas. Consiste en una serie de cuchillas metálicas de gran resistencia al desgaste que van ubicadas sobre un sistema motriz que gira a gran velocidad.



Figura 13. Ejemplo de astilladora portátil.

El sistema de extracción de astillas consiste en un soplador que provoca la succión de las astillas generadas. Estas son impulsadas hasta una tubería de salida que tiene la posibilidad de girar 360 grados sobre su eje vertical, lo cual permite depositar las astillas en el punto más adecuado alrededor de la máquina. Asimismo, el canal de salida dispone en su parte final de un deflector de ángulo variable a discreción, lo cual permite dirigir las astillas hacia el lugar deseado, pudiendo hacerse montones de astillas a más o menos distancia de la astilladora (con un máximo de 15 a 20 m).

En cuanto a sistemas de tracción pueden distinguirse los siguientes tipos de equipos de astillado: astilladoras estáticas, especialmente concebidas para el astillado en plantas industriales (suelen emplearse en instalaciones que generan residuos voluminosos, tales como costaneros, troncos, etc.); astilladoras semi-móviles, montadas sobre ruedas y que se desplazan hasta las explotaciones forestales, donde permanecen ubicadas durante varios meses; astilladoras móviles, que permiten acceder a las explotaciones forestales y que en función del sistema de tracción (ligado con su tamaño) pueden ser remolcadas o autopropulsadas.

### 1.9.2 Molienda

La molienda de los residuos es necesaria cuando se trata de obtener combustibles de mayor calidad e imprescindible cuando se pretende utilizar estos productos en equipos de conversión energética específicamente diseñados para manejar productos más finos que las astillas (inyectores, gasificadores, etc). También es necesario realizar este tipo de transformación física cuando se trata de fabricar combustibles densificados como las briquetas y los pellets.

Los residuos, ya sea en bruto o procesados, contienen también materiales indeseables, tales como elementos metálicos, piedras, arena, piezas de gran tamaño, etc. Estos materiales

producen graves problemas en las instalaciones de molienda, por lo que es necesaria su eliminación por medio de un zarandeado o clasificación por tamaños.

En el caso de trozos de gran tamaño, su presencia puede originar atascamientos del flujo de combustible en los puntos de alimentación (tolvas, silos, transportes por tornillo sinfín, etc.), por lo que debe procederse a su eliminación al principio del proceso. Generalmente, basta con disponer de cribas vibrantes o zarandas inclinadas para separar este tipo de piezas (ramas, troncos grandes, etc.) del resto del combustible.

También existen problemas debidos a la humedad residual presente en las astillas, ya que si ésta alcanza valores del orden del 50 %, se produce el cegado de las mallas del molino y de las zarandas. Sin embargo, si la humedad es muy baja se generan asimismo importantes cantidades de polvo que es preciso eliminar mediante filtros adecuados.

## 1.10 Secado

Generalmente, la biomasa residual se presenta con elevados contenidos de humedad (~ 50%), lo cual plantea problemas para su utilización con fines energéticos.

Por este motivo es necesario reducir su contenido de humedad hasta valores razonables (20 - 30% para combustión, 10 - 15% para gasificación), para lo cual se suele recurrir a técnicas de secado natural, en aquellos lugares donde las condiciones climáticas lo permiten, o bien utilizando medios mecánicos que lo agilicen.

### 1.10.1 Secado Natural

El secado natural es una técnica simple basada en el aprovechamiento de las condiciones ambientales favorables para facilitar la deshidratación de los residuos y obtener unos niveles de humedad que posibiliten un manejo económico y que faciliten las siguientes fases de transformación a realizar, o bien permitan obtener unos rendimientos aceptables en los procesos de conversión energética a que sean destinados los residuos.

Los factores limitantes de la eficacia de secado de los residuos incluyen: la humedad ambiental, la distribución de temperaturas medias y extremas, el régimen de precipitaciones, tanto en valores absolutos como de frecuencia, y las precipitaciones en estado sólido, así como el tiempo de heladas. Además, tienen influencia parámetros como la intensidad de los vientos dominantes, grado de insolación y exposición (solana, umbría).

Estos factores condicionan la eficacia y eficiencia del secado producido y dependen de las características climáticas de la estación, de la época del año en que se realicen los trabajos y del tiempo que permanezcan los residuos apilados, así como del tamaño y forma de las pilas de material, del tamaño de los residuos y de su propia naturaleza.

### 1.10.2 Secado Forzado

Para ello se emplean secaderos neumáticos o rotatorios. Los de tipo neumático están basados en el arrastre de los residuos mediante un flujo térmico que durante el recorrido extrae la humedad de los sólidos. Suelen utilizarse cuando el producto es de granulometría fina y/o se requiere una deshidratación ligera. Básicamente constan de un foco de calor (hogar donde se queman combustibles convencionales, o parte de la propia biomasa previamente secada, para general el flujo térmico deshidratador), canal de secado (conducto de diámetro y longitud variable según diseño, donde el flujo térmico generado arrastra los sólidos en suspensión, al tiempo que provoca la evacuación del agua contenida en los mismos) y sistema de succión (aspirador ciclónico que produce una depresión que posibilita el movimiento del sistema).

Por otra parte, atendiendo a la dirección del flujo térmico respecto al flujo másico se distinguen secaderos de corrientes paralelas unidireccionales y secaderos a contracorriente. En los del primer tipo, el flujo de gas y de sólidos discurren en el mismo sentido. En este caso, el gas se va cargando de humedad durante todo el recorrido, por lo que al final del secadero el gas se va cargando de humedad durante todo el recorrido, por lo que al final del secadero el gas puede llegar a estar saturado de agua, con lo que la eficacia de secado disminuye. Sin embargo, se trata de un sistema más seguro en cuanto a riesgo de incendios.

En los secaderos a contracorriente, los flujos de gas y sólido viajan en sentidos distintos. De esta manera los sólidos según avanzan van encontrando un ambiente cada vez más seco y de mayor temperatura, con lo que la deshidratación es más eficaz y constante ya que cuanto menor es el contenido de agua en la biomasa más energía térmica se requiere para extraer la misma cantidad de agua. Se trata de un sistema que presenta un mayor riesgo de ignición de los sólidos y, por tanto, de incendios. Las temperaturas de entrada de gases son de unos 200 a 500°C y las de salida suelen oscilar entre los 80 y 120° C (para evitar condensaciones y pérdidas de calor en chimenea).

## 1.11 Densificación

La utilización energética de residuos de biomasa de muy baja densidad (cáscaras de arroz, paja, hojarasca, etc.) o cuya alimentación deba ser mecanizada, obligan a realizar procesos previos de densificación que permitan disponer de un combustible con mayor aptitud para su combustión.

Entre ellos, los más comunes son la fabricación de briquetas y el pelletizado.

Generalmente, en la mayoría de los casos es necesario haber acondicionado previamente los residuos mediante todas o algunas de las etapas de transformación física que se han comentado anteriormente (astillado, secado, molienda), por lo que, lógicamente, el coste final del producto obtenido (briquetas, pellets, gránulos) es superior al del resto de los residuos transformados en combustibles (astillas, virutas, aserrines, etc.).

No obstante, las ventajas de la utilización del residuo justifican, en muchos casos, las inversiones y costos adicionales.

### 1.11.1 Briqueteado

El proceso de briqueteado consiste en generar mecánicamente elevadas presiones (200 MPa/cm<sup>2</sup>), lo que provoca en el material a densificar un incremento térmico del orden de 100 a 150° C. Esta temperatura origina la plastificación de la lignina, que actúa como elemento aglomerante de las partículas, por lo que no es necesaria la adición de productos aglomerantes. Para que esto sea posible, los residuos deben presentar determinada composición, humedad y tamaño. Sin embargo, si es necesario secar o moler los residuos previamente, los costos se incrementan notablemente limitando la viabilidad económica de esta producción.



Figura 14. Ejemplo de Briquetas de Biomasa y Máquina Briqueteadora.

Los principales tipos de briqueteadoras utilizadas son las de tornillo sinfín, hidráulicas o neumáticas y de rodillos.

Los equipos de briqueteado, en general, constan de una tolva alimentadora, un sistema de dosificación de velocidad regulable, una cámara de compactación, un canal de enfriado y un sistema de corte para dar la longitud definitiva deseada.

En general, puede decirse que los equipos hidráulicos se emplean cuando se pretende trabajar con materiales de baja calidad y la briqueta a obtener no tiene requerimientos muy estrictos. El costo de producción en este caso es más reducido.

Los sistemas por extrusión, si bien de costo más elevado, dan como producto una briqueta con características superiores, apta para cualquier uso como combustible.

### 1.11.2 Pelletizado.

El fundamento operativo de la fabricación de pellets se basa en la presión ejercida por una serie de rodillos sobre los residuos, que son situados sobre una matriz metálica dotada de orificios de calibre variable (0,5 a 2,5 cm).

Los pellets de biomasa residual, que se fabrican a partir de un producto base con una humedad comprendida entre el 8 y 15 % y un tamaño de partícula del orden de 0,5 cm, tienen forma cilíndrica con diámetros de 0,5 a 2,5 cm y de 1 a 3 cm de longitud.



Figura 15. Ejemplo de Pellets de Biomasa.

La densidad aparente a granel es del orden de 800 kg/m<sup>3</sup>. Como principal ventaja respecto a las briquetas, los pellets pueden ser alimentados y dosificados mediante sistemas automáticos, lo cual amplía sus posibilidades de utilización en instalaciones de mayor envergadura y en la industria. No obstante, hoy en día es posible fabricar discos de briqueta de 2-3 cm de longitud que compiten con los productos pelletizados.

Entre las tecnologías de fabricación se distinguen las pelletizadoras de matriz anular y las pelletizadoras de matriz plana, en función de la forma de la placa-matriz empleada.

Comparativamente, resultan más recomendables las de matriz plana, ya que al ser éstas reversibles se duplica la vida media de las mismas y, además, son más simples de manejar.

## **RESIDUOS AGROPECUARIOS Y AGROINDUSTRIALES EN LA PROVINCIA DE CORRIENTES.**

La provincia de Corrientes ocupa un área de 88.886 km<sup>2</sup> (3,2% de la superficie continental Argentina). Su población asciende, según el censo de 2001, a 929.490 habitantes.

Limita al Norte con el Río Paraná que la separa de la República de Paraguay; al NE con la Provincia de Misiones; al Este con el Río Uruguay que la separa de las Repúblicas de Brasil y Uruguay; al Sur con la provincia de Entre Ríos; y al Oeste con el Río Paraná que la separa de las provincias de Chaco y Santa Fe.

Aproximadamente el 35% de la superficie provincial está cubierta por aguas de esteros, lagunas y ríos. La totalidad de tierras aptas para la actividad económica ascienden al 65% del territorio y se destinan, principalmente, a tareas agropecuarias tales como la agricultura, la forestación y la ganadería bovina y ovina.

En lo relativo a la producción primaria, Corrientes tiene condiciones climáticas y de suelos especialmente aptos para el cultivo de arroz, las frutas cítricas, la yerba mate, el té, el tabaco y la explotación de maderas.

La estructura productiva provincial está centrada fundamentalmente en la industrialización de productos primarios y comprende la producción de hilados y tejidos de algodón, la elaboración de yerba mate, el empaque de frutas y hortalizas, carne bovina y la elaboración de tabaco, cigarrillos y puros.

Los principales sectores productivos de la provincia incluyen el sector arrocero, siendo la primera provincia argentina productora de arroz, con una superficie implantada de 80.000 has en la campaña 2003/2004; la citricultura, orientada a la producción de naranja, mandarina, limón y pomelo, con 34.000 has implantadas al 2003/2004 y una producción de 400.000 t/año; el sector ganadero, cuya ganadería bovina ubica a Corrientes en el cuarto lugar entre las provincias productoras, con 4.772.696 cabezas en el año 2003; y otros sectores destacados, tales como la yerba mate y el té, de los cuales la provincia es importante productora y exportadora, y otros cultivos industriales importantes, tales como el algodón, tabaco, soja, maíz y trigo, que constituyen importantes alternativas a la producción de arroz.

La provincia cuenta con 8 áreas industriales, en la Capital, Bella Vista, Goya, Monte Caseros, Santo Tomé, Esquina, Ituzaingó y Concepción. Las agro-industrias participan del PBG con un 97,8% e incluyen:

- Foresto industrias (131 aserraderos, 1 planta tableros y compensados y 5 impregnadoras, con una capacidad instalada de 1.000.000 m<sup>3</sup>/año).<sup>4</sup>
- Industria Cítrica (4 establecimientos de jugos concentrados).
- Industria Arrocera (12 molinos arroceros).
- Industria textil (1 lavadero y peinaduría de lana, 1 hilandería lana y acrílico, 4 establecimientos procesadores de algodón, 3 productoras de telas e indumentaria).
- Industria frigorífica (7 establecimientos).
- Industria yerbatera y realera (8 molinos).
- Industria tabacalera (1 preindustrializadora de tabaco, 1 fábrica de cigarrillos).

---

<sup>4</sup> Ya analizadas en el Capítulo anterior.

## 1.12 Cuantificación de los Residuos Agrícolas.

Tabla 2. Residuos Agrícolas de la Provincia de Corrientes

Provincia de Corrientes - Cuantificación de los Residuos Agrícolas																										
Departamento	Producción					Potencial Bruto										Potencial Disponible					Potencial Disponible Energético					
	Arroz (1)	Maiz (1)	Soja (2)	Sorgo (1)	Algodón(1)	Arroz (1)		Maiz (1)		Soja (2)		Sorgo (1)		Algodón(1)		Arroz (1)	Maiz (1)	Soja (2)	Sorgo (1)	Algodón(1)	Arroz (1)	Maiz (1)	Soja (2)	Sorgo (1)	Algodón(1)	
	t	t				t	tep	t	tep	t	tep	t	tep	t	tep	tep	tep	tep	tep	tep	tep	tep	tep	tep	tep	
BELLA VISTA	12.382	540	1.200	300	383	4.705	1.764	297	111	660	248	150	56	460	172	1.676	106	235	53	164	503	26	47	13	33	
BERON DE ASTRADA	26.273	10			6	9.984	3.744	6	2	0	0	0	0	7	3	3.557	2	0	0	3	1.067	0	0	0	1	
CAPITAL					4	0	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	
CONCEPCION	5.600	1.820			450	2.128	798	1.001	375	0	0	0	0	540	203	758	357	0	0	192	227	89	0	0	48	
CURUZU CUATIA	107.590	4.705	240	470	28	40.884	15.332	2.588	970	132	50	235	88	34	13	14.565	922	47	84	12	4.369	230	9	21	2	
EMPEDRADO	5.401					2.052	770	0	0	0	0	0	0	0	0	731	0	0	0	0	219	0	0	0	0	
ESQUINA	3.350	2.500	1.784	315	926	1.273	477	1.375	516	981	368	158	59	1.111	417	454	490	350	56	396	136	122	70	14	119	
GENERAL ALVEAR	3.520	100		90		1.338	502	55	21	0	0	45	17	0	0	477	20	0	16	0	143	5	0	4	0	
GENERAL PAZ	6.590	105			482	2.504	939	58	22	0	0	0	0	578	217	892	21	0	0	206	268	5	0	0	206	
GOYA	2.025	1.330		38	1.665	770	289	732	274	0	0	19	7	1.998	749	274	261	0	7	712	82	65	0	2	712	
ITATI	5.253	22			5	1.996	749	12	5	0	0	0	0	6	2	711	4	0	0	2	213	1	0	0	2	
ITUZAINGO	6.730	5.265	513	450		2.557	959	2.896	1.086	282	106	225	84	0	0	911	1.032	101	80	0	273	258	20	20	0	
LAVALLE	5.770	1.055	490	27	475	2.193	822	580	218	270	101	14	5	570	214	781	207	96	5	203	234	52	19	1	203	
MBURUCUYA		320			355	0	0	176	66	0	0	0	0	426	160	0	63	0	0	152	0	16	0	0	152	
MERCEDES	161.188	3.630		2.033		61.251	22.969	1.997	749	0	0	1.017	381	0	0	21.821	711	0	362	0	6.546	178	0	91	0	
MONTE CASEROS	25.650		192			9.747	3.655	0	0	106	40	0	0	0	0	3.472	0	38	0	0	1.042	0	8	0	0	
PASO DE LOS LIBRES	63.685	59		150		24.200	9.075	32	12	0	0	75	28	0	0	8.621	12	0	27	0	2.586	3	0	7	0	
SALADAS	5.991	232		175	3.110	2.277	854	128	48	0	0	88	33	3.732	1.400	811	45	0	31	1.330	243	11	0	8	665	
SAN COSME		24			15	0	0	13	5	0	0	0	0	18	7	0	5	0	0	6	0	1	0	0	6	
SAN LUIS DEL PALMAR						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SAN MARTIN	31.889	450	128	560		12.118	4.544	248	93	70	26	280	105	0	0	4.317	88	25	100	0	1.295	22	5	25	0	
SAN MIGUEL	21.800	180			110	8.284	3.107	99	37	0	0	0	0	132	50	2.951	35	0	0	47	885	9	0	0	33	
SAN ROQUE	15.481	70	44		125	5.883	2.206	39	14	24	9	0	0	150	56	2.096	14	9	0	53	629	3	2	0	0	
SANTO TOME	23.119	5.295	396	900		8.785	3.294	2.912	1.092	218	82	450	169	0	0	3.130	1.037	78	160	0	939	259	16	40	0	
SAUCE	12.000	260	800	1.440	25	4.560	1.710	143	54	440	165	720	270	30	11	1.625	51	157	257	11	487	13	31	64	11	
<b>Total Provincia</b>	<b>551.287</b>	<b>27.972</b>	<b>5.787</b>	<b>6.948</b>	<b>8.164</b>	<b>209.489</b>	<b>78.558</b>	<b>15.385</b>	<b>5.769</b>	<b>3.183</b>	<b>1.194</b>	<b>3.474</b>	<b>1.303</b>	<b>9.797</b>	<b>3.674</b>	<b>74.630</b>	<b>5.481</b>	<b>1.134</b>	<b>1.238</b>	<b>3.490</b>	<b>22.389</b>	<b>1.370</b>	<b>227</b>	<b>309</b>	<b>2.193</b>	
<b>Total Residuos Agrícolas</b>																					<b>26.488</b>					
(1) Campaña 2005-2006; (2) Campaña 2001-2002																										

En la producción agrícola se detecta un potencial bruto de producción de residuos de 90.498 tep, de las cuales el 87% corresponde a los rastrojos de arroz. El potencial disponible para energía de los residuos agrícolas totaliza 26.488 tep.

### 1.13 Cuantificación de los Residuos Pecuarios.

**Tabla 3. Residuos Pecuarios de la Provincia de Corrientes**

Provincia de Corrientes - Cuantificación de los Residuos Pecuarios																
Departamento	Existencias (cabezas)				Potencial Bruto				Potencial Disponible				Potencial Disponible Energético			
	Bovinos	Ovinos	Porcinos	Equinos	Bovinos	Ovinos	Porcinos	Equinos	Bovinos	Ovinos	Porcinos	Equinos	Bovinos	Ovinos	Porcinos	Equinos
	(1)	(2)	(2)	(2)	tep	tep	tep	tep	tep	tep	tep	tep	tep	tep	tep	tep
BELLA VISTA	64.228	2.699	1.739	4.514	37.766	283	183	948	3.777	43	91	95	3.777	43	91	95
BERON DE ASTRADA	17.581	835	43	1.080	10.338	88	5	227	1.034	13	2	23	1.034	13	2	23
CAPITAL	12.971	485	1.812	1.145	7.627	51	190	240	763	8	95	24	763	8	95	24
CONCEPCION	127.175	6.917	544	7.992	74.779	726	57	1.678	7.478	109	29	168	7.478	109	29	168
CURUZU CUATIA	563.268	380.113	673	23.391	331.202	39.912	71	4.912	33.120	5.987	35	491	33.120	5.987	35	491
EMPEDRADO	66.610	3.191	2.028	4.885	39.167	335	213	1.026	3.917	50	106	103	3.917	50	106	103
ESQUINA	217.572	21.353	380	10.761	127.932	2.242	40	2.260	12.793	336	20	226	12.793	336	20	226
GENERAL ALVEAR	70.843	5.279	145	2.437	41.656	554	15	512	4.166	83	8	51	4.166	83	8	51
GENERAL PAZ	82.042	4.992	766	6.763	48.241	524	80	1.420	4.824	79	40	142	4.824	79	40	142
GOYA	316.554	21.442	5.368	21.525	186.134	2.251	564	4.520	18.613	338	282	452	18.613	338	282	452
ITATI	36.979	1.335	174	1.881	21.744	140	18	395	2.174	21	9	40	2.174	21	9	40
ITUZAINGO	138.813	1.933	487	6.672	81.622	203	51	1.401	8.162	30	26	140	8.162	30	26	140
LAVALLE	118.975	5.384	2.278	8.008	69.957	565	239	1.682	6.996	85	120	168	6.996	85	120	168
MBURUCUYA	37.901	1.103	390	2.441	22.286	116	41	513	2.229	17	20	51	2.229	17	20	51
MERCEDES	521.915	178.751	1.117	24.176	306.886	18.769	117	5.077	30.689	2.815	59	508	30.689	2.815	59	508
MONTE CASEROS	157.523	73.560	882	4.168	92.624	7.724	93	875	9.262	1.159	46	88	9.262	1.159	46	88
PASO DE LOS LIBRES	237.086	77.739	2.018	9.900	139.407	8.163	212	2.079	13.941	1.224	106	208	13.941	1.224	106	208
SALADAS	67.037	2.949	567	4.007	39.418	310	60	841	3.942	46	30	84	3.942	46	30	84
SAN COSME	20.275	404	664	1.815	11.922	42	70	381	1.192	6	35	38	1.192	6	35	38
SAN LUIS DEL PALMAR	81.995	6.536	697	5.935	48.213	686	73	1.246	4.821	103	37	125	4.821	103	37	125
SAN MARTIN	190.835	8.608	74	8.263	112.211	904	8	1.735	11.221	136	4	174	11.221	136	4	174
SAN MIGUEL	57.233	3.849	734	4.449	33.653	404	77	934	3.365	61	39	93	3.365	61	39	93
SAN ROQUE	83.111	6.962	1.936	5.582	48.869	731	203	1.172	4.887	110	102	117	4.887	110	102	117
SANTO TOME	197.621	8.097	1.061	6.787	116.201	850	111	1.425	11.620	128	56	143	11.620	128	56	143
SAUCE	127.361	54.981	21	6.098	74.888	5.773	2	1.281	7.489	866	1	128	7.489	866	1	128
<b>Total Provincia</b>	<b>3.613.504</b>	<b>879.497</b>	<b>26.598</b>	<b>184.675</b>	<b>2.124.740</b>	<b>92.347</b>	<b>2.793</b>	<b>38.782</b>	<b>212.474</b>	<b>13.852</b>	<b>1.396</b>	<b>3.878</b>	<b>212.474</b>	<b>13.852</b>	<b>1.396</b>	<b>3.878</b>
<b>Total Residuos Pecuarios</b>																<b>231.601</b>
(1) Año 2006; (2) Año 2002																

Los residuos pecuarios tienen una producción potencial bruta de 2.258.662 de tep y un potencial disponible para energía de 231.601 tep; el 91% proviene de residuos del ganado vacuno.

Si bien existen algunos departamentos con un mayor potencial, tales como Curuzú Cuatiá, Mercedes y Goya, Ver Tabla 3, la distribución de los residuos en la provincia no facilita su aprovechamiento.

**Tabla 4. Provincia de Corrientes. Distribución de los Residuos Pecuarios**

<b>Distribución de los Residuos Pecuarios</b>	
<b>Departamento</b>	<b>Potencial Disponible Energético</b>
	<b>tep</b>
BELLA VISTA	4.005
BERON DE ASTRADA	1.072
CAPITAL	890
CONCEPCION	7.783
CURUZU CUATIA	39.633
EMPEDRADO	4.176
ESQUINA	13.375
GENERAL ALVEAR	4.308
GENERAL PAZ	5.085
GOYA	19.685
ITATI	2.244
ITUZAINGO	8.358
LAVALLE	7.368
MBURUCUYA	2.318
MERCEDES	34.070
MONTE CASEROS	10.555
PASO DE LOS LIBRES	15.479
SALADAS	4.102
SAN COSME	1.272
SAN LUIS DEL PALMAR	5.085
SAN MARTIN	11.534
SAN MIGUEL	3.558
SAN ROQUE	5.215
SANTO TOME	11.946
SAUCE	8.484
<b>Total Provincia</b>	<b>231.601</b>

#### **1.14 Residuos Agroindustriales.**

El sector agroindustrial incluye principalmente molinos arroceros, con capacidad para procesar la totalidad de los volúmenes producidos por la provincia, como así también procesamiento de cítricos y yerba mate, y una importante industria textil con desmote de algodón. La actividad industrial de productos forestales incluye aserrío, cajonería e impregnación, aunque la capacidad instalada no parece suficiente para procesar toda la madera extraída en la provincia.

**Tabla 5. Residuos Agroindustriales de la Provincia de Corrientes**

Provincia de Corrientes - Cuantificación de los Residuos Agroindustriales												
Departamento	Producción		Potencial Bruto				Potencial Disponible		Potencial Disponible Energético			
	Arroz (1)	Algodón(1)	Arroz (1)		Algodón(1)		Arroz (1)	Algodón(1)	Arroz (1)	Algodón(1)		
	t		t	tep	t	tep	tep	tep	tep	tep		
BELLA VISTA	12.382	383	2.600	598	19	6	538	6	404	6		
BERON DE ASTRADA	26.273	6	5.517	1.269	0	0	1.142	0	857	0		
CAPITAL		4	0	0	0	0	0	0	0	0		
CONCEPCION	5.600	450	1.176	270	23	7	243	7	183	7		
CURUZU CUATIA	107.590	28	22.594	5.197	1	0	4.677	0	3.508	0		
EMPEDRADO	5.401		1.134	261	0	0	235	0	176	0		
ESQUINA	3.350	926	704	162	46	15	146	14	109	14		
GENERAL ALVEAR	3.520		739	170	0	0	153	0	115	0		
GENERAL PAZ	6.590	482	1.384	318	24	8	286	7	215	7		
GOYA	2.025	1.665	425	98	83	27	88	25	66	25		
ITATI	5.253	5	1.103	254	0	0	228	0	171	0		
ITUZAINGO	6.730		1.413	325	0	0	293	0	219	0		
LAVALLE	5.770	475	1.212	279	24	8	251	7	188	7		
MBURUCUYA		355	0	0	18	6	0	5	0	5		
MERCEDES	161.188		33.849	7.785	0	0	7.007	0	5.255	0		
MONTE CASEROS	25.650		5.387	1.239	0	0	1.115	0	836	0		
PASO DE LOS LIBRES	63.685		13.374	3.076	0	0	2.768	0	2.076	0		
SALADAS	5.991	3.110	1.258	289	156	51	260	46	195	46		
SAN COSME		15	0	0	1	0	0	0	0	0		
SAN LUIS DEL PALMAR			0	0	0	0	0	0	0	0		
SAN MARTIN	31.889		6.697	1.540	0	0	1.386	0	1.040	0		
SAN MIGUEL	21.800	110	4.578	1.053	6	2	948	2	711	2		
SAN ROQUE	15.481	125	3.251	748	6	2	673	2	505	2		
SANTO TOME	23.119		4.855	1.117	0	0	1.005	0	754	0		
SAUCE	12.000	25	2.520	580	1	0	522	0	391	0		
<b>Total Provincia</b>	<b>551.287</b>	<b>8.164</b>	<b>115.770</b>	<b>26.627</b>	<b>408</b>	<b>135</b>	<b>23.964</b>	<b>121</b>	<b>17.973</b>	<b>121</b>		
<b>Total Residuos Agroindustriales</b>										<b>18.095</b>		

(1) Campaña 2005-2006

Los residuos agroindustriales, que resultan de la actividad de molinos arroceros y del desmote de algodón, se han cuantificado sobre la base de los datos de producción, considerando que todo el arroz y algodón producidos son procesados en la provincia. El residuo de desmote de algodón no tiene ninguna utilización y la cáscara de arroz es utilizada en un 25% para construcción, establecimientos avícolas y caballerizas. El potencial bruto de producción de residuos agroindustriales es de 26.762 tep, representando la cáscara de arroz la casi totalidad (99%). El potencial disponible para energía totaliza 18.095 tep.

## RESIDUOS AGROPECUARIOS Y AGROINDUSTRIALES EN LA PROVINCIA DE MISIONES.

La Provincia de Misiones se encuentra ubicada entre los paralelos 25° 28' y 28° 10' de Latitud Sur y los meridianos 53° 38' y 56° 03' de Longitud Oeste, en la Región Nordeste de la República Argentina. Casi la totalidad de sus límites están conformados por ríos, el Iguazú al Norte, el Paraná al Oeste, el Pepirí Guazú y el Uruguay al Este y el Chimiray al Sur.

Más del 80% de sus límites son internacionales, lindando al Norte y al Este con la República del Brasil, y al Oeste con la República del Paraguay. Una pequeña porción de su territorio al sur es limítrofe con la Provincia de Corrientes.

La superficie total es de 29.801 km<sup>2</sup> aproximadamente (el 0,8% del total nacional). La mayor parte de su superficie (70%) tienen fuertes pendientes y no son aptas para la agricultura, pero sí para la forestación.

La provincia se caracteriza por un clima subtropical húmedo. El total de lluvias anuales es de aproximadamente 1.700 mm, y la temperatura media de 20° C.

Se encuentra organizada políticamente en diecisiete departamentos, divididos en 75 municipios.

De la actividad agropecuaria, se destaca la producción de caña de azúcar (3.200 ha), mandioca (7.850 ha), tung (5.500 ha), así como la producción de yerba mate (167.700 ha), té (34.900 ha) y tabaco (26.400 ha).

La actividad agroindustrial incluye la producción de aceites, principalmente de tung, el procesamiento de la caña de azúcar y el tratamiento de la yerba mate, el té y el tabaco.

La actividad pecuaria de más importancia es la ganadería de vacunos, con un total aproximado de 345.600 cabezas, seguida de los porcinos, con 135.800 cabezas.

### 1.15 Cuantificación de los Residuos Agrícolas.

La información correspondiente a residuos agrícolas en la Provincia de Misiones es muy escasa y, además, no se encuentra abierta por Departamentos. Sin embargo, se considera que el potencial de aprovechamiento energético de este tipo de residuos no es muy relevante a nivel de la provincia.

Se evaluaron aquellos residuos que fueran considerados significativos en la única estimación sistemática realizada en la región.<sup>5</sup>

**Tabla 6. Residuos Agrícolas de la Provincia de Misiones**

Provincia de Misiones - Cuantificación de los Residuos Agrícolas (1)							
Producto	Area Cultivada	Rendimiento Promedio	Producción	Potencial Bruto		Potencial Disponible	Potencial Disponible Energético
	ha	t/ha	t	t	tep	tep	tep
<b>Cereales</b>							
ARROZ	439,6	5,500	2.418	919	345	327	98
MAIZ	36.969,9	2,050	75.788	41.684	15.631	14.850	3.712
SORGO	63,1	2,450	155	77	29	28	7
<b>Oleaginosas</b>							
SOJA	2.380,1	3,000	7.140	3.927	1.473	1.399	280
<b>Industriales</b>							
CANA DE AZUCAR	3.197,2	28,000	89.522	49.237	18.464	17.541	5.262
<b>Total Residuos Agrícolas</b>							<b>9.360</b>

(1) Fuente: INDEC-IPEC Censo Nacional Agropecuario 2002.

Ninguno de los residuos considerados resulta relevante. La producción agrícola tiene un potencial bruto de producción de residuos de 35.900 tep, principalmente maíz (39%), soja (3%) y caña de azúcar (56%). El potencial disponible para energía de los residuos agrícolas totaliza 9.360 tep, aunque se estima que es menor debido a la competencia con la utilización de los mismos como mejoradores del suelo.

### 1.16 Cuantificación de los Residuos Pecuarios.

<sup>5</sup> Proyecto ADE/933/87/05.1991. Ver referencias.

**Tabla 7. Residuos Pecuarios de la Provincia de Misiones**

Provincia de Misiones - Cuantificación de los Residuos Pecuarios																
Departamento	Existencias (cabezas)				Potencial Bruto				Potencial Disponible				Potencial Disponible Energético			
	Bovinos (1)	Ovinos (1)	Porcinos (1)	Equinos (1)	Bovinos tep	Ovinos tep	Porcinos tep	Equinos tep	Bovinos tep	Ovinos tep	Porcinos tep	Equinos tep	Bovinos tep	Ovinos tep	Porcinos tep	Equinos tep
APOSTOLES	45.000	309	1.696	1.346	26.460	32	178	283	2.646	5	89	28	2.646	5	89	28
CAINGUÁS	20.003	394	12.739	275	11.762	41	1.338	58	1.176	6	669	6	1.176	6	669	6
CANDELARIA	11.083	1.474	1.078	1.067	6.517	155	113	224	652	23	57	22	652	23	57	22
CAPITAL	21.558	779	1.334	758	12.676	82	140	159	1.268	12	70	16	1.268	12	70	16
CONCEPCIÓN DE LA SIERRA	21.947	350	539	572	12.905	37	57	120	1.290	6	28	12	1.290	6	28	12
ELDORADO	9.534	427	1.186	187	5.606	45	125	39	561	7	62	4	561	7	62	4
GENERAL BELGRANO	33.243	726	17.829	1.005	19.547	76	1.872	211	1.955	11	936	21	1.955	11	936	21
GUARANI	33.772	700	32.140	469	19.858	74	3.375	98	1.986	11	1.687	10	1.986	11	1.687	10
IGUAZÚ	2.477	174	537	23	1.456	18	56	5	146	3	28	0	146	3	28	0
LEANDRO N. ALEM	21.192	518	11.926	957	12.461	54	1.252	201	1.246	8	626	20	1.246	8	626	20
LIBERTADOR GENERAL SAN MARTÍN	24.734	259	3.793	55	14.544	27	398	12	1.454	4	199	1	1.454	4	199	1
MONTECARLO	25.799	130	361	53	15.170	14	38	11	1.517	2	19	1	1.517	2	19	1
OBERÁ	17.369	194	10.531	466	10.213	20	1.106	98	1.021	3	553	10	1.021	3	553	10
SAN IGNACIO	6.658	46	959	150	3.915	5	101	32	391	1	50	3	391	1	50	3
SAN JAVIER	13.184	288	5.411	638	7.752	30	568	134	775	5	284	13	775	5	284	13
SAN PEDRO	14.388	661	14.519	997	8.460	69	1.524	209	846	10	762	21	846	10	762	21
25 DE MAYO	23.707	90	19.247	397	13.940	9	2.021	83	1.394	1	1.010	8	1.394	1	1.010	8
<b>Total Provincia</b>	<b>345.648</b>	<b>7.519</b>	<b>135.825</b>	<b>9.415</b>	<b>203.241</b>	<b>789</b>	<b>14.262</b>	<b>1.977</b>	<b>20.324</b>	<b>118</b>	<b>7.131</b>	<b>198</b>	<b>20.324</b>	<b>118</b>	<b>7.131</b>	<b>198</b>
<b>Total Residuos Pecuarios</b>													<b>27.771</b>			

(1) Año 2002

Los residuos pecuarios tienen una producción potencial bruta de 220.200 tep, pero el potencial disponible para energía solo totaliza 27.771 tep, y esta muy disperso en la Provincia, como puede verse en la Tabla 16.

**Tabla 8. Provincia de Misiones. Distribución de los Residuos Pecuarios**

Distribución de los Residuos Pecuarios (1)	
Departamento	Potencial Disponible Energético
	tep
APÓSTOLES	2.768
CAINGUÁS	1.857
CANDELARIA	754
CAPITAL	1.366
CONCEPCIÓN DE LA SIERRA	1.336
ELDORADO	634
GENERAL BELGRANO	2.923
GUARANÍ	3.694
IGUAZÚ	177
LEANDRO N. ALEM	1.900
LIBERTADOR GENERAL SAN MARTÍN	1.659
MONTECARLO	1.539
OBERÁ	1.587
SAN IGNACIO	446
SAN JAVIER	1.077
SAN PEDRO	1.640
25 DE MAYO	2.414
<b>Total Provincia</b>	<b>27.771</b>

(1) Año 2002

## 1.17 Residuos Agroindustriales.

Aunque las principales actividades de la agroindustria en la Provincia son la elaboración de la yerba mate, el té y el tabaco, se considera que estas actividades no presentan residuos significativos que no sean ya utilizados.

Los residuos agroindustriales con alguna disponibilidad incluyen las cáscaras de semillas de soja, algodón, maní y tung, y el bagazo de la caña de azúcar. En el caso del algodón (16 ha plantadas en el 2002) y del maní las cantidades son irrelevantes. El potencial bruto de producción de residuos agroindustriales es de 7.894 tep. El potencial disponible para energía totalizaría 5.432 tep. Los residuos disponibles incluyen prácticamente solo cáscaras de tung y bagazo de caña de azúcar.

Los residuos agroindustriales constituyen una fuente interesante, que generalmente ya está aprovechada energéticamente en las industrias generadoras, como por ejemplo el bagazo, que es utilizado en la producción de azúcar; y la cáscara de tung que, aunque se estima que existen algunos excedentes, es consumida en la propia industria aceitera

**Tabla 9. Residuos Agroindustriales de la Provincia de Misiones**

Provincia de Misiones - Cuantificación de los Residuos Agroindustriales						
Producto	Area Cultivada ha	Rendimiento Promedio t/ha	Producción t	Potencial Bruto t	Potencial Disponible tep	Potencial Disponible Energético tep
<b>Granos</b>						
ARROZ	439,6	5,500	2.418	508	117	105
<b>Aceites</b>						
TUNG	5.508,9	4,000	22.036	11.018	3.636	3.272
SOJA	2.380,1	3,000	7.140	71	24	21
MANÍ	208,0	1,500	312	s/d		
<b>Cultivos Industriales</b>						
CAÑA DE AZUCAR	3.197,2	28,000	89.522	22.380	4.118	4.118
<b>Total Residuos Agroindustriales</b>						<b>5.432</b>

(1) Fuente: INDEC-IPEC Censo Nacional Agropecuario 2002.

## PROPUESTA DE LOCALIZACIÓN DE UN APROVECHAMIENTO DE BIOMASA EN MISIONES Y EN CORRIENTES.

A partir de la estimación de los residuos de biomasa efectiva y prácticamente disponibles en las Provincias de Misiones y Corrientes y de una serie de factores y consideraciones adicionales, tales como la identificación de poblaciones sin servicio de red, la existencia de potenciales actividades comerciales relevantes, la evaluación del impacto de ciertas barreras sociales y técnicas, se identificaron las ubicaciones geográficas de los sitios donde se podrían ubicar las plantas piloto. Dentro de este proceso también se consultó a las Autoridades provinciales y/o municipales, quienes aportaron datos sobre las necesidades ya detectadas en ciertas comunidades.

## 1.18 Identificación de sitios posibles.

Si bien el objetivo del estudio es la evaluación del recurso de biomasa y definir la localización y factibilidad de un proyecto de generación en cada provincia, el sujeto de aplicación es la población rural.

Las provincias de Misiones y Corrientes tienen una elevada densidad de población rural tanto en zonas vinculadas con el sistema eléctrico interconectado, como zonas alejadas de su área de influencia. Según datos del Censo de población de 2001 el número de habitantes rurales en Misiones asciende a 300.000 y en Corrientes a 200.000.

Los Estudios de Factibilidad del Abastecimiento Eléctrico de la Población Rural Dispersa con Energías Renovables realizados por PERMER en ambas provincias, proporcionan a este Proyecto, una primera aproximación a la distribución y caracterización socioeconómica de la población posible beneficiaria del mismo.

Esta primera aproximación involucra un conjunto de población rural de cultura, hábitos y medios de subsistencia muy diversos en ambas provincias y al interior de cada una de ellas.

Una vez identificadas las barreras físicas tecnológicas y ambientales que presenta el Proyecto es imprescindible conocer con el mismo grado de detalle las barreras culturales, legales, sociales y económicas de la población beneficiaria.

Esta última identificación es la que permitirá seleccionar la localización óptima en cada Provincia de la comunidad que reúne las mejores condiciones para trabajar con ella e involucrar a sus integrantes en el proceso de electrificación, de manera de lograr que internalicen la tecnología puesta a disposición, condición ésta imprescindible para la evolución favorable del Proyecto.

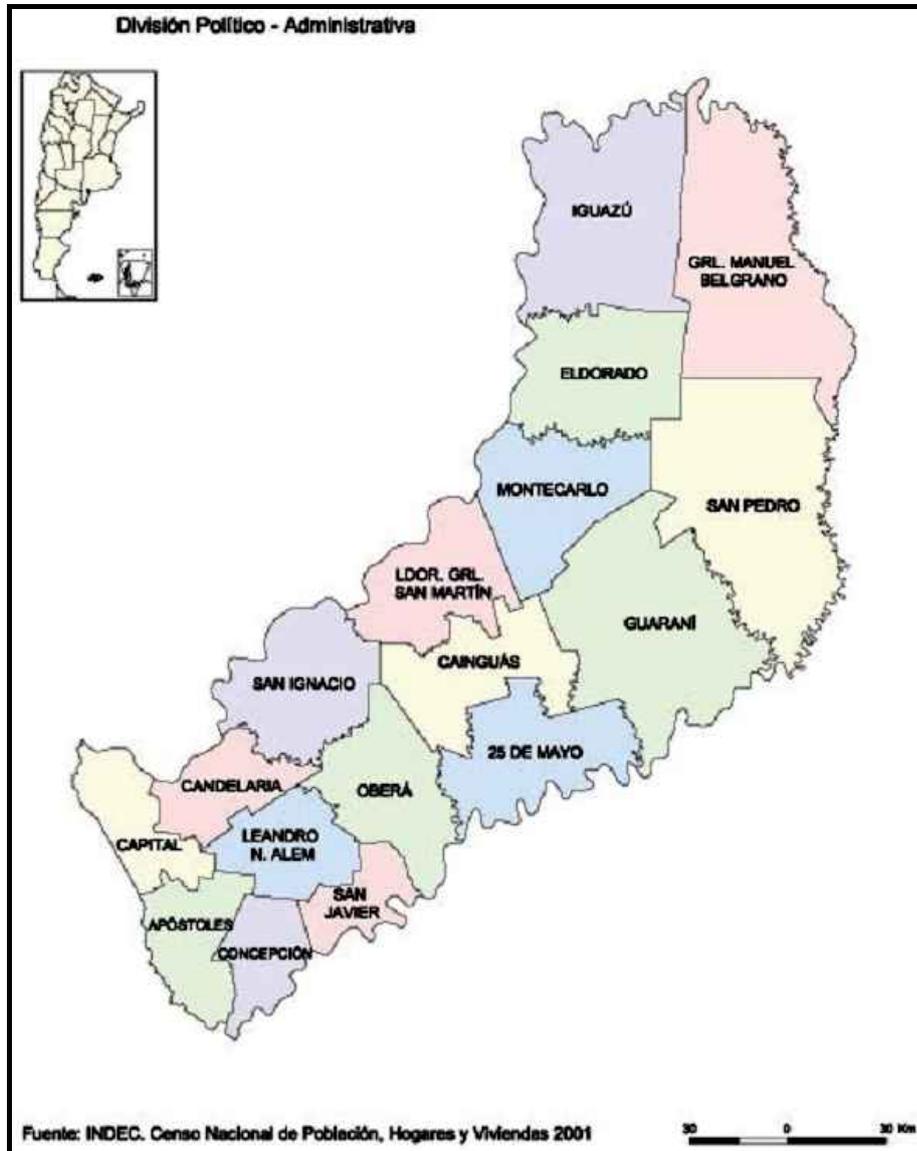


Figura 16. Provincia de Misiones.

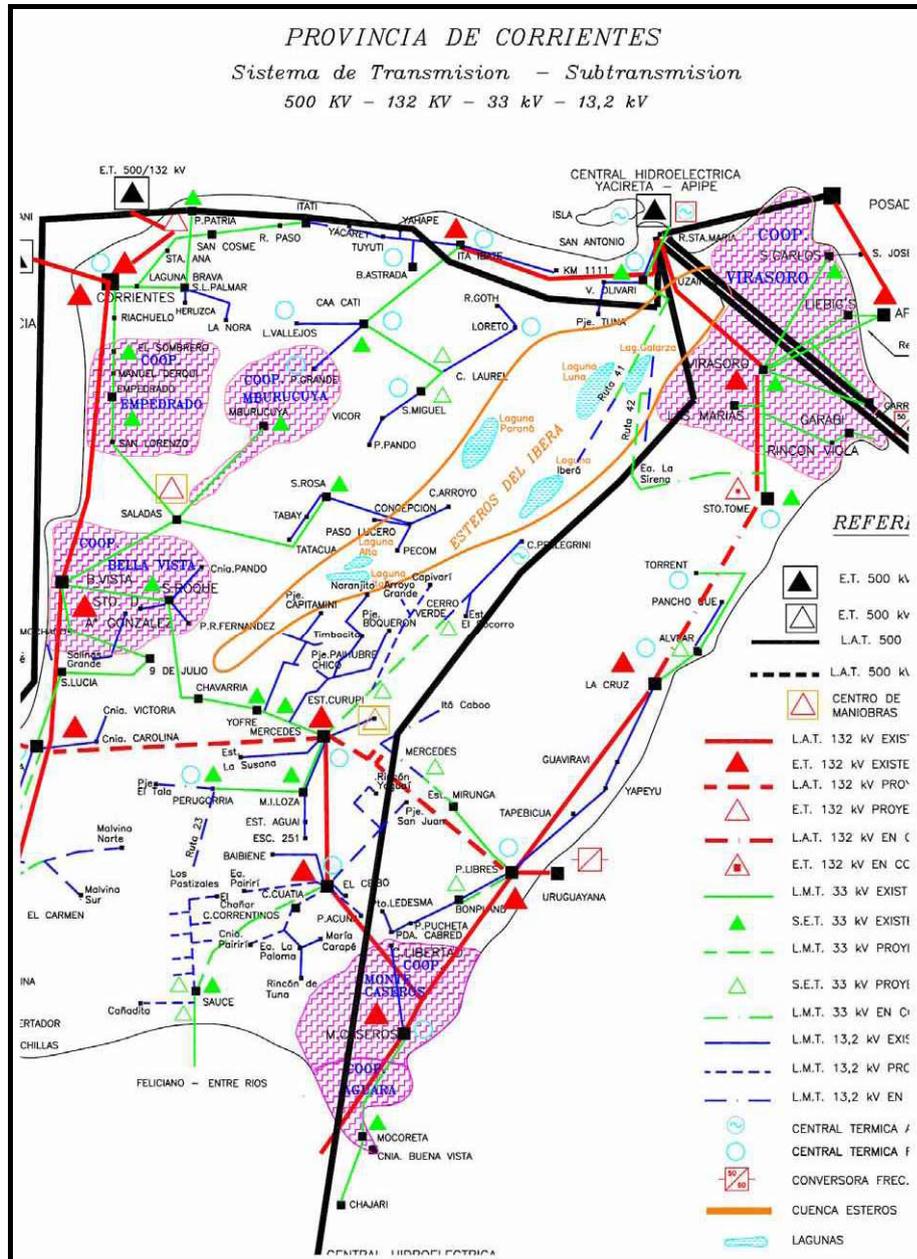


Figura 17. Redes Eléctricas de la Provincia de Corrientes<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Instituto Gral. Mosconi "Estudio de Factibilidad del Abastecimiento Eléctrico de la Población Rural Dispersa con Energías renovables en la Provincia de Corrientes".

### 1.18.1 Metodología.

Una vez identificadas las áreas prioritarias en relación con la disponibilidad del recurso/residuo en cada provincia se cruzará esta información con la procedente de los Estudios de Factibilidad del Abastecimiento Eléctrico de la Población Rural<sup>7</sup> con el propósito de identificar la población objetivo involucrada en ella y realizar una preselección de —al menos— tres comunidades en la provincia de Corrientes y otras tantas en la de Misiones.

Para la elección de las comunidades se dará prioridad a aquellas que tengan menor grado de dispersión (preferentemente en forma de asentamiento concentrado o lineal) y/o a la presencia de servicios públicos (escuelas, puestos salud, destacamentos policiales, etc.).

Se realizará también trabajo de campo para tomar contacto personal con el medio y relevar información proveniente de sus partícipes directos sobre la posibilidad de implementación del proyecto y la identificación de las potenciales barreras e impactos asociados.

En cada comunidad preseleccionada se realizará un análisis cuali-cuantitativo sobre la base de:

- **Entrevistas a informantes calificados.** Mediante las entrevistas se recogerá información real sobre:
  - número de familias que integran la comunidad.
  - distribución de las viviendas en el área.
  - distancia a la red eléctrica actual y la accesibilidad al poblado.
  - grado de organización social alcanzado.
  - usos domésticos actuales para iluminación y comunicación social.
  - grado de aceptación del servicio eléctrico propuesto por el Proyecto
  - potencialidades de usos en particular productivos.
  - Disposición a pagar una tarifa mensual

La información recogida en la visita a cada localidad preseleccionada y las entrevistas a informantes calificados son estudiados a través de un análisis **FODA**<sup>8</sup>.

Este análisis permitirá conocer de manera simple y directa cuales son las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas que plantea el proyecto en cada una de las comunidades preseleccionadas. De esta forma se podrá elegir en cada provincia la localidad que ofrece mejores condiciones para la instalación de una planta piloto.

En la comunidades seleccionadas se aplicara, en primera instancia, la técnica de reuniones focales cuyos resultados confirmaran o no la decisión tomada en la selección de la población objetivo para este proyecto

---

<sup>7</sup> Instituto Gral. Mosconi “Estudio de Factibilidad del Abastecimiento Eléctrico de la Población Rural Dispersa con Energías renovables en la Provincia de Corrientes”. ITPower-Sigla S.A. “Estudio de Factibilidad del Abastecimiento Eléctrico de la Población Rural Dispersa con Energías renovables en la Provincia de Misiones”.

<sup>8</sup> Análisis estructurado de la realidad que permite analizar, en lo interno, las fortalezas y debilidades del proyecto, y en lo externo, las oportunidades y amenazas del contexto local, provincial o nacional.

- **Focus Group.** Esta técnica permitirá realizar una evaluación integral basada en la participación activa y creativa de la propia comunidad beneficiaria ya que:
  - Permite identificar necesidades y capacidades prioritarias por parte de los propios usuarios finales.
  - Provee información sutil acerca del proyecto y su diseño según la percepción de los usuarios finales, preferencias y opiniones.
  - Ayuda a las comunidades a objetivar la visión de sus propias necesidades y a organizarse para lograr la mejor implementación del proyecto en función de estas.
  - Permite diseñar las estrategias a seguir por parte de los coordinadores del Proyecto, los agentes políticos y los prestadores del servicio para mejorarlo en función de los requerimientos y necesidades de sus beneficiarios.

Para recolectar información de primera mano, sobre los gustos, preferencias, percepciones, grado de aceptación y disposición de pago de un segmento en particular de los diversos beneficiarios se organizaran **focus group**.

- para los **usuarios residenciales** al menos tres grupos de diferente perfil: dos etarios y uno de género.
  - Un grupo de integrantes de la comunidad de ambos sexos con edades entre 18 y 30 años.
  - Un grupo de integrantes de la comunidad de ambos sexos mayores de 30 años.
  - Y además un grupo exclusivamente de mujeres.
- de **productores**.

### 1.19 Estimación inicial de la energía requerida en cada comunidad posible.

Ya seleccionadas las comunidades donde aplicar el proyecto, es necesario obtener información con mayores niveles de detalle respecto a sus niveles de consumo actual y potencial en un corto y mediano plazo, disponibilidad de pago de un servicio eléctrico, disposición a incorporar nuevas formas de abastecimiento, etc., información imprescindible para facilitar el diseño de la estrategia de servicio que se ofrece a la comunidad.

Para ello se diseñó una **encuesta** que se aplica al total de las familias beneficiarias y que cumple con los siguientes objetivos:

- Analizar las características socioeconómicas de los grupos familiares.
- Analizar la situación actual de abastecimiento energético del sector doméstico.
- Determinar los consumos energéticos actuales del sector para iluminación y comunicación.
- Determinar los consumos futuros en el corto y mediano plazo en base al equipamiento a incorporar.
- Medir el gasto efectuado para el abastecimiento doméstico actual.
- Estimar la demanda de energía para usos productivos.
- Medir el grado de aceptación de la tecnología propuesta.

- Evaluar la disposición y capacidad de pago de una tarifa mensual y derechos de conexión.

El informe socioeconómico elaborado en base a las encuestas se completa con el **relevamiento** de cada una de las comunidades.

En base a la misma se realizará una estimación de la demanda energética de cada comunidad identificada, considerando como es la provisión actual de energía y, en caso de existir, sus costos.

## 1.20 Análisis Socioeconómico.

Se trabajó con la comunidad para involucrarlos en el proceso de electrificación y lograr que haya un apoderamiento de la tecnología que les será puesta a disposición. Se utilizaron técnicas participativas para cada una de las acciones a nivel comunidad.

- Se realizó una evaluación de los recursos humanos necesarios para poder llevar a cabo una gestión exitosa.
- Se investigó el modelo de gestión adecuado para la operación y mantenimiento de la planta acorde con las capacidades humanas existentes.
- Se realizó una evaluación de potenciales usos productivos que puedan ser incorporados con la potencia instalada puesta a disposición de la comunidad.

## 1.21 Lista corta de comunidades.

A partir de la información relevada, y de acuerdo a los recursos disponibles, una estimación preliminar de su costo y el del equipamiento de conversión previsto, se preparó una lista corta de comunidades para estudiar con mayor detalle como podría realizarse el suministro de biomasa y su costo.

Para ello se realizó una comparación de la demanda energética potencial con los resultados del estudio de recursos de biomasa, teniendo en cuenta los resultados del análisis tecnológico.

Los factores considerados incluyeron, entre otros:

- Transporte, procesamiento y manipuleo del recurso/residuo.
- Equipamiento requerido, costos (de capital y operación), requerimientos de tiempo, etc.
- Variaciones estacionales, tamaño del almacenamiento requerido.
- Implicancias del almacenamiento en la degradación del combustible.

## 1.22 Resultados alcanzados.

### 1.22.1 Provincia de Corrientes.

En función de lo sugerido por los términos de referencia del estudio y los resultados preliminares del inventario de recursos de biomasa realizado en la Provincia de Corrientes, se analizó inicialmente la posibilidad de implementar un proyecto piloto utilizando residuos (cáscaras) de la industrialización del arroz. Sin embargo, dada la distribución provincial de las localidades sin servicio eléctrico por redes y las características propias de este residuo (gran volumen y baja densidad) que imposibilitan su transporte salvo en distancias muy cortas, se optó por concentrar la evaluación de factibilidad sobre los residuos de la industrialización de la madera.

Para cuantificar la disponibilidad de residuos del procesamiento industrial de la madera, se trabajó sobre los datos de base del “Censo de la Foresto-Industria 2005”, a fin de estimar la disponibilidad potencial de residuos de madera generados a nivel local.

Dado que para esta provincia no se encontraron disponibles datos de volúmenes de biomasa residual desagregados por Departamento sino solamente valores totales, se trabajó sobre estimaciones realizadas a partir de coeficientes de rendimiento aplicadas sobre la materia prima consumida. Debe notarse que esta metodología resulta muy general ya que al no contar con información desagregada, no es posible ajustar el índice en función del tipo de materia prima (si es proveniente de bosque nativo o cultivado) ni el nivel tecnológico del proceso.

Una vez obtenidos valores a nivel de Departamento, se realizó un análisis de los Departamentos donde la producción de residuos es importante y que no está siendo aprovechada actualmente. Cabe aclarar que el censo mencionado encuestó separadamente a aserraderos y carpinterías, concentrándonos este estudio en la biomasa proveniente de la industria del aserrío, ya que los residuos provenientes de la industria de la carpintería no cumplirían con los requisitos de calidad y cantidad necesarios.

En primer término, se realizó un análisis preliminar sobre los 23 departamentos relevados de la Provincia, ordenándolos por disponibilidad de biomasa total. Como resultado, se obtuvo una clara concentración de residuos en los Departamentos de Santo Tomé, Concepción, Ituzaingó y Esquina, con el 75% del total.

Le siguen los departamentos de Monte Caseros, San Martín, Paso de los Libres con un 15%; quedando el 10% residual en los departamentos restantes.

Esto identifica *a priori* cuatro Departamentos dentro de la escala de grandes productores de biomasa residual, y tres de escala menor.

Según datos del censo 2005, de los 232 establecimientos relevados 23 venden residuos (10% del total). Relacionando esto con la existencia de máquinas descortezadores y chiperas (9 y 12 respectivamente), se concluye que varias empresas venden los costaneros —especialmente de eucalipto— en la zona de la costa del Río Uruguay, en las proximidades de Entre Ríos.

Figura 18. Biomasa Residual Total por Departamento (Corrientes).

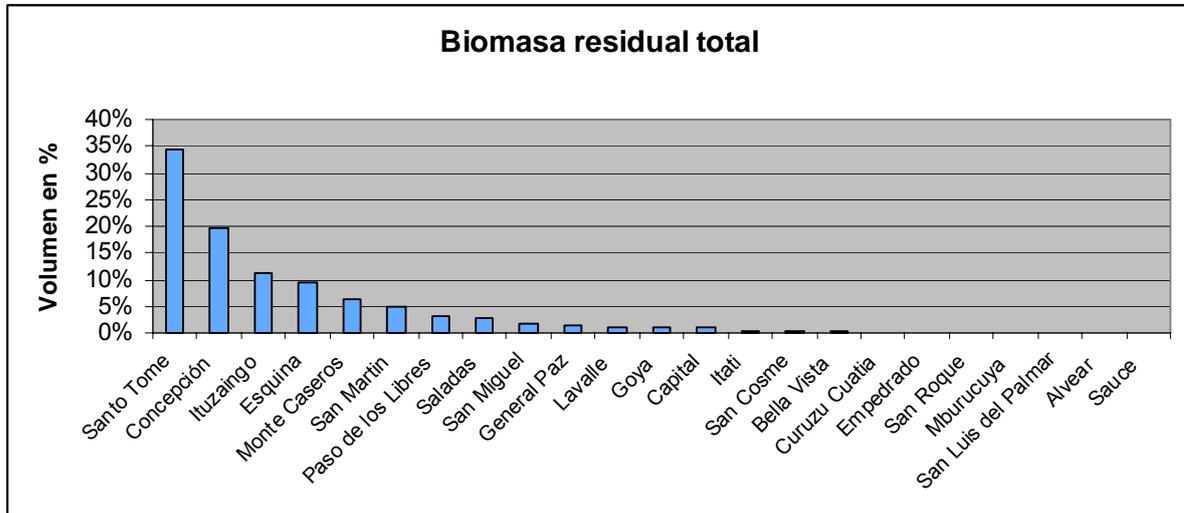
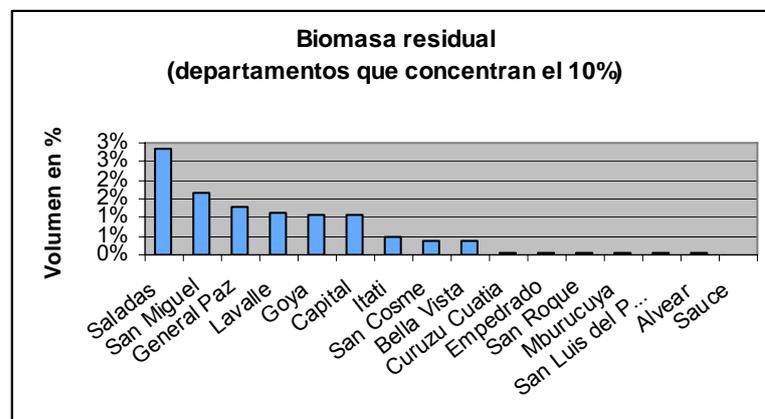


Figura 19. Biomasa Residual por Departamento (menor escala).



También se informa que el consumo de materia prima en los aserraderos que venden residuos es de 52.380 toneladas/mes, concentrándose en el Dto. de Santo Tome el mayor procesamiento de los mismos (29.000 t/mes de materia prima), coincidentemente con la concentración de 15 de las 21 maquinas descortezadoras y chiperas de la provincia.

Finalmente, por diferencia con el total de materia prima consumida, se encontró que aproximadamente 85.561 t/mes de materia prima se consumen en aserraderos que queman o desechan sus residuos, traduciendo esto en la falta de comercialización de 329.000 t/año de astillas sin corteza y unas 154.000 t/año de corteza y aserrín.

Debido a que no se informa la distribución de estos valores en la provincia, se trató de relacionar los distintos indicadores publicados, a fin poder identificar zonas con potencial de recurso biomásico residual sin uso actual.

En primer término, y como se mencionara anteriormente, para estimar volúmenes se ha supuesto una eficiencia de transformación de los rollizos consumidos por cada industria a

producto final del 55% (valor conservador ya que lo usual es tomar valores del 50%) y que todo el remanente constituye residuo generado. Obviamente los valores siguen la distribución porcentual anteriormente mencionada, pero cuando se los divide por la cantidad de establecimientos por Departamento, se obtiene la siguiente información:

**Tabla 10. Biomasa Residual promedio por Departamento y N° de Establecimientos.**

Departamento	t/mes de residuos	N° Establecimientos
Esquina	842	7
Santo Tome	670	32
San Martin	384	8
Concepción	314	39
Paso de los Libres	288	7
San Miguel	255	4
Ituzaingo	237	29
General Paz	203	4
Saladas	196	9
Monte Caseros	153	26
Goya	68	10
Lavalle	65	11
Itati	59	5
San Cosme	59	4
Capital	55	12
Curuzu Cuatia	45	1
Bella Vista	24	9
Empedrado	17	2
San Roque	10	3
Alvear	9	2
Mburucuya	6	3
San Luis del Palmar	5	4
Sauce	3	1
<b>TOTAL</b>	<b>3.967</b>	<b>232</b>

Se tiene entonces que se agregan a los Departamentos identificados *a priori*, los de San Miguel, General Paz y Saladas con un promedio de mas de 100 t/mes de residuos por establecimiento.

Debido a la falta de disponibilidad de datos desagregados, el análisis a nivel localidad puede aproximarse utilizando el mapa con la ubicación de las áreas con los distintos tipos de establecimientos:

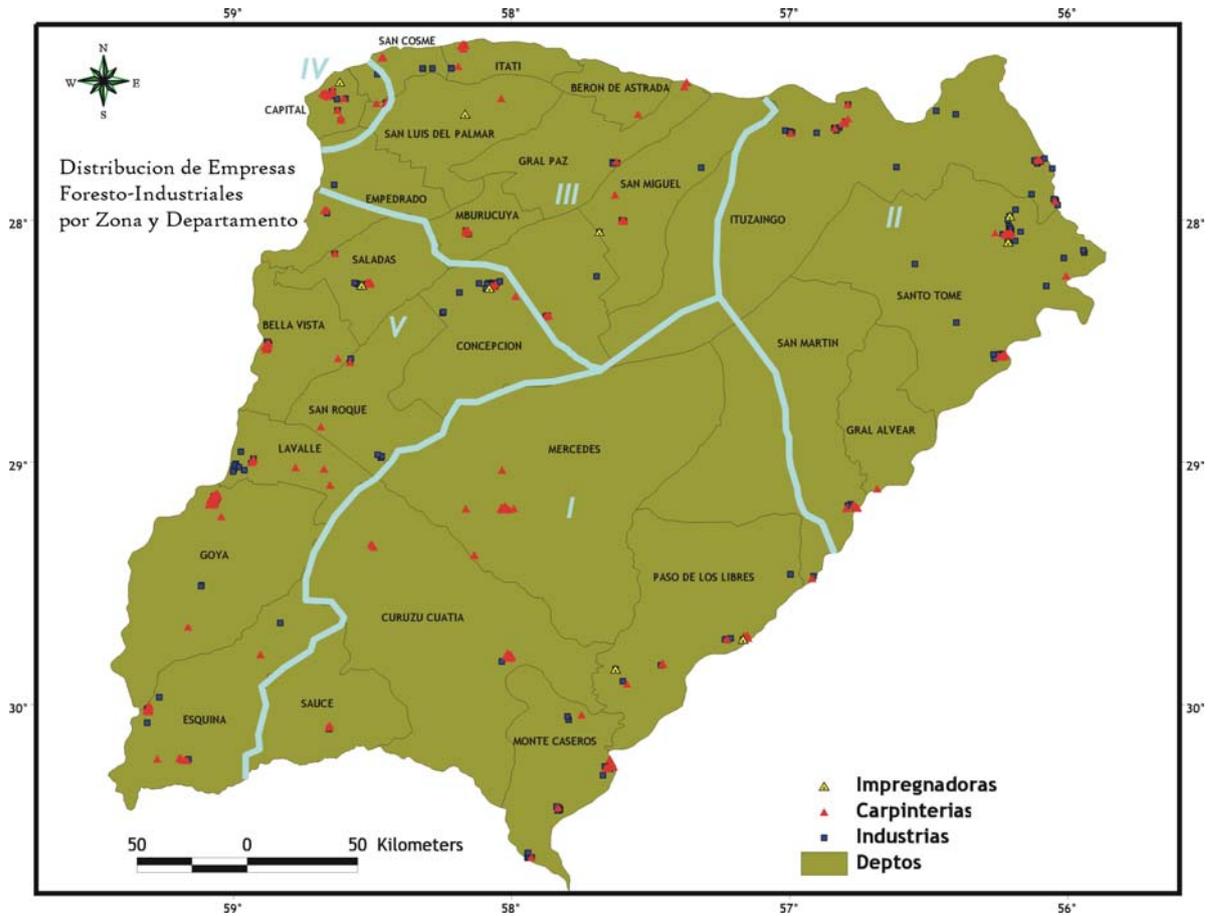


Figura 20. Ubicación de las áreas con distintos tipos de Establecimientos.

Hasta aquí, se tiene una primera selección de Departamentos atractivos en cuanto a volumen de producción y destino, desplazando las alternativas de bajo volumen o alto costo de oportunidad de la materia prima (biomasa residual).

**a) Preselección de localidades.**

Con el propósito de identificar la población objetivo para el presente estudio, se cruzó la información de la distribución de residuos de biomasa estimada a nivel departamental, con el listado de escuelas rurales<sup>9</sup> que carecen de servicio eléctrico y que al menos en el mediano plazo no serán alcanzadas por la red del servicio convencional.

Se parte de la premisa que la localización de escuelas es el mejor indicador de la distribución de la población rural. Si las escuelas carecen de energía eléctrica la población de su área de influencia también.

<sup>9</sup> Fuente: Instituto General Mosconi "Estudio de factibilidad de abastecimiento eléctrico a la población rural dispersa de la provincia de Corrientes" 2007

**Tabla 11. Biomasa Residual promedio por Departamento y N° de Escuelas.**

DEPARTAMENTO	t/mes residuos	N °Escuelas s/e
Esquina	842	15
Santo Tomé	670	2
San Martín	384	11
Concepción	314	1
Paso de los Libres	288	5
San Miguel	255	2
Ituzaingo	237	5
General Paz	203	4
Saladas	196	3
Monte Caseros	153	0
Goya	68	8
Lavalle	65	1
Itatí	59	0
San Cosme	59	1
Capital	55	0
Curuzú Cuatiá	45	3
Bella Vista	24	0
Empedrado	17	4
San Roque	10	4
General Alvear	9	1
Mburucuyá	6	0
San Luis del Palmar	5	14
Sauce	3	1
<b>TOTAL</b>	<b>3.967</b>	<b>85</b>

El análisis del cuadro demuestra:

- Esquina no solo es el departamento que genera la mayor cantidad de residuos mensuales sino que tiene la mayor cantidad de escuelas sin energía eléctrica.
- Le sigue en número de escuelas San Luis del Palmar con 14
- Luego San Martín con 11 escuelas,
- Goya con 8,
- Paso de los Libres e Ituzaingo con 5.

El departamento de San Luis del Palmar se descarta por su escasa producción de residuos de biomasa mensuales. Ituzaingó, que produce 237 t/mes de residuos y posee 5 escuelas alejadas de las redes, tampoco se considera pues las escuelas se encuentran en las islas y solo se puede llegar a ellas en lancha, lo que dificultaría el traslado de la biomasa para la alimentación de la planta de generación de electricidad.

Quedan entonces 4 departamentos: Esquina, Goya, San Martín y Paso de los Libres.

Esto permite identificar en la provincia dos áreas para realizar la preselección de localidades.



Figura 21. Ubicación de las áreas para realizar la preselección de localidades.

Una vez identificadas las dos áreas prioritarias se procedió a establecer la relación entre la localización de los aserraderos y la distribución de las escuelas sin energía eléctrica. Para ello se usó el mapa de Distribución de Empresas Foresto-industriales por Zona y departamento<sup>10</sup> y los mapas departamentales de Escuelas rurales de la Dirección de Estadística y Censos de Corrientes<sup>11</sup>.

El cruce de esta información llevó a dar prioridad a los departamentos Esquina-Goya y dejar en reserva San Martín-Paso de los Libres para considerarlos en caso de no encontrar en los primeros una población que reuniera las condiciones necesarias para la instalación de una planta de generación de energía eléctrica alimentada con residuos de biomasa.

<sup>10</sup> Fig. 5 del presente informe

<sup>11</sup> [www.deyc-corrientes.gov.ar](http://www.deyc-corrientes.gov.ar)

Identificada en gabinete el área, antes de iniciar el trabajo de campo, se mantuvo una reunión en Corrientes Capital con el Ing. Eduardo A. Melano Director de Proyectos y Obras de la Subsecretaría de Energía.

En dicha reunión participaron la Dra. Noemí Sogari perteneciente al Grupo de Energías Renovables de la Fac. de Ciencias Exactas y Naturales de la U.N.del Nordeste, el profesor Arturo Busso del Área de Física Aplicada de la misma Universidad y el Ing. Martín Sanz del Ministerio de Educación a cargo de las escuelas PERMER.

En la reunión hubo coincidencia general en seleccionar como área prioritaria los departamentos Esquina y Goya. Con el Ing. Sanz se seleccionaron los parajes a visitar: 2 en el departamento de Goya y 4 en Esquina. Es así que el trabajo de campo se conformó con el siguiente recorrido:

#### Departamento Esquina

- Paraje Abra Guazú Esc. 260
- Paraje Abra guazú Esc. 712
- Paraje Campo Romero Esc. 771
- Paraje Puesto Jú Esc. 284

#### Departamento Goya

- Paraje San Antonio Isla Esc.295
- Paraje El Quebracho Esc.



Figura 22. Detalle de las localidades preseleccionadas.

**b) Evaluación de la Comunidad Seleccionada.**

En San Antonio Isla habitan 32 familias cada una de las cuales es propietaria de 10 ha en continente y de 90 ha que tienen en forma comunitaria en la isla y arriendan para pastaje. Esta actividad les proporciona un ingreso extra que, curiosamente, ninguno de los encuestados menciona.

Las viviendas se encuentran en su totalidad en continente con un patrón de asentamiento cuasi-lineal. La distancia entre las mismas varía entre un mínimo de 100 metros y un máximo de 400 metros.

En total se realizaron 20 encuestas, es decir se entrevistó el 62% del universo.

### CROQUIS PARAJE SAN ANTONIO ISLA

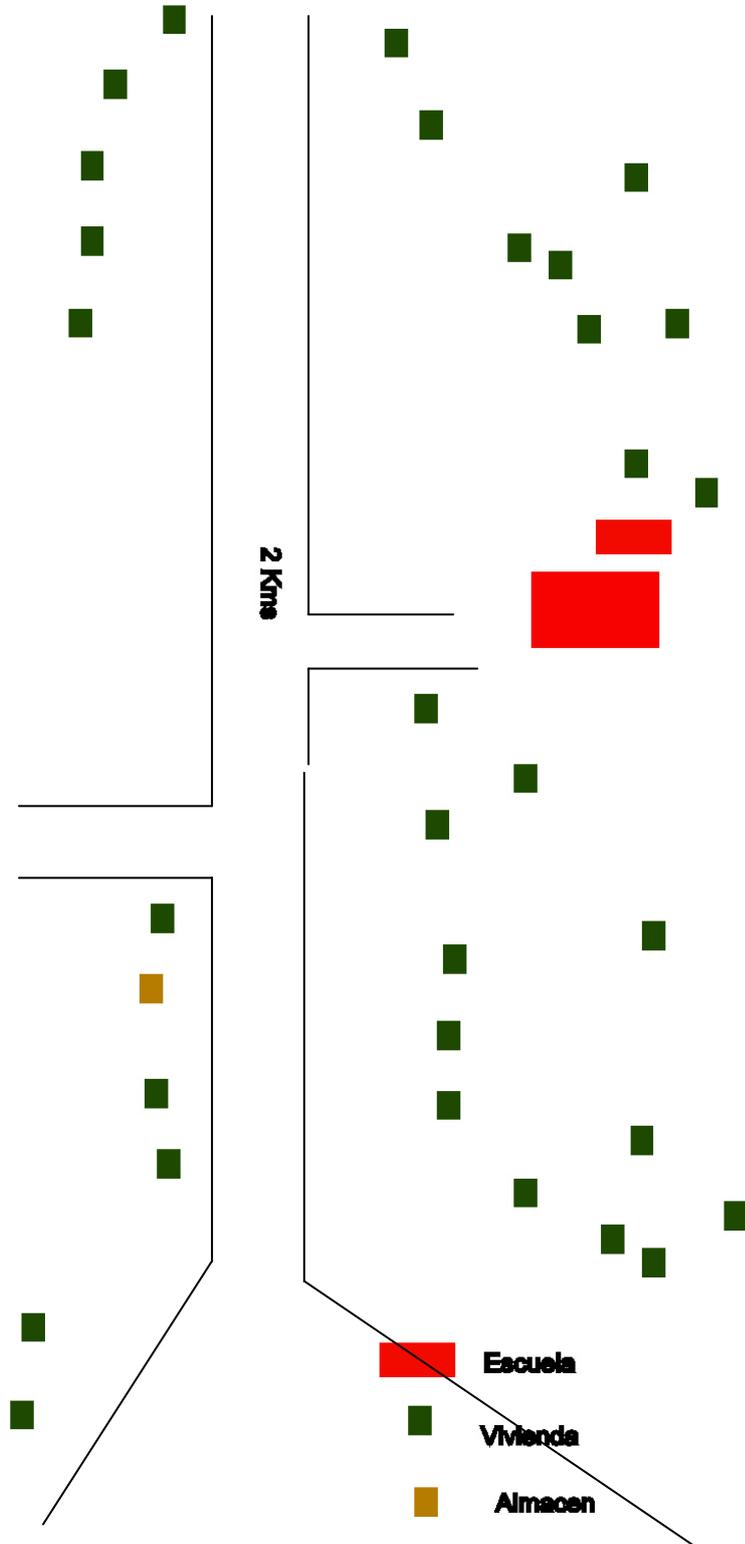


Figura 23. Esquema del Paraje San Antonio Isla.

### ***Características socioeconómicas de la población de San Antonio Isla.***

Aunque la edad sólo se preguntó al entrevistado, al ser éstos casi en su totalidad (un solo caso responde un hijo mayor de edad) jefes de familia o sus cónyuges, brinda una semblanza del habitante tipo de esta comunidad:

- Promedio de edad 49 años. Tan sólo el 25% tiene menos de 40 años
- En cada vivienda viven en promedio 5,6 personas con al menos 3 niños
- En todos los casos se trata de pobladores permanentes de la vivienda. El 100% de las familias viven en el lugar todo el año
- Las viviendas son en su totalidad pre-armadas con puntales de hierro, tabiques premoldeados y techo de fibrocemento



Figura 24. Vivienda típica y galpón.

- El 65% de los predios además de la vivienda cuentan con galpón
- La ocupación principal de la población es la agricultura. Son productores de tabaco y algodón, y este es el origen de sus ingresos.
- El 25% de las familias recibe algún subsidio: Plan jefes, pensión y subsidio a madre de 7 hijos.
- En la agricultura trabaja el marido y su esposa en el 30% de las familias y en un 45% colaboran también los hijos mayores. El ingreso promedio mensual de una familia es de \$238
- Puede establecerse la siguiente distribución de ingresos mensuales:

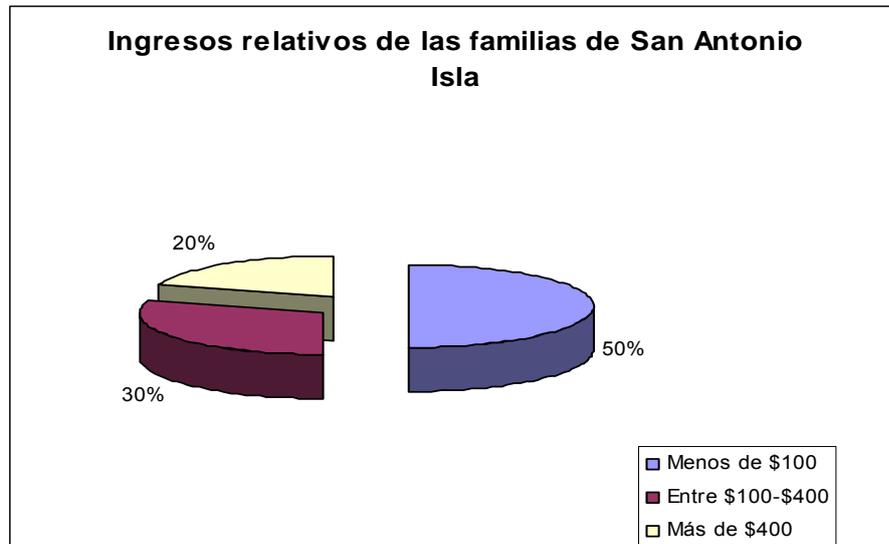


Figura 25. Ingresos de las Familias.

- El 60% de los encuestados no asistió nunca a la escuela y el 20%, que tiene primaria incompleta, sólo cursó hasta segundo o tercer grado.

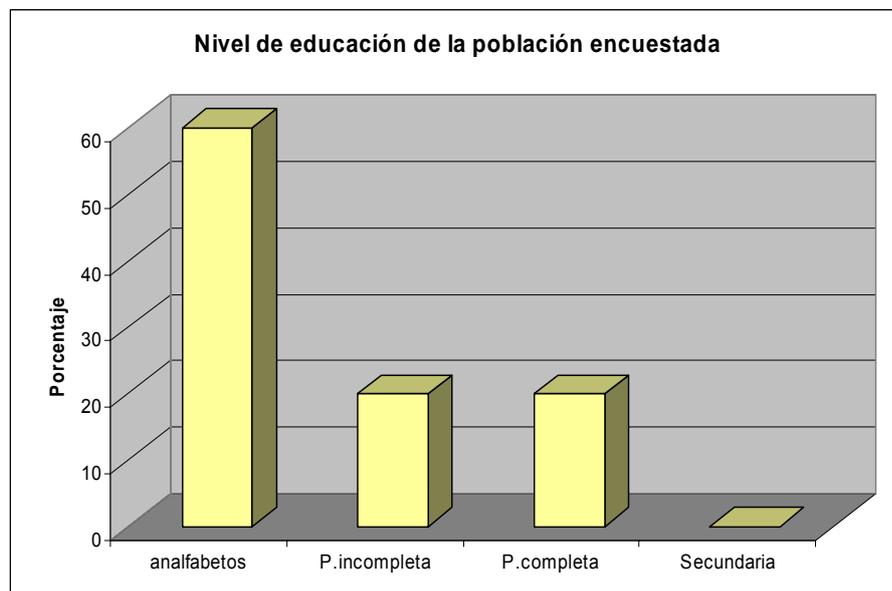


Figura 26. Nivel de Educación.

**Situación actual del consumo de energía.**

En San Antonio Isla tan sólo dos familias tienen energía eléctrica por paneles solares. Una de las familias tiene instalado dos paneles de 50 W cada uno (tal vez ésta es la familia de mayores ingresos de la comunidad) que utilizan para iluminación y TV.

La otra familia cuenta con un panel de 30 W que utiliza sólo para iluminación.

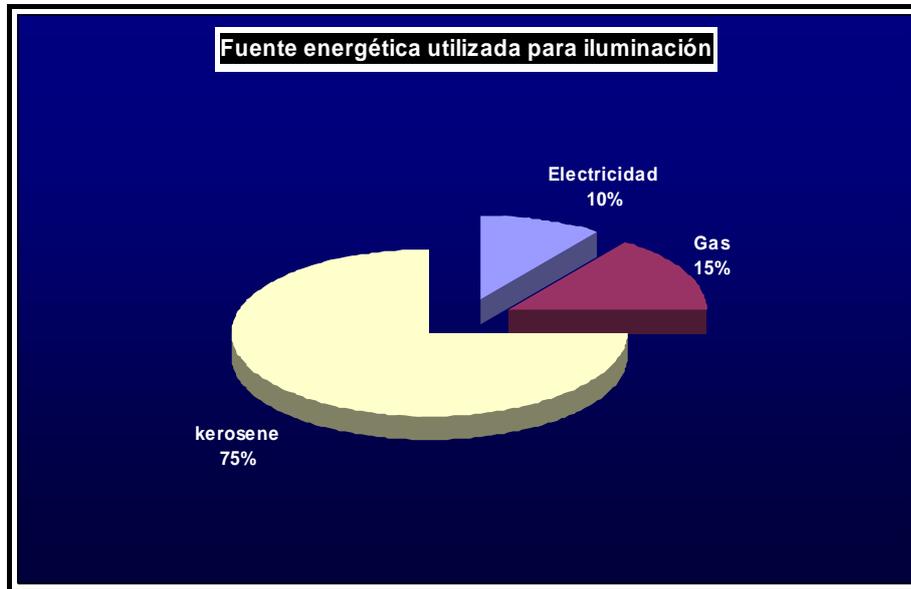


Figura 27. Fuente Energética utilizada.

El equipamiento para iluminación y comunicación social en las viviendas es muy precario, ya que solo cuentan con uno o dos candiles y radio.

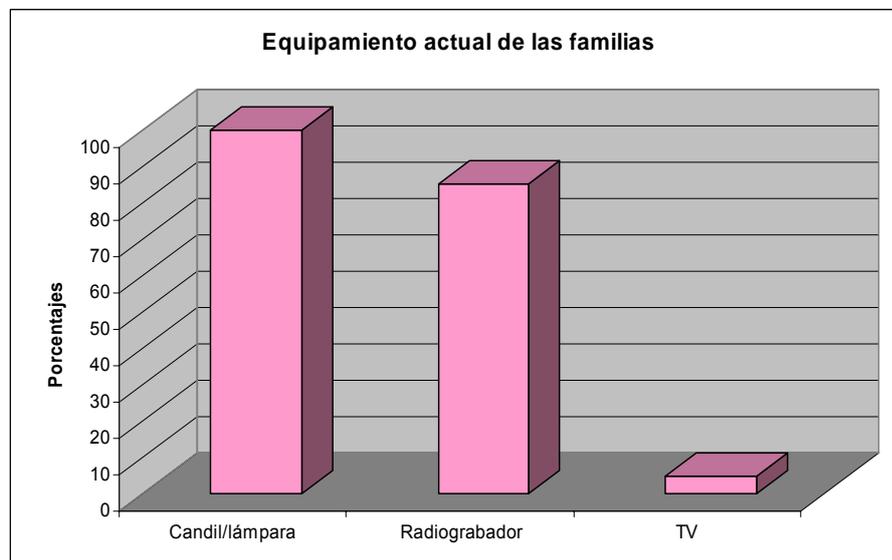


Figura 28. Equipamiento actual.

Tan solo dos familias tienen *freezer*, al que alimentan con gas.

En el siguiente gráfico se observa la distribución del gasto mensual de las familias para satisfacer las necesidades de iluminación, comunicación social y de otros electrodomésticos.

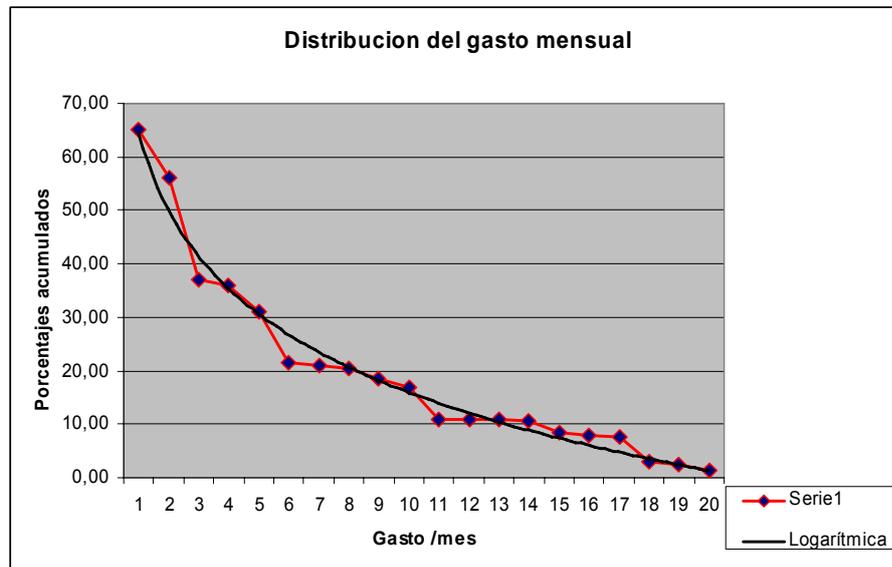


Figura 29 Distribución del gasto.

Tan sólo el 40% de las familias tienen un gasto superior a los \$20 mensuales.

***Grado de aceptación del servicio propuesto.***

En forma unánime, los habitantes de San Antonio Isla aceptan un servicio local de generación de energía eléctrica.

Su interés radica principalmente en la posibilidad de contar con iluminación y la de incorporar un televisor y un ventilador.

La escasa y prácticamente nula educación de esta comunidad hace que no dimensionen la posibilidad de utilizar la energía eléctrica con fines productivos. Son solamente los miembros más jóvenes quienes vislumbran esta posibilidad.

***Demanda potencial para usos productivos.***

El 60% de los encuestados requiere electricidad para usos productivos

El equipamiento requerido puede visualizarse en la figura siguiente.

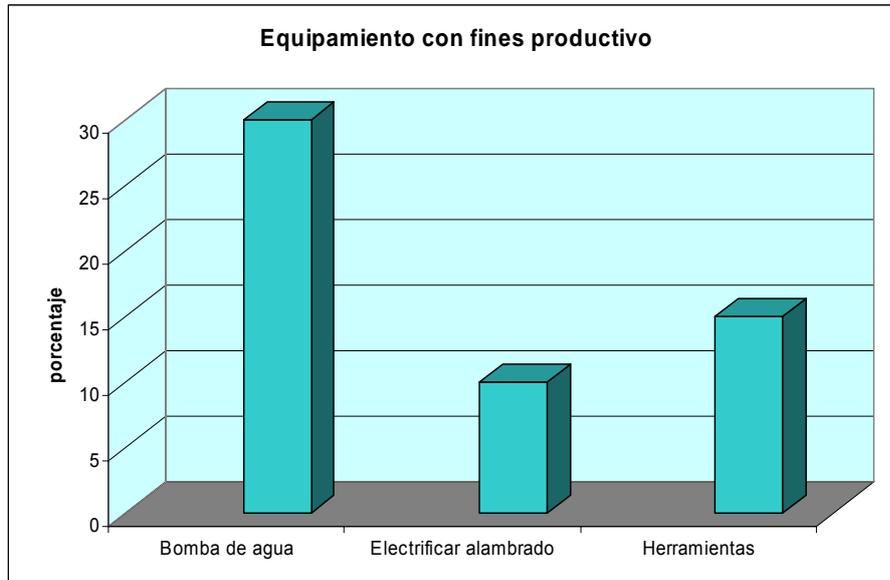


Figura 30 Equipamiento con fines productivos.

La bomba de agua es la demanda más generalizada, pues la necesitan para riego lo que les posibilitaría tener una huerta y en algunos casos introducir el cultivo de tomates, que se da muy bien en la zona, con fin comercial.

***Demanda para usos domésticos.***

El 100 % de las familias requiere energía eléctrica para iluminación con un promedio de 4 focos por vivienda.

Para comunicación social el radiograbador es el que está presente en todos los hogares y luego lo más solicitado es la TV.



Figura 31 Equipamiento para comunicación social.

La bomba de agua aparece como la demanda doméstica más importantes y la razón es que las viviendas tienen baño instalado pero carecen de agua de manera que su incorporación produciría una importante mejora en la calidad de vida de los habitantes de San Antonio Isla.

En cuanto a electrodomésticos, la heladera y el freezer se consideran indispensables por las condiciones climáticas de la zona, al igual que el ventilador.

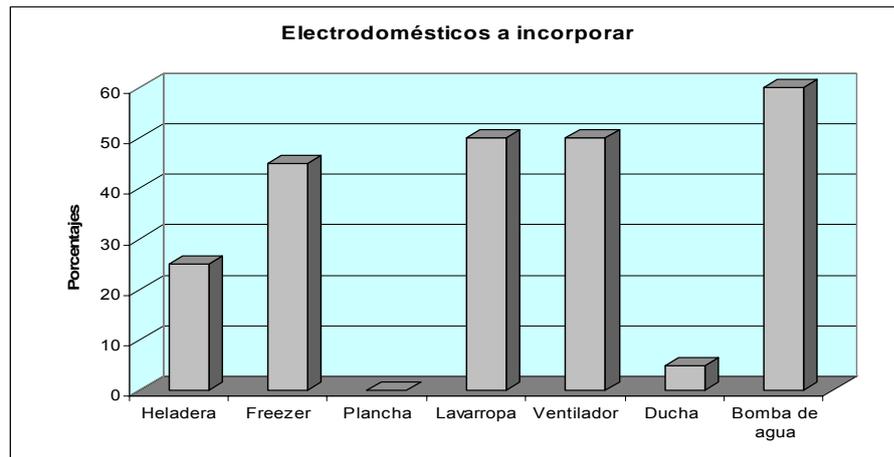


Figura 32 Electrodomésticos a incorporar.

**Disposición al pago.**

El 85% de los encuestados están dispuestos a pagar una tarifa de acuerdo a lo que consumen. Solicitan la instalación de medidores.

Un 15% de los entrevistados dice no estar en condiciones de pagar una tarifa.

El 80% dice estar dispuesto a pagar un derecho de instalación por única vez

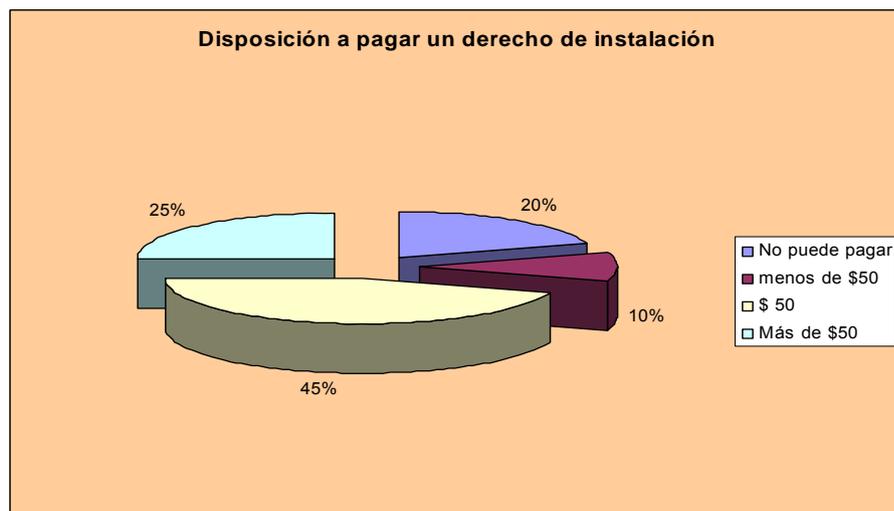


Figura 33 Disposición al pago.

### 1.22.2 Provincia de Misiones.

Para cuantificar la disponibilidad de residuos del procesamiento industrial de la madera, se trabajó sobre los datos de base del “Censo de la Foresto-Industria 2003”, a fin de estimar la disponibilidad potencial de residuos de madera generados a nivel local. En función de esta estimación será posible realizar una preselección de áreas donde la producción de residuos cumpla con los requisitos de volumen, grado de dispersión y costo de oportunidad, entre otros.

Al efecto se elaboró una serie de criterios de selección de datos. En primer término, se realizó una selección preliminar sobre los 65 Municipios censados, de los 17 Departamentos de la Provincia, ordenándolos por disponibilidad de biomasa total.

Como resultado, se obtuvo una clara concentración de residuos en los Departamentos de Cainguas, Eldorado, Iguazú, Lib. Gral. José de San Martín, Montecarlo y Oberá.

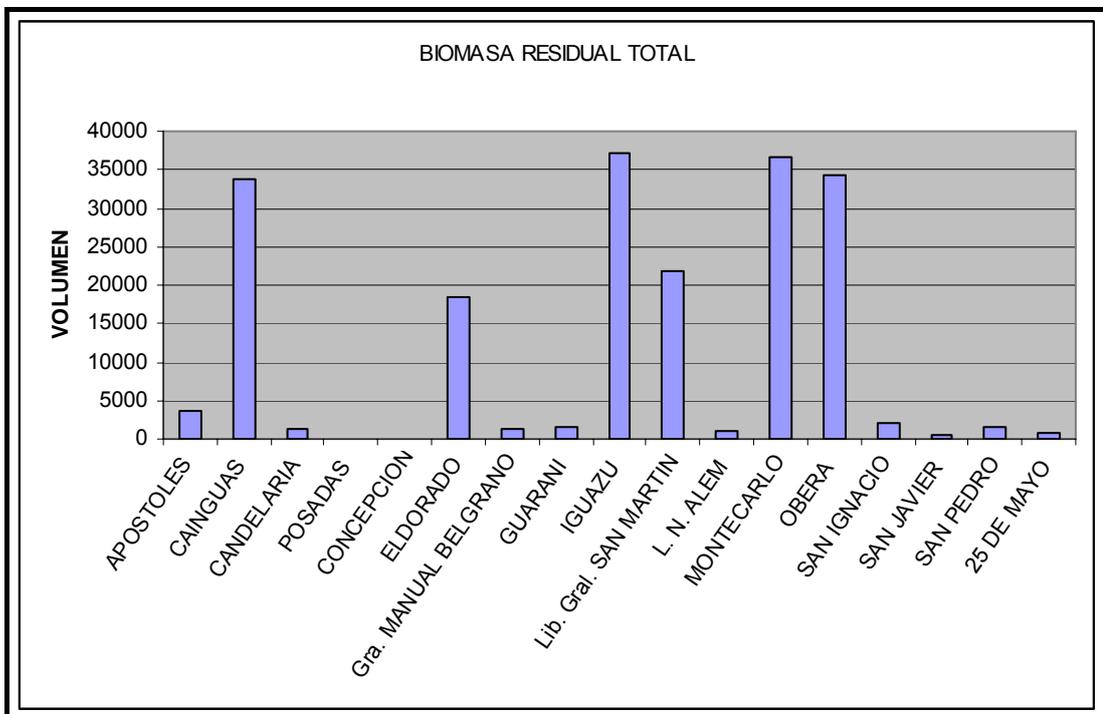


Figura 34 Biomasa Residual por Localidad.

De éstos, Eldorado, Iguazú y Montecarlo ya destinan el 97,3%, 99,6% y 99,1% de sus residuos a la generación de energía o a la venta del residuo. En los restantes tres departamentos, Cainguas, Lib. Gral. José de San Martín y Oberá, se desecha o quema el 98,4%, 43% y 98,8% de los residuos respectivamente.

Esto identifica *a priori* tres Departamentos dentro de la escala de grandes productores de biomasa residual. Por su parte, analizando a nivel localidad, se obtiene lo siguiente:

Dentro del Departamento de Cainguas, el 98,9% del residuo se genera en la localidad de Dos de Mayo, mientras que en Lib. Gral. José de San Martín el 47,7% se genera en la localidad de Capioví, siendo Panambí la que aporta el 99,8% de los residuos desaprovechados en Oberá.

Analizando el resto de los Departamentos —donde la producción de residuos lo es a una escala sensiblemente menor— se desprende, en principio, que en las localidades de Posadas y Concepción el aporte de biomasa residual es casi nulo.

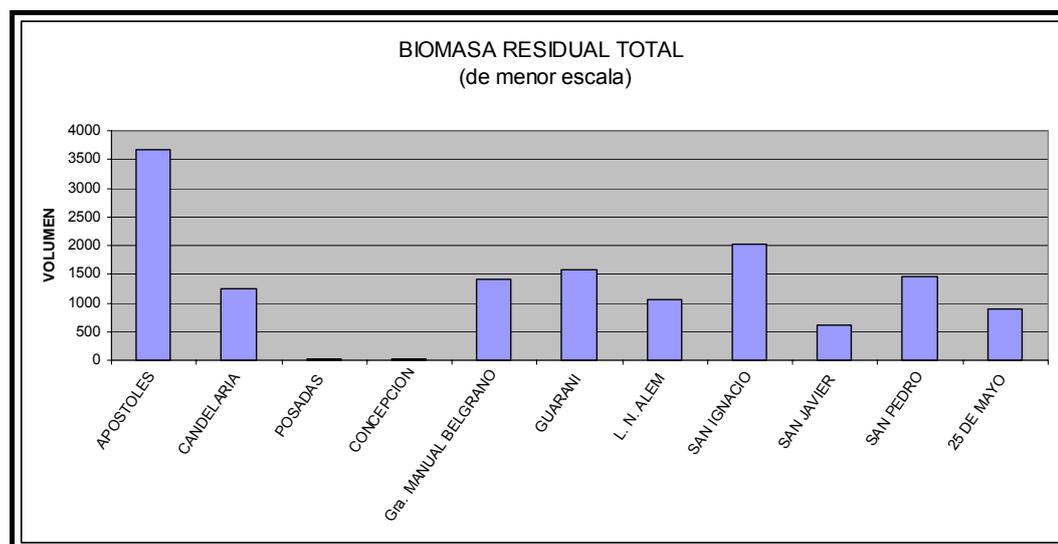


Figura 35 Biomasa Residual de menor escala en cada Localidad.

Finalmente, trabajando con los departamentos restantes, se obtiene la/las localidades que aportan en mayor medida a cada uno de ellos:

Tabla 12. Aporte de Biomasa de cada Localidad.

Departamento	Localidad	% Aporte de biomasa
Apostoles	San Jose	32,9
Candelaria	Loreto	54
Gral. Manuel Belgrano	Comandante A. Guacurary	56
Guarani	San Vicente	75,5
L. N. Alem	Cerro Azul	74
San Ignacio	H. Irigoyen, Jardin America, San Ignacio	50,5
San Javier	Ameghino	97
San Pedro	San Pedro	24
25 de Mayo	25 de Mayo	75

Hasta aquí, se tiene una primera selección de localidades en cuanto a volumen de producción y destino, eliminando alternativas de volumen nulo o de alto costo de oportunidad de la materia prima.

**a) Preselección de localidades.**

En la Provincia de Misiones unas 9.886 viviendas rurales carecen de servicio eléctrico en el 2006<sup>12</sup>.

Estas viviendas se distribuyen en las tres regiones en que se puede dividir la provincia de la siguiente manera:

1. 2.436 en la Cuenca del Paraná, eje histórico de desarrollo de la Provincia sobre la RN N° 12.

<sup>12</sup> 2006 IT Power-Sigla "Estudios de Factibilidad del Abastecimiento Eléctrico de la Población Rural Dispersa con Energías renovables en la provincia de Misiones.

2. 3.378 en la Cuenca del Uruguay, de desarrollo más reciente y parcialmente incompleto, y
3. 4.072 en la Porción Oriental, último reducto de la selva misionera, amplia extensión forestal de parques y reservas nacionales y provinciales.

Las dos primeras regiones comprenden sendas franjas paralelas de dirección SO-NE divididas por la RN N° 14, en las que el servicio eléctrico ha alcanzado un desarrollo amplio y sólo restan áreas intersticiales por electrificar. Según el estudio de Factibilidad realizado, el trabajo de campo puso de manifiesto en ambas áreas las siguientes situaciones típicas entre la población rural sin electrificar:

- Viviendas que no se han conectado por sus escasos recursos económicos, bajo las redes o próximas a sus extremos
- Viviendas ubicadas más allá del final de las redes pero en sus inmediaciones, en proceso de gestión del tendido

La tercera región (La oriental) concentra la mayor proporción de población dispersa y alejada de las redes de distribución de energía eléctrica, donde puede decirse que reside la población auténticamente candidata al PERMER. Comprende los departamentos de Guaraní, San Pedro y Gral. Belgrano, más alguna zona limítrofe de los de 25 de Mayo e Iguazú.

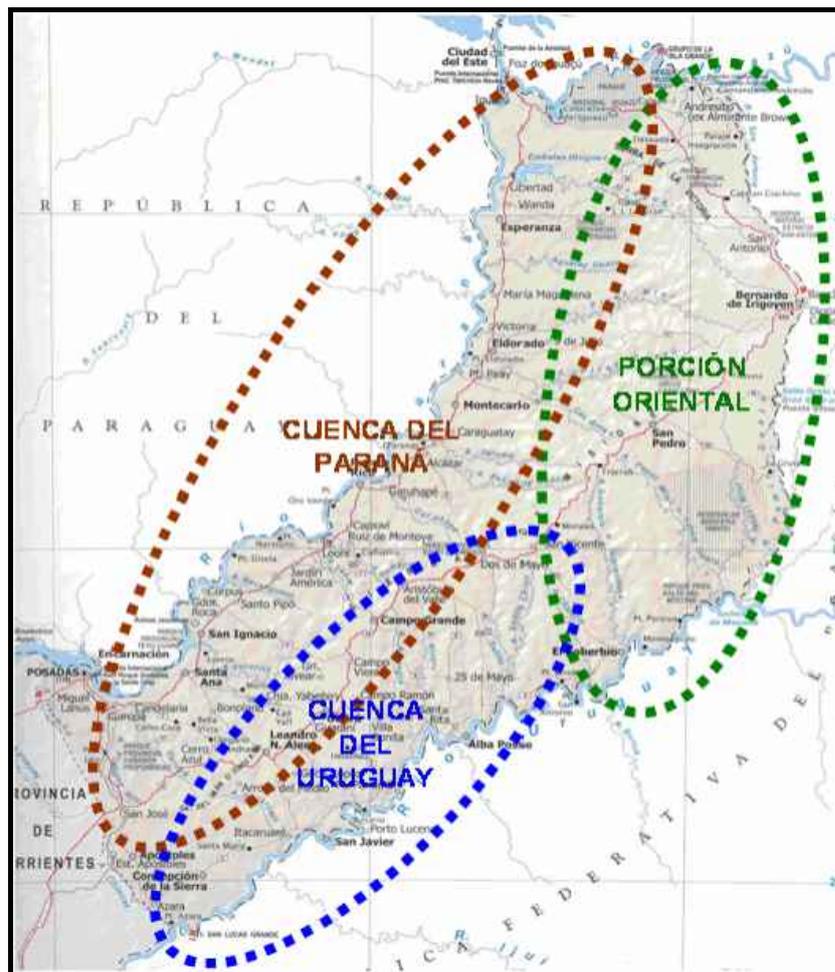


Figura 36 Detalle de las Regiones Analizadas.

Identificada la porción Oriental como el área con mayor número de viviendas rurales sin abastecimiento eléctrico e identificada esta región por el Estudio de factibilidad como “aquella en que reside la población auténticamente candidata al PERMER” se optó por concentrar el esfuerzo del trabajo de campo esta área.

De manera que se cruzó esta información con la de disponibilidad de recursos (ver 2.4.2) Según esta información los departamentos con mayor disponibilidad de residuos son: Cainguas, Lib. Gral. San Martín y Oberá. Estos departamentos se encuentran en la Porción Paraná y Uruguay respectivamente.

Centramos nuestra atención en los departamentos de Guaraní, San Pedro y General Belgrano donde la producción de residuos es sensiblemente menor pero donde se localiza la población objetivo.

La abundancia de población rural sin abastecimiento eléctrico en esta zona es consecuencia de ser, en un muy alto porcentaje, población ocupante de tierras privadas, razón por la cual existían impedimentos legales para ser beneficiada por los profusos planes de electrificación rural que la provincia ha llevado a cabo en los últimos años.

Actualmente el gobierno de la provincia avanza en la regularización de más de 80 mil hectáreas de tierras ocupadas. Una gran proporción de las cuales se encuentra en la zona oriental.

La preselección de posibles sitios para localización de una planta de biomasa generadora de energía eléctrica debe considerar entonces no solo la posibilidad de encontrar población objetivo y disposición de recursos sino identificar una población que reúna las condiciones anteriores pero que además no enfrente una barrera legal por su condición de ocupantes de tierras privadas, sino que al menos se encuentre en tierras que están en proceso de regularización.

Por esta razón se mantuvo una entrevista con el Subsecretario de Tierras y Colonización, Ing. Ledesma, para evitar la barrera legal.

En dicha entrevista se obtuvo la siguiente información:

En los departamentos de General Belgrano, San Pedro y Guaraní se encuentran en proceso de regularización avanzada las tierras ocupadas en:

- Picada Unión
- Picada Agroforestal
- Colonia Santa Rita y
- Picada Maderil

Esta información obtenida con el Subsecretario de Tierras y Colonización de la provincia se chequeo con el Ing. Juan Carlos Amarilla de la UEP PERMER en EMSA y se comprobó:

En Colonia Santa Rita y Picada Maderil se localizan aulas satélites que actualmente están provistas de paneles solares PERMER.

Picada Agroforestal fue descartada por estar prevista su electrificación en el programa PROSAP III, de pronta ejecución.

No se tenía información de Picada Unión.

De esta forma las tres comunidades preseleccionadas para el trabajo de campo fueron:

- **Picada Maderil** ubicada en el Departamento Guaraní al oeste de la ruta 14 y a unos 10 km. al norte de la localidad de San Vicente.

- **Colonia Santa Rita** ubicada en el departamento de San Pedro próxima a la ruta 14 distante unos 10 km al sur de la capital departamental hacia el este de dicha ruta.
- **Picada Unión** ubicada en el Departamento de General Belgrano a 2 km hacia el norte de la ruta provincial 17 y a 3 km hacia el este de Pozo Azul.

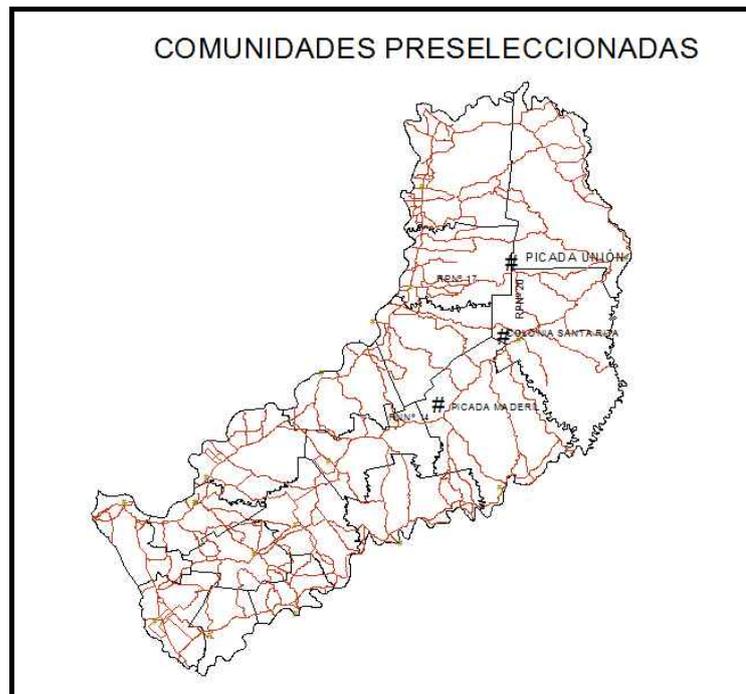


Figura 37 Detalle de las Comunidades Preseleccionadas.

**b) Evaluación Socioeconómica de la Comunidad Seleccionada.**

Ya seleccionada la comunidad donde aplicar el proyecto, se hizo necesario obtener información con mayores niveles de detalle respecto a sus niveles de consumo actual y potencial en un corto y mediano plazo, disponibilidad de pago de un servicio eléctrico, disposición a incorporar nuevas formas de abastecimiento, etc. Para ello se encuestó al 50 % de la población beneficiaria.

De la encuesta realizada se extraen las siguientes conclusiones:

***Características socioeconómicas de la población de Picada Unión.***

Aunque la edad sólo se preguntó a los entrevistados, al ser éstos en su mayoría jefes de familia o sus cónyuges, su promedio brinda una semblanza del habitante tipo de esta comunidad:

- Promedio de edad 33 años. Tan sólo el 23% supera los 40 años.
- En cada vivienda viven en promedio 4,4 personas, con al menos 2 niños.
- En todos los casos se trata de pobladores permanentes de la vivienda. El 100% de las familias viven en el lugar todo el año
- Las viviendas son en su totalidad de paredes de madera, techo de chapa y pisos de madera.



Figura 38 Vivienda típica de la Picada.

- El 83% de los predios, además de la vivienda, cuentan con un galpón.
- La ocupación principal de la población es la agricultura. Son productores de tabaco y éste es el origen de sus ingresos.
- Tan sólo en el 8% de los hogares el ingreso proviene de changas.
- En la producción de tabaco trabaja el marido y su esposa. En un 13% de las familias colaboran los hijos mayores y sólo el 5% contrata un peón.
- El ingreso promedio mensual de una familia es de \$694.

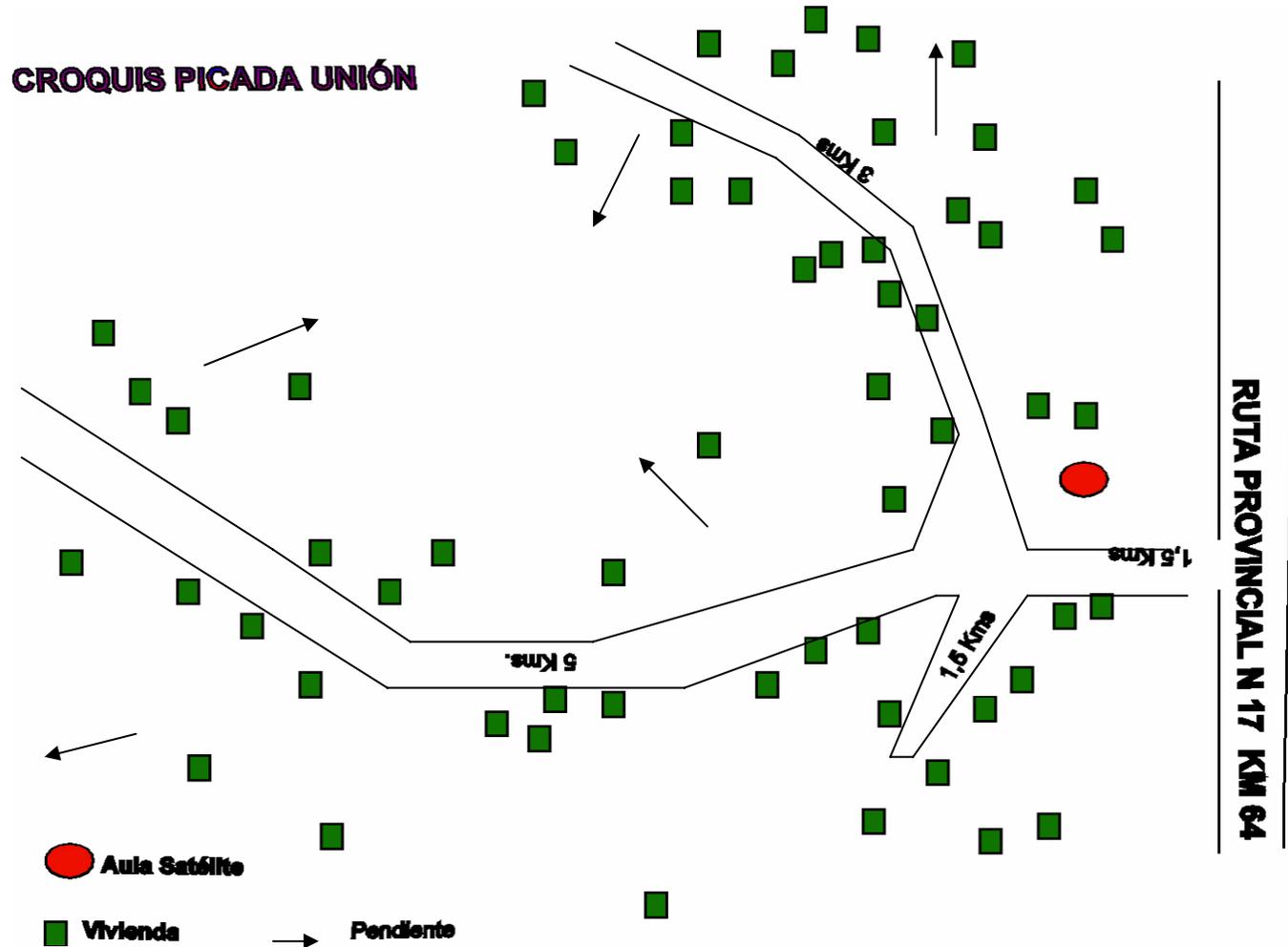


Figura 39 Esquema del Paraje Picada Unión.

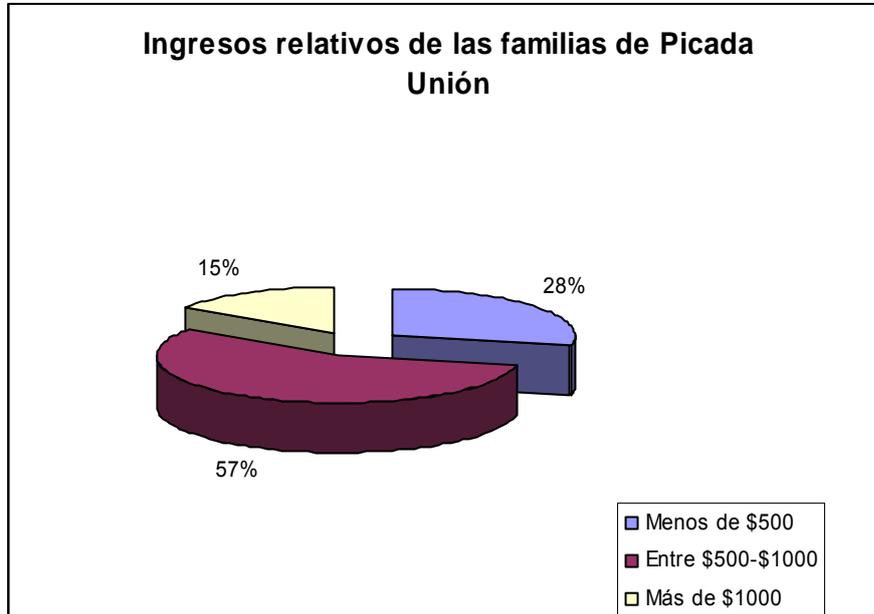


Figura 40 Distribución de ingresos mensuales.

- El 77% de los encuestados tiene estudios primarios completos.

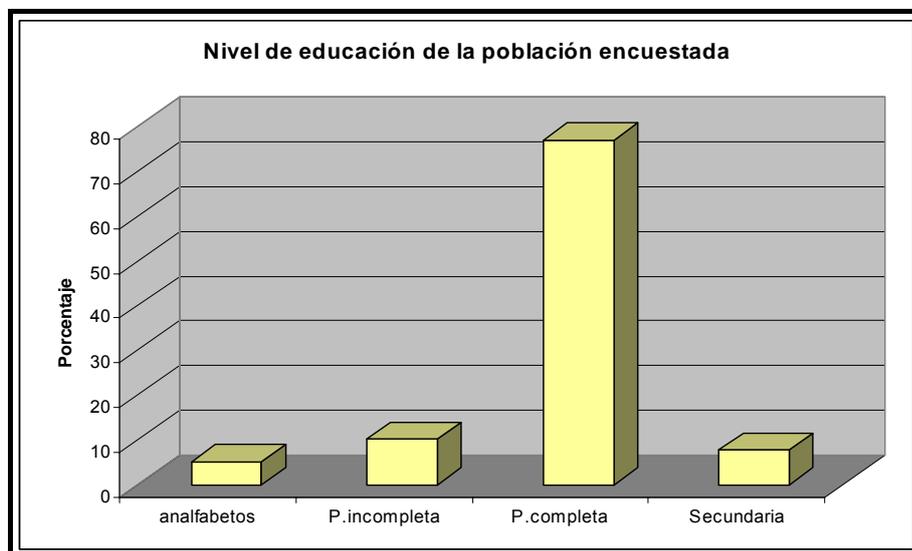


Figura 41 Distribución del Nivel de Educación.

**Situación actual de consumo de energía.**

Para analizar los aspectos relacionados con el consumo y la demanda energética actual de la población de Picada Unión hay que dividirla en dos categorías:

- La población que tiene generación propia con pequeños generadores nafteros o gasoleros el 30% y
- La población que no cuenta con generación eléctrica el 70%

Entre ambos grupos se puede establecer una fuerte diferenciación del equipamiento de las viviendas.

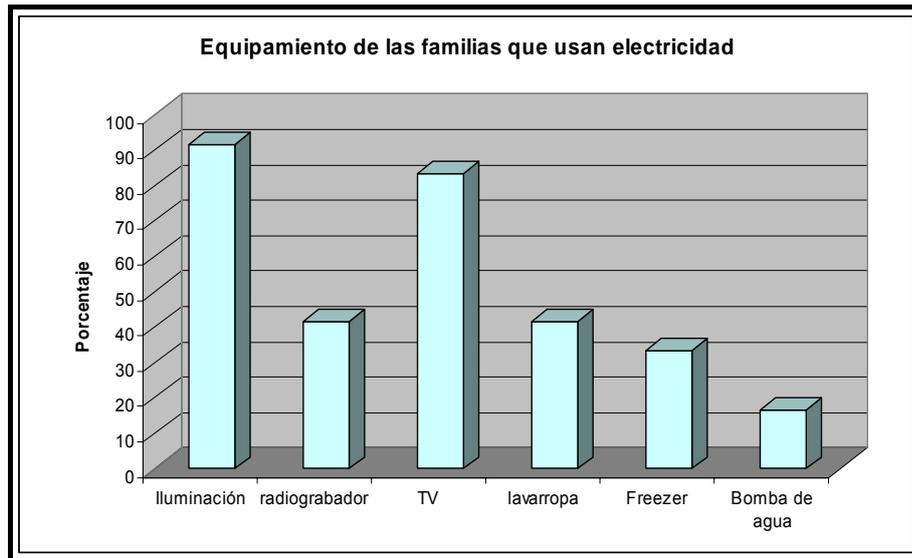


Figura 42 Equipamiento de las viviendas que cuentan con generación propia.

Las familias que cuentan con generación propia, disponen de televisión y frecuentemente de lavarropas, freezer y en ciertos casos bomba de agua. Las familias que carecen de generadores, además de iluminación, generalmente sólo cuentan con radiograbadores alimentados con pilas y tan sólo un 14% con TV a batería.

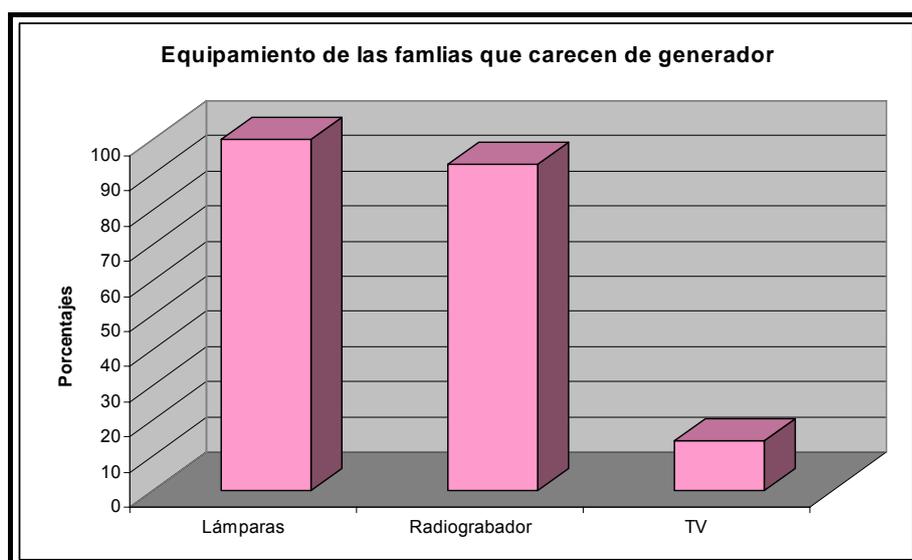


Figura 43 Equipamiento de las viviendas que carecen de generador.

En el siguiente gráfico se observa la distribución del gasto mensual de las familias de Picada Unión para satisfacer las necesidades de iluminación, comunicación social y de otros electrodomésticos

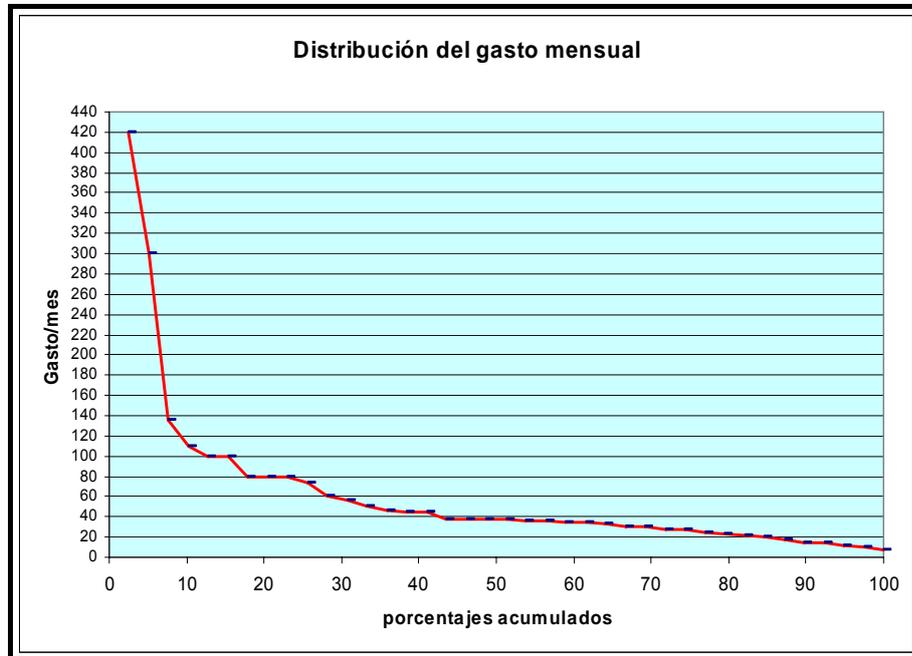


Figura 44 Distribución del gasto mensual de las familias de Picada Unión.

El 30% de las familias, las que cuentan con pequeños generadores a nafta o gasoil, tienen un gasto superior a los \$60 mensuales.

El 70% restante tiene un gasto promedio mensual de \$29.

Dicho gasto se compone en

- Un 36% para iluminación (gas licuado de petróleo y/o gas-oil/kerosene),
- Un 60% en pilas para el funcionamiento de radiograbadores, y
- Un 4% en carga de baterías para los televisores.

#### **Grado de aceptación del servicio propuesto.**

En forma unánime los habitantes de Picada Unión aceptan un servicio local de generación de energía eléctrica.

En general dicen conocer la tecnología y conocen casos en Brasil y en particular dan el ejemplo de Alto Paraná que actualmente genera electricidad “mejor que la red eléctrica que se corta muy seguido”.

En particular, los productores ven que disponer de generación eléctrica les dará la posibilidad de diversificar la producción y evitar de esta forma que sus ingresos dependan exclusivamente de los vaivenes del tabaco.

#### **Demanda potencial para usos productivos.**

Es de destacar que los productores ya presentaron a las autoridades provinciales dos proyectos productivos comunitarios para los que necesitan energía —eléctrica en uno y calórica en el otro. Se trata de:

1. Instalación de un pequeño silo para secar granos lo que les permitiría comercializar el maíz, porotos y soja.
2. Instalación de una pequeña cámara de frío para la comercialización de leche y lechones.

Además, las actividades que desean incorporar a nivel individual son:

1. Criaderos de pollos
2. Criaderos de lechones
3. Producción de leche
4. Producción de dulces y pickles

Para lo cual el equipamiento requerido es:

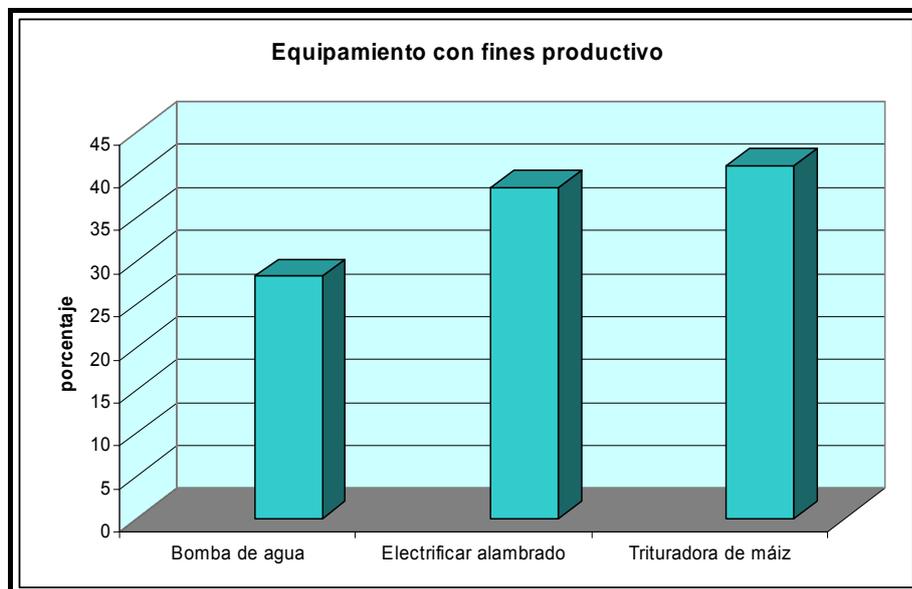


Figura 45 Requerimientos productivos.

El triturador de maíz consiste en un motor que tiene una potencia de entre 2,5 y 4 HP. En cuanto a la bomba de agua, que constituye una demanda generalizada en la encuesta, en algunos casos fue incorporada como una necesidad para mejorar la producción, pero en la mayoría de los casos fue considerada como una necesidad básica de la familia. Es decir que cumplirá las dos funciones: satisfacer las necesidades domésticas y de producción. Es por esta razón que debería considerarse necesaria en el 100 % de las familias.

***Demanda para usos domésticos.***

El 100 % de las familias requiere energía eléctrica para iluminación, con un promedio de 6 luminarias por vivienda.

Para comunicación social, el radiograbador es el que está presente en todos los hogares y luego lo más solicitado es la TV.

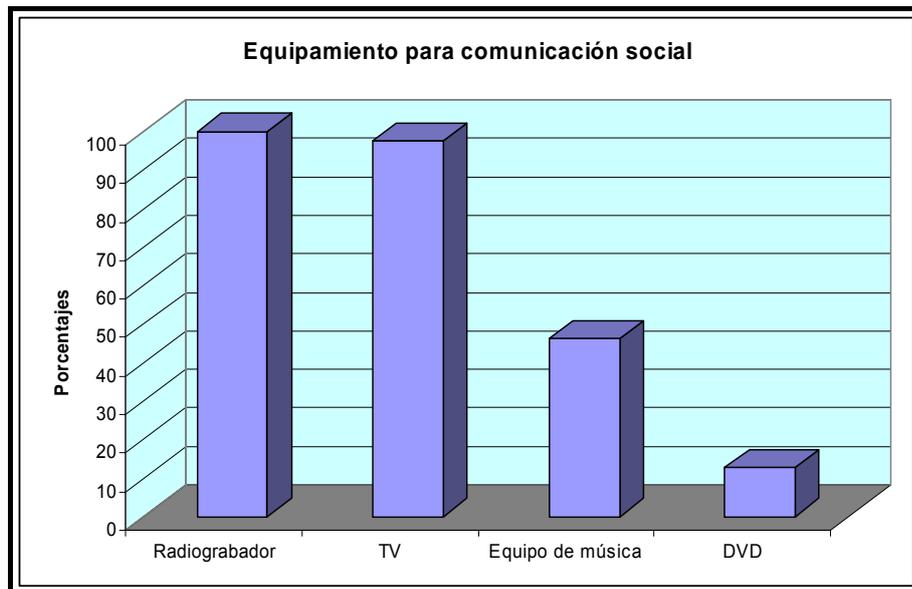


Figura 46 Requerimientos para comunicación social.

En cuanto a electrodomésticos, la heladera y el *freezer* se consideran indispensables por las condiciones climáticas de la zona.

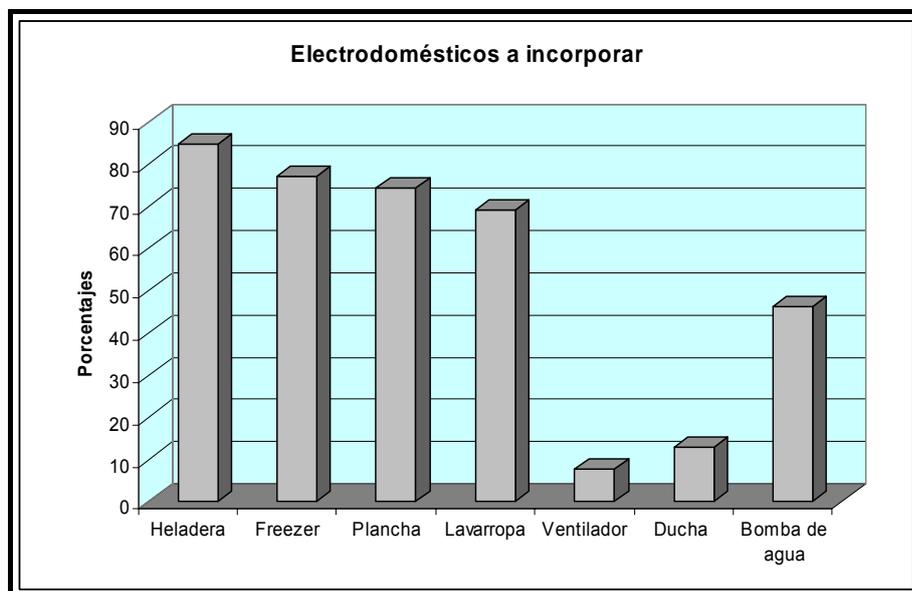


Figura 47 Electrodomésticos a incorporar.

**Disposición al pago.**

El total de las familias están dispuestas a pagar una tarifa de acuerdo a lo que consumen. Para ello solicitan la instalación de medidores.

El 82% prefiere que el pago sea mensual y que el mismo se realice en la planta de generación instalada en la Picada.

El 85% está dispuesto a pagar un derecho de conexión por única vez, de al menos \$150 en promedio.

### c) Evaluación de la demanda en las Comunidades Seleccionadas

En base al análisis realizado en las secciones anteriores, y teniendo en especial consideración el potencial uso de electricidad para micro-emprendimientos productivos, se ha hecho una estimación de la demanda a nivel individual y comunitaria.

**Tabla 13. Estimación de la Demanda.**

	Heladera eficiente de 150l; iluminación para 2 habitaciones, un ventilador y radio	Escuela	Salon Comunitario	Puesto sanitario	Casa Maestros	Jardin de Infantes	Bombeo de agua con caudal de 10000l/día y profundidad 10m y una cerca eléctrica con un perímetro de hasta 50Km	Bombeo de agua con caudal de 5000l/día y profundidad 50m y una cerca eléctrica con un perímetro de cerca de hasta 50 km/ Bombeo de agua con caudal de 20000l/d y profundidad 10m con cerca eléctrica de perímetro de hasta 50km	Camara de frio comunal	Molino con una productividad entre 100 y 120 Kg/h	Potencia a cada comunidad (kW)	Consumo para cada comunidad(Energía a Disposición) kWh/día
W	250	400	400	500	250	250	125	260	5000	1100		
Wh/día	1600	2000	1200	1000	1600	1600	1050	2050	17000	3800		
Misiones: Picada Union	Cantidad de usuarios 80	1					80	80	1	1	36,5	234,8
Corrientes: San Antonio	Cantidad de usuarios 32	1	1	1	1	1	32	32			13,8	92,2

Se han usado exactamente los resultados de las encuestas realizadas en cada comunidad. Se ha incluido una heladera, una bomba de agua y la posibilidad de alambrado electrico, aunque esta ultima carga es despreciable frente a las demás.

A nivel comunal se ha incluido la opción de un molino y una cámara de frio comunal para la Comunidad de Picada Union.

## **PREFACTIBILIDAD DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA DESCENTRALIZADA.**

El estudio de prefactibilidad para establecer un sistema de generación eléctrica descentralizada se realizó considerando, por una parte, los factores técnicos tales como los requerimientos de energía actuales y futuros (domésticos, comerciales y de pequeñas industrias), la posibilidad de abastecimiento de biomasa, la disponibilidad local o internacional de equipamientos aptos, etc.; y por otra parte los aspectos demográficos, sociales y económicos, tales como la distribución de la Comunidad, las posibilidades de esquemas de propiedad, gerenciamiento y operación de la planta, la posibilidad de pago de la electricidad por la Comunidad, el nivel de tarifas, etc.

### **1.23 Proyecto Técnico**

Se ha visto que existen diferentes tecnologías disponibles para el aprovechamiento energético de la biomasa. Sin embargo la disponibilidad técnica no puede definir en ningún caso la utilización o no de una cualquiera de ellas.

En cada caso particular de aplicación se analizó cuidadosamente qué tecnología se adapta mejor a las condiciones existentes. Los principales factores que determinaron la selección de la tecnología a emplear son:

- Las necesidades a satisfacer, que pueden ser no solamente técnicas sino también sociales.
  - Potencia eléctrica.
  - Vapor de proceso o para calefacción.
  - Otras.
- La disponibilidad de insumos y de equipamiento adecuado.
  - Combustible disponible.
  - Equipamiento disponible.
- La disponibilidad de recursos humanos, incluso en lo que hace a capacitación.
- El nivel de inversión y los costos de operación.
- La relación entre la inversión adicional en equipamiento y la mejora real de la eficiencia de operación.

Se ha visto que hay dos esquemas principales para el uso de la biomasa para producción de fuerza motriz y electricidad:

- i)** Sin requerimientos de vapor.
  - Gasificador y motor de combustión interna.
- ii)** Con requerimientos de vapor. (cogeneración)
  - Caldera y máquina de vapor. Para bajas potencias motor alternativo de vapor y para media y alta potencia turbina de vapor.

En las comunidades seleccionadas no hay requerimientos de vapor.

El impacto ambiental de la generación eléctrica es muy importante en estas zonas marginales, por lo que el consumo de biomasa es un parámetro extremadamente

importante a la hora de hacer la definición final de la tecnología a ser utilizada. También debe considerarse la confiabilidad del suministro, ya que la mejora en la calidad de vida lograda por la electrificación depende de la disponibilidad en tiempo y forma de la energía generada.

La tabla que sigue<sup>13</sup> muestra el volumen de material combustible necesario para la generación de 100 kWh.

Equipo	m <sup>3</sup> leña	kg leña	MJ	kWh leña	kWh	Eficiencia
Caldera y máquina de vapor	1.7	545	6.000	1.667	100	0.06
Gasificador	0.4	131	1440	400	100	0.25

Se ve que, a escala micro, la combustión directa tiene una eficiencia de 6% comparada con la eficiencia de la gasificación que es 25%, o sea que se necesita 4 veces más material biomásico para generar la misma cantidad de kWh. Para generar 100kWh de electricidad con gasificación se necesitarían 131 kg de leña, mientras que con combustión directa se necesitarían 545 kg.

Otra ventaja de los sistemas de gasificación es el relativo poco uso del agua en estos sistemas. Las grandes cantidades de agua necesarias para la combustión directa y máquina de vapor hacen necesario el uso de un tanque de almacenamiento significativo o de agua corriente.

En vista de lo anterior, un generador de gas de corriente descendente acoplado a un motor de combustión interna de funcionamiento dual (Diesel-gas) ha sido la tecnología más adecuada para generar energía proveniente de la biomasa en comunidades pequeñas aisladas, ubicadas en zonas marginales de alta vulnerabilidad ambiental, pero debe hacerse un estricto seguimiento social para evaluar su correcto uso y el impacto social en la comunidad.

Sin embargo, debe notarse que los gasificadores son sensibles al tamaño y contenidos de humedad del combustible. La calidad, tamaño y contenido de humedad del combustible son extremadamente importantes en los gasificadores. El costo del sistema incluye el sistema de procesamiento del combustible biomásico además del gasificador mismo, el equipo de acondicionamiento del gas y el motor diesel.

### 1.23.1 Abastecimiento de biomasa.

La propuesta de abastecimiento de biomasa para cada planta incluye la identificación del recurso biomásico con referencia a la dinámica de las condiciones locales, su costo y rendimiento (Ver Sección 1.22), el sistema de recolección, transporte y eventual secado del combustible, las instalaciones para el almacenamiento de la biomasa en la planta, y el sistema de manipuleo de la biomasa para su dimensionamiento, transporte interno y carga al generador.

<sup>13</sup> Ver [http://www.northwoods.org.uk/c.php/home/guidance & information/biomass conversion tables](http://www.northwoods.org.uk/c.php/home/guidance_%20&%20information/biomass_conversion_tables)

Se tomó como contenido energético de la leña (LHV, secada al aire hasta 35% de humedad) = 11 GJ/t (4,800 Btu/lb)

1 kilowatt-hora (kWh) = 3.6 megajoules (MJ) = 3.413 Btu

1 tonelada de leña chipeada (de completamente seca a un contenido de humedad de 50%) = 3 a 4 m<sup>3</sup> (esta relación no varía mucho con la humedad). O sea que 1 metro cúbico de leña chipeada contiene alrededor de 1.0 MWh (3.6 GJ)

**Tabla 14. Auxiliares para la preparación de la biomasa.**

Equipamiento de acondicionamiento de la biomasa		
i)	Chipeador de biomasa	Se deberá proveer un chipeador que satisfaga las necesidades de la planta.
ii)	Secador	Se deberá proveer un secador adecuado para controlar el contenido de humedad de la biomasa y llevarla a los niveles requeridos.

Se ha supuesto el establecimiento de un sistema de recolección, transporte y eventual secado del combustible, el diseño y construcción de instalaciones para el almacenamiento de la biomasa en la planta, y un sistema de manipuleo de la biomasa para su dimensionamiento, transporte interno y carga al generador. Para ello hay que tener en cuenta que será necesario alimentar 400 kg/día en el caso de la Provincia de Misiones y 300 kg/día en el caso de la Provincia de Corrientes.

Una vez recibida la biomasa en el sitio, esta será depositada en el patio de descarga donde será sometido a un control de calidad previo, descartándose o acondicionando los trozos que estén fuera de las medidas especificadas. Luego será transferida al chipeador, desde donde será acopiada en el área de almacenamiento, el que deberá estar debidamente acondicionado para el secado.

### 1.23.2 Proceso de generación de energía. Especificaciones técnicas.

#### a) Equipamiento de gasificación.

El sistema gasificador propuesto consumirá aproximadamente 50 kg/h de biomasa. En general existen dos configuraciones básicas posibles:

Configuración 1: El gas pobre generado es inyectado en un moto-generador diesel previamente adaptado para operar en modo dual diesel-gas.

Configuración 2: El gas pobre generado es inyectado en un moto-generador a gas.

La ventaja de la primera configuración es que se pueden usar generadores Diesel ya existentes, haciendo así un uso eficiente de recursos pre-existentes. La ventaja de la segunda configuración es que este sistema es más eficiente, aunque la adquisición de un moto-generador a gas encarecerá la propuesta.

En ambas configuraciones el modulo de generación de gas es el mismo. La tabla que sigue muestra sus distintos componentes.

**Tabla 15. Componentes del Módulo de Gasificación de Biomasa.**

Sub-sistema	Alcance del suministro	Cantidad
Reactor con unidad de extracción de cenizas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reactor revestido con cerámica, de alimentación superior</li> <li>Sistema de la extracción de cenizas instalado en la parte inferior del reactor</li> <li>Instrumentación para la medición de presión a la salida.</li> </ul>	1
Estructura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estructura adecuada para la operación del gasificador con una capa de pintura epoxy</li> <li>Cobertura para cubrir el gasificador (sin el generador)</li> </ul>	1
Sistema de enfriado y filtrado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de enfriado y limpieza para mantener la temperatura y calidad del gas</li> </ul>	1 juego

del gas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de recolección de agua a la salida del proceso de enfriado</li> <li>• Bomba de agua</li> <li>• Tubería completa</li> <li>• Filtro de tela y filtro de papel</li> </ul>	
Tratamiento del agua residual	Equipo de floculación, separación del lodo del agua y reciclaje	1 juego
Soplador	Soplador de acero ( pintado con epoxy) de alta calidad y con empaquetadura de sellado en el eje	1
Quemador piloto	Quemador de acero inoxidable con protección anti-llamas.	1
Tuberías	Tuberías resistentes a la corrosión para el gas y el agua, con todas las válvulas necesarias.	1
Sistema para la carga de la biomasa	Un sistema de guinche manual para manipular la biomasa.	1
Automatización	No incluida	-
Miscelánea	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un medidor de oxígeno como medida de seguridad</li> <li>• Manómetros en varias posiciones</li> </ul>	1 juego
Repuestos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repuestos esenciales del gasificador para un año de mantenimiento</li> </ul>	1 juego
Herramientas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramientas esenciales para el mantenimiento del gasificador</li> </ul>	1 juego
Manual de O & M	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un manual de operación y mantenimiento del generador detallado que se analizará durante la etapa de capacitación.</li> </ul>	1 copia

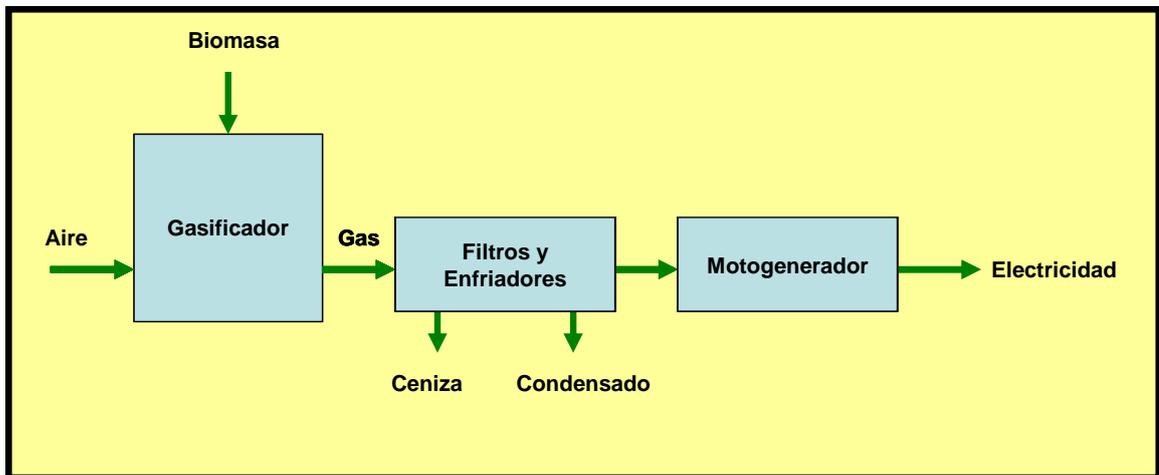
El gas pobre generado puede utilizarse tanto en motores de ciclo “Otto” como “Diesel”. Los motores de ciclo “Otto” solo pueden operarse con gas pobre al 100%, en tanto que los de ciclo “Diesel” deben operarse en modo “dual”, es decir con una mezcla de gas pobre y gas-oil. Este último requisito complica el uso del gas pobre en los motores Diesel, y en función de ello, los motores de ciclo “Diesel” consumen entre 10 y 25% de gas-oil.

La potencia máxima a obtener de los motores depende del poder calorífico del gas pobre, el porcentaje de gas-oil incorporado y las características propias del motor. La eficiencia de un motor Diesel operando en modo “dual” es generalmente hasta un 25 % menor que cuando se lo opera solo con gas-oil, aunque la eficiencia teórica sigue siendo la misma que cuando se opera con combustibles líquidos. Dependiendo del tipo y del tamaño, las eficiencias de pequeños motores Otto y Diesel se encuentra en el rango de 20 a 24% y 28 a 32% respectivamente.

#### **b) Descripción de la Planta.**

La planta descrita es un sistema de gasificación de 50 kWe con un generador eléctrico de 50 kVA a la salida de la bornera. La planta es operada manualmente.

Figura 48 Esquema de la planta de Generación.



Los componentes de la planta son:

- (A) Gasificador
- (B) Motogenerador eléctrico que consiste en un motor a gas (o Diesel), acoplado a un alternador y demás equipos eléctricos.
- (C) Auxiliares y repuestos

En la tabla siguiente se enumeran los datos técnicos y especificaciones del gasificador.

**Tabla 16. Especificaciones técnicas del gasificador.**

Parámetros	Detalles
Tipo de gasificador	Abierto arriba, con entrada de aire dual, flujo de gasificación hacia abajo capaz de ser instalado a la intemperie en un medio donde la temperatura no exceda los 15 °C.
Capacidad del gasificador	50 kWe
Consumo de biomasa	50 kg/h
Reemplazo de diesel	80%
Niveles de alquitrán y partículas después del enfriado y filtrado	<100 ppm
Poder calorífico y composición del gas generado	El poder calorífico promedio es $4,6 \pm 0,2$ MJ/kg Composición: CO: $20 \pm 1\%$ ; CH <sub>4</sub> : $2,0 \pm 0,5\%$ , H <sub>2</sub> : $20 \pm 1\%$ , CO <sub>2</sub> : $12 \pm 1\%$ y resto de N <sub>2</sub> .
Elementos estándares	Reactor, sistema de enfriado y filtrado, juego DG
Auxiliares	Cortador de biomasa y secadero
Biomasa utilizable	Todo residuo forestal-agrícola cuya densidad sea de más de 250 kg/m <sup>3</sup> y contenido de cenizas menor al 5%.
Tamaño del combustible de biomasa, mm	60 x 25 x 25 y una mezcla en las gamas mas bajas.
Contenido de humedad permitido	< 15%
Eficiencia en la conversión de biomasa a gas	80 %
Requerimientos del sitio de instalación	Una carpeta de cemento de 5 m x 6 m, para colocar el gasificador Un cuarto separado (con ventilación) de 4 x 3 x 2,5 m para el generador y su panel de control Un galpón para la preparación y almacenamiento de la biomasa 5 x 5 x 3 m Tanque de 5 m <sup>3</sup> para el agua que enfría el gas.
Requerimientos de agua, m <sup>3</sup> /h	5,0
Consumo propio, kWe	3,5

### c) Equipamiento de generación eléctrica.

El sistema de generación eléctrica consiste en:

- Un motor capaz de operar en modo dual, permitiendo ser alimentado con gas oil y también con gas que proviene del gasificador.
- Sistemas de Control

#### **Generador Eléctrico**

*La potencia del generador eléctrico debe ser compatible con el tamaño de motor. La capacidad del gasificador (en kg/hr) debe ser igual a la potencia del generador (en kW).*

Además el sistema de generación debe incluir:

- Sistema de puesta en marcha.
- Sistema de enfriamiento.
- Sistema de manejo del combustible.
- Sistema de escape.
- Sistema de monitoreo con alarma de emergencia basado en la presión del aceite, y temperaturas del refrigerante, de entrada de gas y de escape, etc.
- Todos los indicadores y testigos necesarios.

Dada la calidad del gas que se necesita para la correcta operación del generador, es esencial que el mismo sea de bajo contenido de alquitranes. Como se dijo antes, el equipamiento para la limpieza y acondicionamiento del gas debe ser provisto por el fabricante del gasificador.

Cuando el gasificador esta conectado al motor diesel, este funcionará en modo dual reemplazando el consumo de gas oil en un 70-80%. Así, dependiendo del tipo de generador, para generar una unidad de electricidad serán utilizados 0.08-0.1 litros de gas oil y entre 0.9-1 kg de biomasa forestal.

**Panel de control:**

El generador debe estar equipado con un panel de control que incorpore:

- Amperimetro
- Voltmetro
- Medidor de potencia
- Frecuencimetro (45-55Hz)
- Medidor de horas de operación
- Fusibles

Todos los instrumentos, controles, indicadores lumínicos y sistemas de seguridad deberán estar contenidos en un gabinete montado sobre una base de fundación.

**d) Distribución de electricidad.**

La salida de la planta de generación alimentada con biomasa se conectara a una mini red de baja Tensión que será diseñada e instalada por la empresa eléctrica correspondiente. Se instalarán medidores en cada casa residencial.

**1.23.3 Dimensionamiento de la planta.**

Las dos plantas de generación han sido diseñadas teniendo en cuenta la demanda calculada en la sección 1.22.2c).

Se ha tenido en cuenta un factor de simultaneidad del 50% para calcular la potencia de diseño y un factor de simultaneidad del 70% para calcular la demanda de diseño. Estos valores se encuentran entre los parámetros esperados para comunidades similares a las estudiadas en este caso. Los valores obtenidos para cada comunidad se encuentran en la tabla siguiente:

**Tabla 17. Potencia de cada Planta.**

Microrred		Misiones Picada Union	Corrientes San Antonio
Demanda energía a disposición	kWh/día	234,8	92,2
Potencia	kW	36,5	13,8
Factor de utilización	Fu	70 %	70 %
Factor de simultaneidad	Fs	50 %	50 %
Potencia de diseño	kW	18	10
Demanda de diseño	kWh/día	279	110
Capacidad del gasificador	kg/hr	33	22
Capacidad del gasificador	kg/kWh	1,1	1,1
Potencia de Grupo electrogeno asociado	kWe	30	20

La selección de estos gasificadores tiene consecuencias en cuanto al consumo de diesel y de biomasa. En la tabla siguiente se encuentran los valores de consumo de gas oil y biomasa por día.

**Tabla 18. Consumo de Gas oil y Biomasa.**

Microrred con biomasa	Consumo del Grupo electrogeno (modo dual) [l/kWh]	Consumo del Grupo electrogeno (modo dual) [l/día]	Consumo biomasa (t/día)	Consumo biomasa (t/año)
Misiones Picada Union	0,1	23,48	0,3	94
Corrientes San Antonio	0,1	9,22	0,1	37

#### 1.23.4 Preparación del sitio de instalación.

Se debe construir un galpón para albergar el gasificador, el equipo diesel dual o el motor a gas y el generador eléctrico de acuerdo a las especificaciones técnicas apropiadas. Se debe construir también un tanque de agua, un depósito para la biomasa y otro depósito para equipos mecánicos-eléctricos. Se deben dejar espacios para la carga y descarga de la biomasa. En todos los casos, serán provistos planos adecuados durante los cursos de capacitación que se darán en caso de adoptarse esta tecnología.

Durante la instalación y puesta en marcha de la planta se requerirá disponer de:

1. Elevador a cadena de 2,0 t de capacidad con trípode para 5 m de altura.
2. Polea con cable.
3. Malacate de 1,0 t de capacidad para movimiento de materiales.

La preparación del sitio requerirá realizar los siguientes trabajos:

- Una platea de concreto de 5 m x 10 m y una carga distribuida de 4 t.
- Un recinto separado, con ventilación, que mida 4 x 3 x 2.5 m para albergar el motogenerador y el panel de control.
- Un recinto para el almacenaje y preparación de la biomasa que mida 5 x 5 x 4 m.
- Un tanque de agua de 5 m<sup>3</sup> de capacidad.

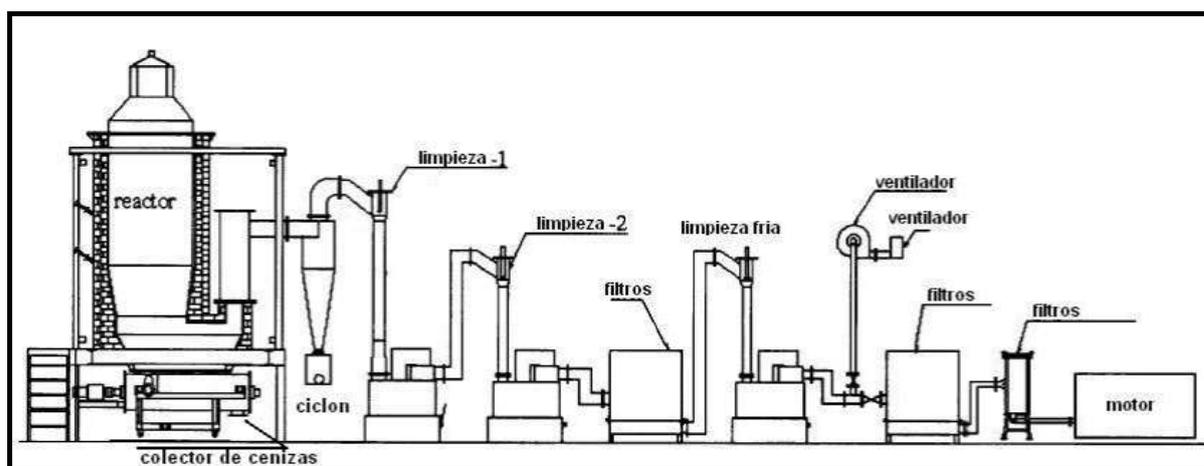


Figura 49. Esquema de la Planta de la Instalación.

También deberá preverse alguna fuente temporal de electricidad para iluminar el predio en obra, permitir efectuar soldaduras eléctricas y/o operar herramientas eléctricas.

El suministro de agua requerirá un estanque de 5 m<sup>3</sup> de capacidad, que pueda renovar el agua completamente cada 15 días, durante la operación del gasificador.

Respecto a los requerimientos de mano de obra en el lugar para el montaje y la puesta en marcha, pueden mencionarse un electricista, un soldador y un plomero/gasista. Asimismo, los técnicos seleccionados para la operación posterior de la planta deberán estar presentes para recibir el “*training on the job*” necesario.

## 1.24 Análisis Económico.

La evaluación económica de los gasificadores de pequeña escala se basa generalmente en el ahorro que puede ganarse al reemplazar un combustible líquido —de elevado costo— por combustibles de biomasa, generalmente de bajo o nulo costo.

En los sistemas de generación basados en combustibles líquidos, el mayor costo operativo es el combustible. El ahorro obtenido mediante su reemplazo debe contrastarse con los mayores costos de inversión, mano de obra y otros costos operativos y de mantenimiento requeridos por el uso de biomasa, como así también con la baja de eficiencia del sistema.

Una forma de evaluar los beneficios y perjuicios de cada alternativa es la de comparar sus costos de generación unitarios y a la vez evaluar las tasas de retorno financiera y económica de cada opción, en base a las inversiones requeridas.

Los costos de capital a considerar son:

- Costos del sistema de manejo del combustible, gasificador, sistema de limpieza del gas y otros equipos auxiliares y de control.
- Costo del motor (Otto o Diesel) y sus equipos auxiliares y de control.
- Costo del generador, bomba de agua o compresor.
- Costos de fletes, seguros, montaje y obra civil.

Los datos de costos indican que los gasificadores importados tienden a ser más caros que los fabricados localmente. En ambos casos, sin embargo, los sistemas más caros generalmente dan mejores resultados técnicos.

Los costos operativos, a su vez, incluyen:

- Costos de mano de obra directa e indirecta.
- Costos de combustible.
- Costos de mantenimiento (insumos y mano de obra).

Debe evitarse la situación en la cual operar un gasificador sea más caro que utilizar un motor Diesel de la manera convencional. Esta es la más frecuente causa de fracaso, y se da cuando el combustible de biomasa tiene un alto costo (incluyendo su recolección, transporte, secado, dimensionamiento, etc.), las inversiones son muy altas, el gas-oil tiene un precio muy bajo o bien las horas de operación son muy reducidas.

Un parámetro útil para evaluar la conveniencia económica de la utilización de un gasificador es calcular el precio de equilibrio que debe tener el gas-oil para generar electricidad con el mismo costo que el sistema gasificador. Los tres elementos que influyen en mayor medida este precio de equilibrio son el costo del gasificador, las horas por año a plena carga del sistema y el costo de la biomasa cargada.

#### **1.24.1 Estimación de los recursos humanos para la operación y mantenimiento del emprendimiento.**

La operación adecuada de un sistema de gasificación requiere entrenamiento y experiencia. La mano de obra requerida para operar un sistema de gasificación es muy diferente de la necesaria para operar una planta diesel de potencia equivalente.

Esta diferencia no es solo cuantitativa sino también cualitativa. Durante la operación, el encargado debe revisar frecuentemente varios medidores de presión y temperatura y usar esa información para tomar decisiones acerca de la carga de combustible, sacudir las parrillas, desbloquear los filtros y ajustar válvulas.

Al fin de la operación diaria, el operador debe limpiar el equipo y los filtros de cenizas y polvo. También debe encargarse de la preparación y control de calidad del combustible. Todos estos elementos hacen que, a diferencia de caso del motor Diesel convencional, en el cual el operador puede realizar también otras tareas, el operador de un gasificador debe ser un empleado *full-time*.

El encargado de la planta, además de tener motivación y disciplina, debe ser capaz de reaccionar adecuadamente frente a los parámetros del sistema y tener un apropiado entrenamiento para hacerlo acertadamente. Por lo tanto, además de un período inicial de entrenamiento, el operador deberá recibir apoyo técnico continuo durante al menos un año.

### 1.24.2 Estimación de los costos de adquisición de las plantas de generación.

A estos efectos se deberán evaluar los costos del sistema de manejo del combustible, el gasificador y su sistema de limpieza del gas, los otros equipos auxiliares y de control, el costo del motor (Otto o Diesel) y sus equipos auxiliares y de control, el costo del generador, bomba de agua o compresor y los costos de fletes, seguros, obra civil y montaje.

Los elementos para el cálculo de estos costos se incluyen en los apartados:

#### 1.23.1 Abastecimiento de biomasa.

H.1.H.1 Gasificadores. Datos de los Proveedores Identificados.

H.1.H.2 Motogeneradores. Datos de los Proveedores Identificados.

### 1.24.3 Costos operativos y de mantenimiento de las plantas.

Hay dos tipos de costos de operación y mantenimiento de las plantas:

- Costos de combustible.
  - Hay dos tipos de combustibles involucrados. El gas oil y la biomasa. Cada uno tiene su costo, que está relacionado con el consumo anual que expresa la **Tabla 18**. Se ha supuesto un costo del gas oil de 2,10 \$/litro y el costo de la biomasa en 0,85 \$/kg.

El costo de la biomasa se ha calculado en base al costo del residuo forestal incluyendo el costo del transporte al sitio de la planta.

- Costos Fijos de Mantenimiento (insumos y mano de obra).

Estos costos incluyen los repuestos y la mano de obra para el mantenimiento rutinario. Para el mantenimiento se necesitarán aproximadamente 8 días-hombre por mes. Se estima este costo fijo en el 6% de la inversión inicial por año.

### 1.24.4 Evaluación Económica de la Instalación.

En función de la Estimación de la Demanda, la Potencia de cada Planta y el Consumo de Gasoil y Biomasa, se han determinado los costos de inversión y operativos necesarios para evaluar económicamente los proyectos.

#### a) Misiones: Picada La Unión.

Tabla 19. Inversiones en Misiones: Picada La Unión.

Inversiones		
Generador	US\$	17.250
Obra Civil	US\$	15.000
Gasificador	US\$	12.000
Red distribución	US\$	78.540
<b>TOTAL CAPITAL</b>	<b>US\$</b>	<b>122.790</b>

En la tabla anterior se detallan el monto de la inversión necesaria para el Proyecto en “Picada La Unión, en la Provincia de Misiones Discriminado por grandes rubros como generador eléctrico; obra de construcción de un cobertizo adecuado para alojar las instalaciones y acopio parcial de biomasa; gasificador y todos sus componentes y la distribución de energía.

La tabla siguiente refleja los gastos de operación y mantenimiento durante la vida útil del proyecto

**Tabla 20. Gastos de Operación y Mantenimiento durante el ciclo de vida.**

Gastos O&M	Año	0	1	2	3	4	5	6	7
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Costos fijos M&O&M	US\$	6.140	6.354	6.577	6.807	7.045	7.292	7.547	7.811
Costos diesel	US\$	5.999	6.209	6.426	6.651	6.884	7.125	7.374	7.633
Costos biomassa	US\$	2.828	2.927	3.030	3.136	3.245	3.359	3.477	3.598
Total combustible	US\$	8.827	9.136	9.456	9.787	10.130	10.484	10.851	11.231
<b>TOTAL G de O&amp;M</b>	US\$	14.967	15.491	16.033	16.594	17.175	17.776	18.398	19.042

8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
8.085	8.368	8.660	8.963	9.277	9.602	9.938	10.286	10.646	11.018	11.404	11.803	12.216
7.900	8.176	8.462	8.759	9.065	9.382	9.711	10.051	10.402	10.767	11.143	11.533	11.937
3.724	3.854	3.989	4.129	4.274	4.423	4.578	4.738	4.904	5.076	5.253	5.437	5.627
11.624	12.031	12.452	12.888	13.339	13.806	14.289	14.789	15.306	15.842	16.397	16.971	17.564
19.708	20.398	21.112	21.851	22.616	23.407	24.227	25.075	25.952	26.861	27.801	28.774	29.781

La tabla siguiente indica el costo total anual a lo largo de la vida útil del Proyecto, incluyendo la inversión inicial.

**Tabla 21. Costo Total Anual durante el ciclo de vida.**

TOTAL COSTES CICLO DE VIDA (CCV)	Año	0	1	2	3	4	5	6	7
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	US\$	137.757	15.491	16.033	16.594	17.175	17.776	18.398	19.042

8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
19.708	20.398	21.112	21.851	22.616	23.407	24.227	25.075	25.952	26.861	27.801	28.774	29.781

Por su parte, los Costos Normalizados, en función de de los datos obtenidos en las tablas anteriores son:

**Tabla 22. Costos normalizados Misiones: Picada La Unión.**

Costos normalizados - Misiones		
Tasa de descuento	11%	
Valor actual (LCC)	296.768	US\$
Valor Actual Energía	692.050	kWh
Costo normalizado energía	0,429	US\$/kWh
Costos POR USUARIO	36,01	US\$/usuario/mes
Valor actual POR USUARIO	3.491	US\$/usuario

**b) Corrientes: San Antonio.**

El paraje seleccionado en Corrientes es San Antonio. La tabla siguiente indica el monto de la inversión, abierto en sus principales rubros, tales como generador eléctrico; obra de construcción de un cobertizo adecuado para alojar las instalaciones y acopio parcial de biomasa; gasificador y todos sus componentes y la distribución de energía.

**Tabla 23. Inversiones en Corrientes: San Antonio.**

Inversiones		
<b>Generador</b>	US\$	9.000
<b>Obra Civil</b>	US\$	15.000
<b>Gasificador</b>	US\$	6.000
<b>Red distribución</b>	US\$	37.000
<b>TOTAL CAPITAL</b>	<b>US\$</b>	<b>67.000</b>

La tabla siguiente indica los costos de operación y mantenimiento calculados para la vida útil del Proyecto

**Tabla 24. Gastos de Operación y Mantenimiento durante el ciclo de vida.**

Gastos O&M	Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Costos fijos M&O&M	US\$	3.350	3.467	3.589	3.714	3.844	3.979	4.118	4.262	4.411
Costos diesel	US\$	2.356	2.438	2.523	2.612	2.703	2.798	2.896	2.997	3.102
Costos biomasa	US\$	1.111	1.149	1.190	1.231	1.274	1.319	1.365	1.413	1.462
Total combustible	US\$	3.466	3.588	3.713	3.843	3.978	4.117	4.261	4.410	4.564
<b>TOTAL G de O&amp;M</b>	US\$	6.816	7.055	7.302	7.557	7.822	8.096	8.379	8.672	8.976

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
4.566	4.726	4.891	5.062	5.239	5.423	5.612	5.809	6.012	6.223	6.440	6.666
3.211	3.323	3.439	3.560	3.684	3.813	3.947	4.085	4.228	4.376	4.529	4.687
1.514	1.567	1.621	1.678	1.737	1.798	1.861	1.926	1.993	2.063	2.135	2.210
4.724	4.890	5.061	5.238	5.421	5.611	5.807	6.010	6.221	6.439	6.664	6.897
9.290	9.615	9.952	10.300	10.660	11.033	11.420	11.819	12.233	12.661	13.104	13.563

**Tabla 25. Costo Total Anual durante el ciclo de vida.**

TOTAL COSTES CICLO DE VIDA (CCV)	Año	0	1	2	3	4	5	6	7
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	US\$	73.816	7.055	7.302	7.557	7.822	8.096	8.379	8.672

8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
8.976	9.290	9.615	9.952	10.300	10.660	11.033	11.420	11.819	12.233	12.661	13.104	13.563

La tabla anterior refleja el total de la inversión y gastos de operación y mantenimiento a lo largo del ciclo de vida del proyecto y con los cuales se obtienen los Costos Normalizados que determinan la viabilidad del Proyecto.

**Tabla 26. Costos normalizados. Corrientes: San Antonio**

Costos normalizados. Corrientes: San Antonio		
Tasa de descuento	11%	
Valor actual	146.234	US\$
Valor Actual Energía	271.750	kWh
Costo normalizado energía	0,538	US\$/kWh
Costos POR USUARIO	40,76	US\$/usua/mes
Valor actual POR USUARIO	3.952	US\$/usuario

### 1.24.5 Diseño de la estructura tarifaria y cargos de conexión.

La evaluación económica de los gasificadores de pequeña escala se basa en el ahorro que puede ganarse al reemplazar un combustible líquido —de elevado costo— por combustibles de biomasa, generalmente de bajo o nulo costo.

En los sistemas de generación basados en combustibles líquidos, el mayor costo operativo es el combustible. El ahorro obtenido mediante su reemplazo debe contrastarse con los mayores costos de inversión, mano de obra y otros costos operativos y de mantenimiento requeridos por el uso de biomasa, como así también con la baja de eficiencia del sistema.

Una forma de evaluar los beneficios y perjuicios de cada alternativa es la de comparar sus costos de generación unitarios y a la vez evaluar las tasas de retorno financiera y económica de cada opción, en base a las inversiones requeridas.

Un parámetro útil para evaluar la conveniencia económica de la utilización de un gasificador es calcular el precio de equilibrio que debe tener el gas-oil para generar electricidad con el mismo costo que el sistema gasificador. Los tres elementos que influyen en mayor medida este precio de equilibrio son el costo del gasificador, las horas por año a plena carga del sistema y el costo de la biomasa cargada.

En función de la Estimación de la Demanda, la Potencia de cada Planta y el Consumo de Gasoil y Biomasa, se han determinado los costos de inversión y operativos necesarios para evaluar económicamente los proyectos.

En relación a diseño de la estructura tarifaria y cargos de conexión, ésta se calculó a partir del costo del kWh. Los eventuales subsidios a la inversión inicial se han tenido en cuenta al calcular el costo del kWh., final. La tabla siguiente muestra los resultados obtenido para tres escenarios de subsidio posibles.

	Misiones		Corrientes	
	US\$/Kwh.	US\$/mes	USD/Kwh.	US\$/mes
Tarifa c/subsidio a la Inversión Inicial 0%	0.429	36.01	0.538	40.76
Tarifa c/subsidio a la Inversión Inicial 50%	0.289	24.27	0.343	25.98
Tarifa c/subsidio a Inversión Inicial 100%	0.148	12.43	0.148	11.21

**Tabla 27. Planilla de tarifas y subsidios sugeridos**

Aun con subsidios del 100% a la inversión inicial, los cargos mensuales son muy elevados en relación con el servicio obtenido. Téngase en cuenta que la tarifa del sistema convencional rural es del orden de 12-15 \$/mes para un potencial energético muy superior.

Para adecuar la capacidad de pago general y respetar los principios de equidad, se recomienda subsidiar el 100% de la inversión inicial y del orden del 60% del cargo mensual de manera tal que el cargo mensual por habitante rural sea igual para toda la población, independientemente del método de generación eléctrica.

Este nivel tarifario respeta el principio de equidad, es decir, mantener una relación apropiada entre un poblador conectado al servicio rural, que tiene acceso a utilizar diferentes electrodomésticos y pequeños motores (aunque con baja calidad de servicio) y paga por ello entre 12 y 15 \$/mes ya sea por estar conectado a la red eléctrica o por estar conectado a la mini-red con generación de biomasa aquí propuesta

#### 1.24.6 Organización.

La propuesta se basa en que las empresas eléctricas participen de la capacitación de dos personas de la comunidad, una para trabajar *full time* y la otra *part time*, para que se hagan cargo de la operación y mantenimiento de la planta. Estas personas deberían ser remuneradas y entre sus funciones estaría:

- Recepción, acondicionamiento y almacenamiento de la biomasa.
- Encendido del gasificador.
- Mantenimiento y limpieza del gasificador.
- Cobro mensual de los cargos por el servicio.
- Eventual operación de las cargas comunales (Molino, Cámara de Frío, etc.)
- Búsqueda de la biomasa con un camión puesto a disposición por la empresa.

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

A lo largo de este estudio se han podido detectar aspectos relevantes relacionados con la posibilidad y conveniencia de implementar sistemas de generación de energía comunitaria para comunidades aisladas —utilizando los recursos biomásicos del lugar o de áreas aledañas— que surgieron como conclusión del trabajo realizado.

Tal como se desprende del informe, los sitios que fueron seleccionados son, para la Provincia de Corrientes el “**Paraje San Antonio Isla**” y para Misiones el paraje denominado “**Picada La Unión**”, la información obtenida en los relevamientos de campo, cruzada con los datos de base disponibles, permitieron concluir que dichas comunidades son adecuadas para llevar adelante un proyecto piloto de generación.

Cabe destacar que éste análisis fue completado con el aporte y la discusión indispensable con las autoridades provinciales en la materia, lo que permitió —sin dudas— abordar todas las temáticas económicas, sociales y locales de los sitios bajo estudio y que hacen a la problemática estudiada, de manera de tener un adecuado enfoque, tanto en lo particular como en lo general.

#### 1.25 CONCLUSIONES.

1. La metodología desarrollada para el proceso de selección de sitios y del tipo de tecnología propuesta, surgió de la combinación de todos los factores vigentes y

fueron evaluados bajo la premisa de que los proyectos fueran “replicables” en sitios de similares características.

Se encontró que esta condición de “replicabilidad” es factible, aunque podría estar limitada en áreas cuya población rural tenga un alto grado de dispersión, sean ocupantes ilegales en tierras privadas o se trate de población intersticial al tendido eléctrico que, por carecer de recursos económicos, no tiene acceso al mismo. Esto, deberá compatibilizarse, también, con el análisis del mapa de disponibilidad del recurso biomásico, tal como se sugiere en este estudio.

2. El estudio pone claramente de manifiesto también que el modelo de gestión que se adopte debe ser del tipo “participativo”

Este modelo supone trabajar con la comunidad e involucrar a sus integrantes en el proceso de electrificación, de manera de lograr la internalización del sistema y de la tecnología puesta a su disposición.

En condiciones apropiadas, la participación supone una estrategia genuina, que conduce a gerenciar con excelencia. Frente a los modelos de organización tradicionales (burocráticos, paternalistas) el modelo participativo da los resultados más equilibrados y duraderos, ya que influye en la adquisición de nuevas habilidades organizacionales y destrezas por parte de los miembros de la comunidad y en el fortalecimiento de la organización comunitaria, permitiendo el desarrollo de la iniciativa individual y de grupos.

La participación no debe limitarse a algunas etapas del proyecto, pues su efectividad aumenta y el compromiso de las partes es mayor, cuando está presente en todo el ciclo del proyecto, incluido su desarrollo posterior. En cada una de sus etapas, diseño, gestión, monitoreo, control, evaluación, la participación añade “plus” prácticos, y limita los riesgos usuales de abandono de la innovación introducida si la comunidad logra una internalización eficiente de la misma.

3. El seguimiento del proyecto durante un tiempo prolongado será imprescindible para lograr que el mismo sea exitoso. Un seguimiento periódico del funcionamiento del proyecto, tanto en la fase técnico-operativa, como en el desenvolvimiento del núcleo comunitario, permitirá asegurar la sustentabilidad del mismo.
4. El sistema de generación propuesto, tanto en sus aspectos técnico-operativos por el tipo de combustible a utilizar; como en el modelo de tipo participativo, requiere necesariamente la implementación de un plan efectivo de “capacitación comunitaria”, orientado específicamente, en el plano social-comunitario a los procesos de organización de la autogestión, cooperación y responsabilidad y participación comunitaria. En lo técnico operativo, hacia el conocimiento y manejo de los equipos; la operación propiamente dicha de la planta; el mantenimiento y cuidado en general de las instalaciones
5. El recurso biomásico elegido, es importante a la hora de analizar los sitios, teniendo en cuenta lo que se mencionó más arriba. El uso de cáscara de arroz o residuos de criaderos de animales (camas de criaderos de pollos o *feed lots*), significará una barrera importante en cuanto a costos y la logística requerida para su aprovisionamiento, debido a los volúmenes y transporte requerido, en especial, teniendo en cuenta que, por lo general, estos recursos están disponibles en áreas industrializadas, bajo red.
6. El sistema de generación propuesto, mediante el uso del proceso de “gasificación”, es abordado en el apartado 8, donde, a través de un análisis comparativo detallado

con el otro sistema factible —caldera y máquina de vapor— se concluye como más apto el de gasificación y, por lo tanto es el que se recomienda. La infraestructura e instalación de la “planta” es muy simple y no requiere suministro significativo de agua como base del proceso

7. En función de los datos relevados sobre las comunidades, sus posibilidades y recursos económicos, el modelo propuesto requiere para que sea viable un plan de subsidios, tanto para la inversión como para las tarifas, según las sugerencias formuladas en 8.2.5.-

## 1.26 RECOMENDACIONES

Se ha concluido que los sistemas propuestos son factibles de ser implementados en los parajes seleccionados para ambas provincias, como así también de su condición de replicables, extrapolando la metodología de análisis y evaluación utilizada, con las limitaciones mencionadas en el punto 1. del apartado anterior.

Se ha puesto de manifiesto además el carácter participativo y comunitario de los proyectos, lo que los hace sumamente interesantes en el plano social-comunitario para Proyectos del PEMER.

La tecnología propuesta está ampliamente difundida y con óptimos resultados, comprobados en el mundo, para este tipo de comunidades aisladas.

Por todo lo expuesto, se formulan las siguientes recomendaciones:

- Ratificar las comunidades seleccionadas para la implementación de los Proyectos Piloto
- Aprobar la tecnología sugerida y el tipo equipamiento e instalaciones propuestos
- Considerar una inversión y estructura tarifaria que contemple un plan de subsidios de:
  - 100% de la inversión inicial
  - 60% de las tarifas (ver cuadro)
- Pasar a la fase de implementación efectiva, avanzando sobre:
  - ✓ Desarrollo de Términos de Referencia (TDR's) para la selección de proveedores e implementación.
  - ✓ Desarrollo de un “Plan de Capacitación”, con módulos específicos dedicados a:
    - Concientización y cooperación comunitaria.
    - Autogestión y organización.
    - Capacitación técnica para operación, mantenimiento y cuidado de las instalaciones.
    - Plan de Seguimiento y control a través del tiempo



Power

**Sustainable  
Development  
Advisors**



## ANEXOS

## ANEXO A: PROCESOS TERMOQUIMICOS DE CONVERSION DE LA BIOMASA

La tecnología a emplear para la conversión en energía de la biomasa “seca” deberá ser elegida en función de su disponibilidad comercial, su costo inicial y de operación, su simpleza y confiabilidad de utilización, el requerimiento de capacitación del personal necesario para su implementación y manejo, etc.

Asimismo, deberán tenerse en cuenta las necesidades a satisfacer (fuerza motriz, calor y fuerza motriz) y la materia prima disponible o potencialmente obtenible (características del combustible, porcentaje de humedad, eventuales contaminantes y residuos, etc.). Hay otros insumos que también pueden condicionar el uso de una u otra tecnología (disponibilidad de agua, materiales de mantenimiento, mano de obra, etc.). Estos aspectos serán tratados con mayor detalle mas adelante.

Las tecnologías que se describen brevemente en este capítulo son:

- Gasificación.
- Combustión y Generación de vapor.

### A.1. Comparación

A continuación se realiza una comparación preliminar de algunas de las características de las tecnologías mencionadas:

Combustión Directa	Gasificación
<p>Existen tecnologías muy desarrolladas y probadas para la generación de energía mecánica o eléctrica a través de la combustión de biomasa para producir vapor, que es luego utilizado en turbinas o motores alternativos.</p> <p>Mientras que para motores el rango de potencias disponibles va desde aproximadamente 50 kWe a 1 MWe, para turbinas el rango se extiende de 0.5 MWe hasta más de 500 MWe.</p> <p>Dado que la eficiencia eléctrica neta de los sistemas de combustión de biomasa es generalmente de menos del 9%, la combustión es generalmente utilizada cuando existe también requerimiento de vapor industrial.</p> <p>Emissiones: NOx, CO, partículas</p> <p>Tecnología muy desarrollada</p> <p>Baja eficiencia en sistemas de pequeñas escalas (&lt;0.5MWe)</p>	<p>Mayor eficiencia térmica que los sistemas de combustión; &gt;30%</p> <p>El gas de combustible (CO + H<sub>2</sub> + CH<sub>4</sub>) se puede utilizar en motores de combustión interna, específicos para este uso o modificados.</p> <p>Bajo costo de instalación</p> <p>Emissiones (NOx) en baja escala</p> <p>Requerimientos del gas para evitar fallas en los equipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo alquitrán</li> <li>• Bajo tamaño y contenido de partículas (&lt;2 micrón)</li> <li>• Ausencia de gases ácidos (H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, HCN, HCl)</li> </ul> <p>La gasificación de la biomasa seguida de la combustión del gas producido en motores adecuados, ofrece una buena alternativa para producir energía eléctrica a partir de biomasa en muy pequeñas potencias.</p>

**Tabla A1 Características comparativas de los sistemas de combustión y gasificación para generar electricidad.**

La Figura A1, a su vez, compara las eficiencias de los distintos procesos para generar electricidad con estas tecnologías.

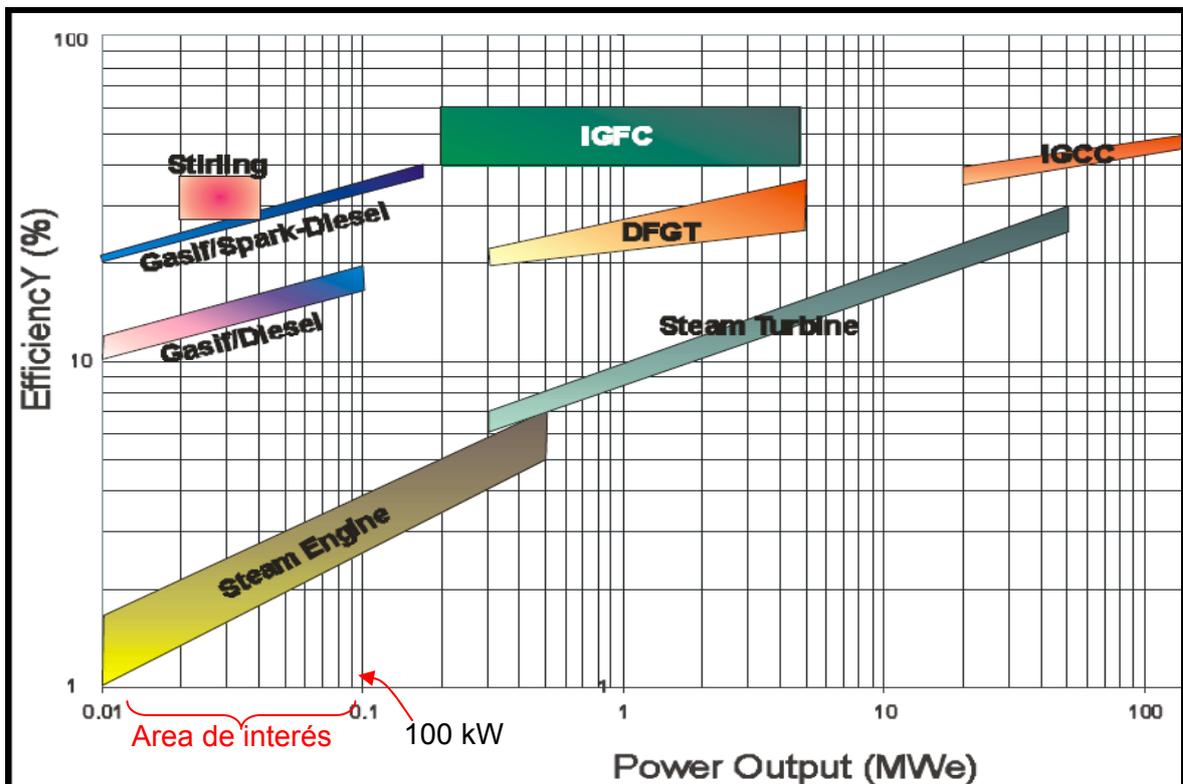


Figura A1 Comparativa de la eficiencia de los distintos procesos<sup>14</sup>

## A.2. Gasificación.

La gasificación permite transformar un combustible originalmente sólido en un combustible gaseoso de bajo (5 MJ/kg) o medio (12,5 MJ/kg) contenido energético. En ambos casos se realiza una combustión incompleta de la materia prima, ya sea con aire u oxígeno puro en cantidades limitadas. El gas combustible obtenido puede ser quemado directamente para producir calor o bien ser transformado en fuerza motriz por medio de un motor de combustión interna de ciclo Otto o Diesel. En este último caso, generalmente debe ser complementado con una parte ( $\geq 15\%$ ) de combustible líquido (gas oil), para permitir la ignición.

La materia prima para la gasificación puede ser leña y/o residuos vegetales o bien carbón vegetal, lo que agrega una conversión intermedia y mejora la "calidad de servicio" al permitir una mayor regularidad de funcionamiento. El diseño del gasificador puede ser adaptado a casi cualquier conjunto de características de la materia prima a gasificar, pero este diseño limita luego las variaciones que ésta puede sufrir durante el funcionamiento (granulometría, contenido de humedad, etc.).

La utilización más relevante del gas producido se da en el accionamiento de motores de combustión interna, para lo cual el gas debe ser previamente acondicionado (remoción de partículas, filtrado, enfriamiento, etc.) En el caso de utilizarlo en motores de ciclo Otto, el sistema de admisión del motor debe ser modificado para adaptarlo a la alimentación con gas pobre en lugar de combustible líquido. En el caso de motores de ciclo Diesel, el gas debe alimentarse mezclado con el aire y la parte

<sup>14</sup> Biomass Resources and Technology Options and Technology Options, 2003 Tribal Energy Program Project Review Meeting Golden, CO, November 2003, John Scahill.

complementaria de combustible líquido es introducida con el sistema de inyección convencional debidamente ajustada. En este último caso existe la posibilidad de continuar la producción de energía aún en el caso de falla del gasificador, por medio de la alimentación normal de combustible líquido (gas oil).

Existen diversos principios de funcionamiento de gasificadores. En el punto siguiente se los describe con mayor detalle.

### **Principios básicos.**

La gasificación de biomasa implica la combustión parcial de este combustible bajo un suministro de aire u oxígeno controlado, logrando una producción de gas combustible, que contiene: H<sub>2</sub> (20%), CO (20%) y CH<sub>4</sub> (1-2%). También se obtienen CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y se encuentran presentes rastros de hidrocarburos —etano y butano. El poder calorífico del gas producido es de aproximadamente 5.0 MJ/m<sup>3</sup> y puede ser utilizado como combustible en motores de combustión interna, para uso mecánico y/o eléctrico.

También se encontrarán presentes algunos contaminantes, tales como partículas de carbón, ceniza, alquitranes y aceites. Estos componentes deben ser eliminados a fin de evitar la suciedad, la corrosión y el daño del motor.

La técnica más común de gasificación es la gasificación con aire. Esto implica poner en contacto directo la biomasa con aire, lo que produce un gas de bajo poder calorífico (alrededor de 4 a 12 MJ/m<sup>3</sup>). Este gas es suficiente para la operación de una caldera, un motor o una turbina de gas.

Para aplicaciones de menor escala se pueden utilizar motores a nafta o diesel, en los que el gas producido puede utilizarse conjuntamente con estos combustibles. Esto se conoce como combustión dual.

El tamaño de un generador de gas se puede expresar en términos del tamaño del generador eléctrico al cual estará acoplado (potencia) o en términos de su tasa específica de gasificación (SGR, por sus siglas en inglés), a veces llamada en los generadores de gas de corriente de aire ascendente como “carga de grilla”. El SGR se expresa en unidades de Nm<sup>3</sup>/(hr)(cm<sup>2</sup>) o kg/(hr)(m<sup>2</sup>) o m/s. (NOTA: Nm<sup>3</sup> se lee como “metro cúbico normal”, lo que significa el volumen del gas en condiciones normales: a 0°C de temperatura y 1 atmósfera.)

### **Eficiencia.**

La eficiencia total de la conversión se define como la relación entre la energía eléctrica obtenida y la energía entregada al sistema. La eficiencia para unidades pequeñas de generador de gas / motor, está generalmente en la gama del 15% al 30% (véase la Figura A2).

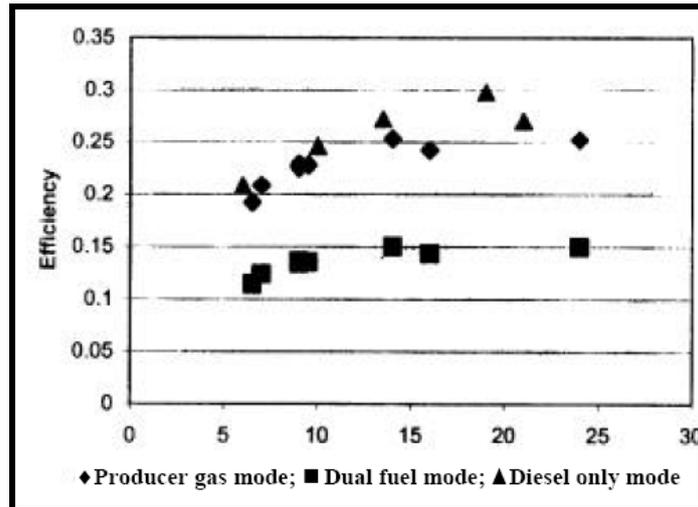


Figura A2: Eficiencia total para un sistema de gasificación en modo dual y modo diesel, para un rango de cargas (20kWe).<sup>15</sup>

### Electrificación rural usando gasificación: Factor de Carga.

Uno de los problemas al intentar proporcionar energía descentralizada a comunidades aisladas, es que el costo de la energía es altamente dependiente del factor de carga. Por lo tanto un proyecto de energía que apunte a proporcionar solamente necesidades básicas, tales como iluminación y agua, será económicamente irrealizable debido a la fuerte dependencia del tiempo de uso y de la naturaleza o intermitencia de la carga.

No obstante ello, el utilizar la salida del generador de gas para aplicaciones productivas, térmicas o eléctricas (tales como irrigación, telefonía, refrigeración; etc.) puede ayudar a aumentar el factor de la carga y también proporcionar una carga más estable.<sup>16</sup>

### Tipos de gasificadores.

Los dos tipos básicos de generadores de gas, apropiados para usos rurales de electrificación, son el generador de gas de corriente descendente y el generador de gas de corriente ascendente.

<sup>15</sup> Sustainable biomass power for rural India: Case study of biomass gasifier for village electrification, Current Science, Vol. 87, No. 7, 10 October 2004, p932-941, N. H. Ravindranath et al.

<sup>16</sup> Scaling up biomass gasifier use: Applications, barriers and intervention, November 2003, Debyani Ghosh, Ambuj Sagar, V. V. N. Kishore.

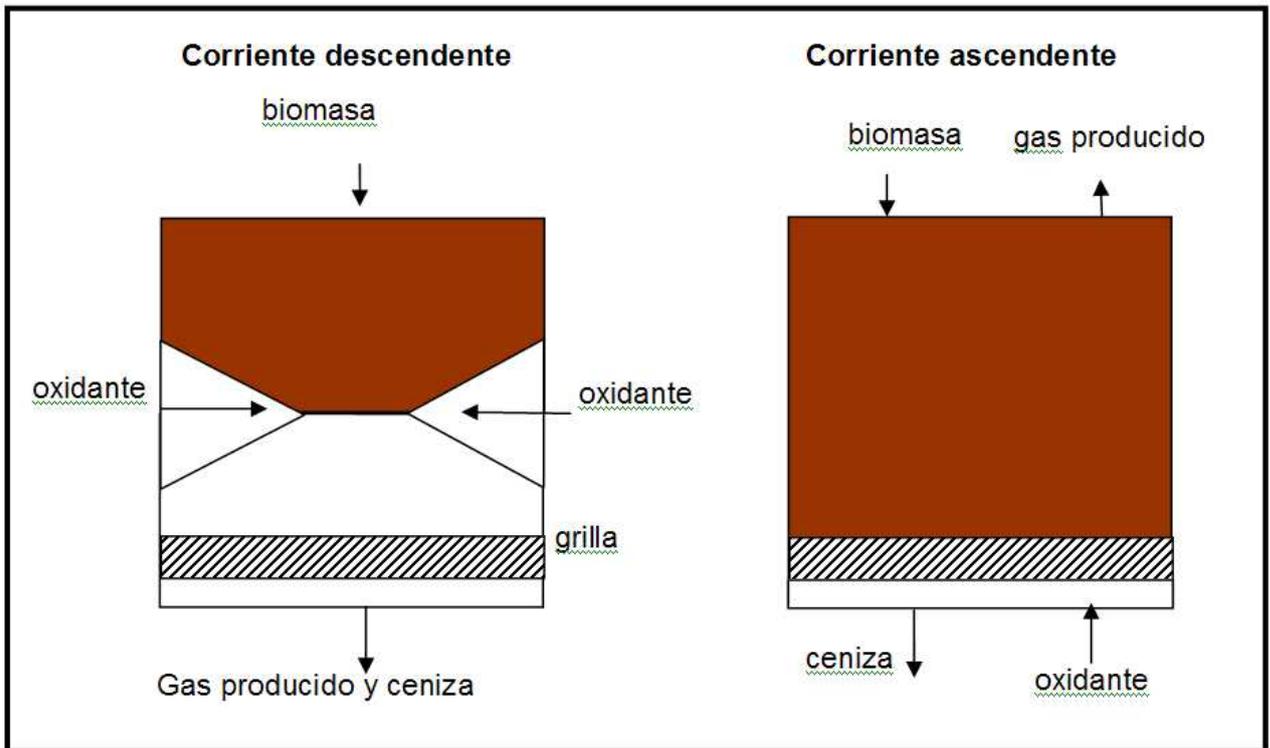


Tabla A2. Características de los Gasificadores

Gasificador tipo descendente	Gasificador tipo ascendente
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Simple, confiable y probado para ciertos combustibles</li> <li>▪ De construcción relativamente simple</li> <li>▪ Especificación estricta de las características del combustible</li> <li>▪ Requerimiento de tamaño del combustible uniforme (20-100mm)</li> <li>▪ Posible fusión de cenizas y formación de escoria en la grilla</li> <li>▪ Alto tiempo de residencia de los sólidos</li> <li>▪ Se requiere baja humedad del combustible (12-25%)</li> <li>▪ Alta formación de carbón</li> <li>▪ Gas producido bastante limpio</li> <li>▪ Capacidad específica baja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conveniente para la gasificación de carbón o carbón de leña.</li> <li>▪ No conveniente para madera u otros combustibles muy volátiles, puesto que el gas producido es muy sucio y con altos niveles del alquitrán – no es conveniente para el uso en motores.</li> <li>▪ De construcción simple y robusta</li> <li>▪ Buena escalabilidad</li> <li>▪ Alto tiempo de residencia de los sólidos</li> <li>▪ Baja temperatura del gas de salida</li> <li>▪ Alta eficiencia térmica</li> <li>▪ Alta formación de carbón</li> <li>▪ Bajo arrastre de cenizas</li> </ul>

Figura A3. Tipos de Gasificadores

Habitualmente, cuando el gas generado va a ser utilizado en un motor, son preferidos los gasificadores de corriente descendente.

El diseño original del generador tipo descendente —de la Segunda Guerra Mundial— (también llamados diseño clásico ó “*Tipo Imbert*”) presenta una garganta o estrangulamiento en el gasificador, justo por debajo de la ubicación del inyector. La idea de este diseño es la de hacer pasar el alquitrán a través de una zona estrecha y de alta temperatura, de manera de romper la molécula y transformarlo en moléculas mas simples, como el metano.

Sin embargo, los generadores de gas con estrangulamiento, no contribuyen al flujo uniforme de la biomasa, especialmente en sistemas de pequeña capacidad, y son altamente sensibles al tamaño del material biomásico.

Un diseño con una garganta atenuada puede llegar a superar este problema en cierto grado. Muchos de los productos actuales de origen indio, son del tipo “sin garganta”.

Características de los Diferentes Tipos de Gasificadores			
Characteristic	Downdraft	Updraft	Open-core
Fuel (wood)			
Moisture content (% wet basis)	12(max. 25)	43 (max. 60)	7–15 (max. 15)
Ash content (% dry basis)	0.5 (max. 6)	1.4 (max. 25)	1–2 (max. 20)
Size (mm)	20–100	5–100	1–5
Gas exit temp (°C)	700	200–400	250–500
Tar (g/Nm <sup>3</sup> )	0.015–0.500	30–150	2–10
Sensitivity to load fluctuations	sensitive	not sensitive	not sensitive
Turndown ratio	3–4	5–10	5–10
$h_{HG}$ full load (%) <sup>a</sup>	85–90	90–95	70–80
$h_{CG}$ full load (%) <sup>b</sup>	65–75	40–60	35–50
Producer gas LHV (kJ/Nm <sup>3</sup> )	4.5–5.0	5.0–6.0	5.5–6.0

a.  $h_{HG}$  Hot gas efficiency. This takes into account the heat contained in the gas; for heat applications.  
b.  $h_{CG}$  Cold gas efficiency. The gas will be cooled after leaving the gasifier to ambient temperature; for engine and power applications.  
Source: Van Swaay and others (1994); BTG (1995).

**Tabla A3 Características de los diferentes Tipos de Gasificadores**

Antes que el gas producido pueda ser utilizado en un motor o una turbina de gas debe ser enfriado y deben ser eliminados los alquitranes, metales alcalinos y partículas de polvo. Los alquitranes pueden condensarse y ensuciar las válvulas, juntas y otros componentes del motor, mientras que los metales alcalinos, el polvo y los alquitranes, causan corrosión.<sup>17</sup>

La eliminación de alquitranes se realiza mediante el enfriado, que hace condensar los alquitranes y permite que los mismos sean drenados.

### Layout típico del sistema.

Un sistema de gasificación completo, incluye:

- Sistema de almacenaje, procesamiento y secado del combustible: un depósito a prueba de agua y humedad, que garantice el grado de humedad del combustible. Dependiendo del tipo de combustible, se requiere además un sistema de “chipeado” u otro que asegure el mantenimiento del tamaño correcto del material. Generalmente también requiere un sistema de secado, que puede aprovechar el calor remanente del gasificador.
- Alimentación del combustible: el sistema de alimentación puede ser manual o automático, a través de una tolva o silo.
- Remoción de cenizas
- Ventiladores y sopladores para mover el gas a lo largo del sistema
- Limpiado del gas
- Antorcha
- Motor (diseñado especialmente para trabajar con gas o un motor diesel modificado)
- Sistema de control de potencia

<sup>17</sup> Energy from Biomass: A review of Combustion and Gasification Technologies, World Bank Technical Paper No. 422 March 1999.

- Instrumentación y control

En la Figura A4 se muestra un esquema general del sistema y en las fotos de la Figura A5 y la Figura , dos modelos de equipos gasificadores producidos en la India.

Aspectos del diseño a considerar

- Calidad del gas entregada al motor: La *IEA Bioenergy Gasification Task* ha desarrollado un estándar para el contenido del alquitrán del gas.<sup>18</sup> Es difícil determinar si los generadores de gas pequeña escala cumplen con este estándar.
- Eficiencia total
- Confiabilidad
- Durabilidad de componentes y materiales

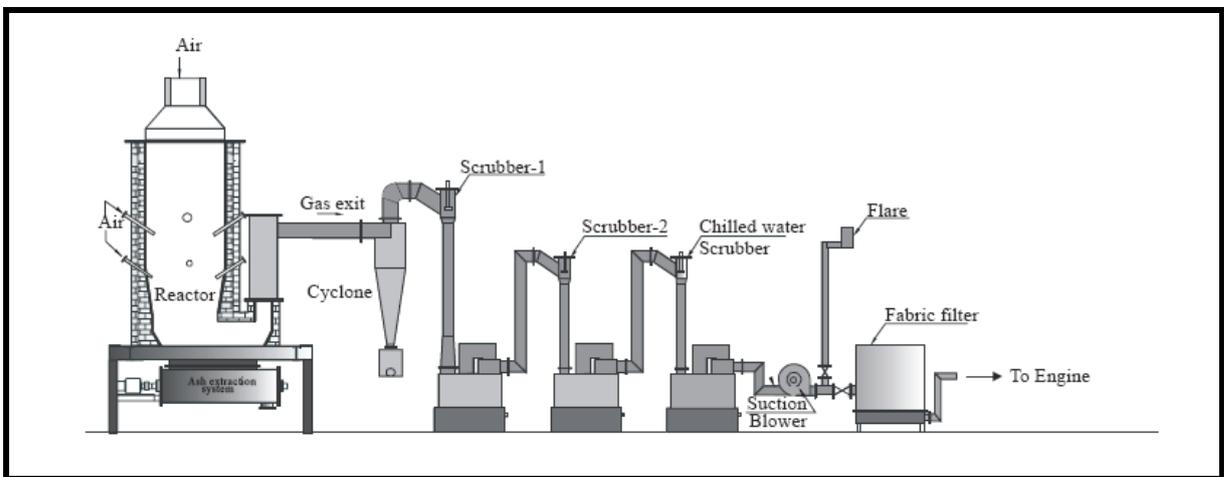


Figura A4 Layout típico de un sistema de gasificador<sup>19</sup>

<sup>18</sup> IEA Bioenergy Task 33 Gasification

[http://www.gastechnology.org/webroot/downloads/en/IEA/TarMeasurementProtocol8\\_05.pdf](http://www.gastechnology.org/webroot/downloads/en/IEA/TarMeasurementProtocol8_05.pdf).

<sup>19</sup> Indian Institute of Science <http://cgpl.iisc.ernet.in/BiomassGasification.htm>. Handbook of Biomass Downdraft Gasifier Engine Systems, Thomas B. Reed and Agua Das, The Biomass Energy Foundation Press, 2nd Ed. A survey of Biomass Gasification 2001, Thomas B. Reed and Siddhartha Gaur, The Biomass Energy Foundation Press, 2nd Ed.

Handbook of Biomass Downdraft Gasifier Engine Systems, Thomas B. Reed and Agua Das, The Biomass Energy Foundation Press, 2<sup>nd</sup> Ed.

A survey of Biomass Gasification 2001, Thomas B. Reed and Siddhartha Gaur, The Biomass Energy Foundation Press, 2<sup>nd</sup> Ed.

United Nations Industrial Development Organisation –Roundtable on Biomass Gasifier Technology Opportunities and Challenges 2003.



**Figura A5: Sistema AEW de 100kWe para biomasa leñosa, mostrando el equipamiento para limpiar el gas.**

<http://www.aewgasifiers.com/woodvelectrical.htm>



**Figura A6: Proyecto Orchha utilizando un Gasificador Netpro de 100kW (Gasificador IISc)**

### **Motores.**

Los motores convierten calor (o sea energía térmica) en energía mecánica en su eje, la que es utilizada para generar electricidad a través de un generador eléctrico. Las formas de conversión del gas producido en el gasificador en electricidad pueden ser varias:

- Uso de un motor de combustión externa, como el motor “Stirling”,
- Combustión en una caldera de vapor y turbina de vapor,
- Conversión catalítica a hidrógeno y luego alimentación de una celda de combustible,
- Uso en un motor de combustión interna. Los mismos pueden ser clasificados en motores de ignición a chispa (nafta) y motores de ignición por compresión (diesel).
- Turbina de gas (para sistemas >200kWe)

El gas producido en el gasificador se puede utilizar en gran parte de los motores diesel, en el modo “combustible - dual ” explicado anteriormente. En este caso se utiliza simultáneamente el combustible diesel y el gas del gasificador, ahorrando cerca del 70% del combustible diesel.

No obstante ello, el costo significativo del gas-oil, las dificultades de suministro a comunidades aisladas y otras consideraciones relativas a la autonomía en la

operación de estos sistemas, han conducido en los últimos años a redoblar los esfuerzos para desarrollar un motor que utilice 100% de gas de gasificador.

Para el uso del 100% del gas producido, se requiere una modificación sustancial del motor. Si bien existe una oferta importante de fabricantes de estos motores, probablemente los mismos deban ser considerados todavía prototipos.

Además de tener una confiabilidad todavía no totalmente probada, un motor que utilice el 100% de gas debería ser suministrado por un proveedor realmente especializado y conjuntamente con el equipo generador de gas, y no en forma separada. Esto, a su vez, podría significar problemas para asegurar un adecuado suministro de repuestos.

### **Capacidad para responder a cambios en la carga.**

- Relación Mínimo-Máximo 3-10 (ver Tabla A3)
- Para operación con 100% de gas de gasificador, el mayor tamaño de motor a operar con el sistema no debería superar el 25% de la potencia nominal del mismo.

### **Tipo de combustible.**

En los equipos gasificadores actualmente disponibles el combustible más comúnmente usado es madera. El carbón vegetal es una buena opción para mejorar la confiabilidad del sistema, pero incluye una etapa más y un consumo mucho mayor de biomasa para posibilitar la carbonización.

#### **Tamaño de las partículas del combustible.**

Como se mencionó anteriormente, los gasificadores requieren un tamaño estipulado y constante de las partículas combustibles. El diseño IISc normalmente requiere tamaños pequeños (25 mm); para el diseño *Ankur* y otros similares, como *AEW*, se requieren 50 mm, mientras que el tipo *TERI* puede operar con tamaños mayores.

El tamaño del combustible también tiene implicancias en los costos operativos, debido a que la madera debe ser cortada manualmente y la producción de combustible de esta forma es baja.

#### **Secado y contenido de humedad.**

Los generadores de gas de tipo descendente son muy sensibles al contenido de humedad del combustible. Los diferentes sistemas tienen tolerancias levemente distintas, pero por lo general el contenido de humedad debe estar por debajo del 15%.

La madera recientemente cosechada tiene un contenido de agua de alrededor del 50%. Si se realiza un almacenamiento cubierto y que permita una adecuada ventilación, la madera puede eliminar alrededor del 25% de su contenido de humedad.

Para alcanzar el grado de humedad requerido por el proceso de la gasificación, se debe utilizar un sistema de secado en el que generalmente se aprovecha el calor remanente a la salida del motor.

Para los sistemas grandes, existen secadores continuos disponibles comercialmente, pero para los sistemas pequeños un secador fijo por lotes puede ser suficiente.

#### **Cáscara de arroz.**

Algunos fabricantes construyen gasificadores que pueden utilizar cáscara de arroz como combustible. Sin embargo, debe ser previamente analizada la confiabilidad y/o conveniencia de utilizar tales equipos.

La cáscara de arroz tiene un alto contenido de ceniza (aproximadamente el 23%) y, por lo tanto, se requiere un sistema continuo de eliminación de la misma para asegurar una operación confiable.

También en estos casos se observa la formación excesiva de alquitrán, dado que las temperaturas logradas en el lecho del combustible son bajas. Algunos generadores de gas con este combustible, requieren que la cáscara se incorpore en forma de briquetas para facilitar la gasificación. Sin embargo, esto afecta sensiblemente la rentabilidad de la instalación.

### Proveedores.

En términos comerciales, la India es el país que lidera el mercado de generadores de gas de pequeña escala para la electrificación rural. En India hay 13 fabricantes de generadores de gas y seis fabricantes de los motores de gas.

En la **Tabla A4**, más abajo, se puede ver la lista de posibles proveedores y fabricantes.

Otros fabricantes indios que pueden ser consultados son, por ejemplo: *Chanderpur Works* (Haryana), *Cosmo* (Raipur), *Figu Engineering Works* (Gangtok), *Grain Processing Industries* (Calcutta), *Netpro* (Bangalore), *Paramount Enviro-energy* (Kottayam), *Radhe Industries* (Rajkot), *Silktex* (Bangalore), *Vijay Engineering* (Bangalore), *3M Industries* (Mumbai).

Cabe señalar que, como el costo de los sistemas más pequeños es muy bajo, por lo general el soporte técnico que pueden brindar los fabricantes es muy limitado.

Proveedor	Producto	Disponibilidad Comercial
<b>Community Power Corporation</b> , Littleton, Colorado, USA <a href="http://www.gocpc.com/">http://www.gocpc.com/</a>	Biomax system – Sistemas modulares de energía <ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia Eléctrica: 5 a 50 kW<sub>e</sub> (por módulo)</li> <li>• Potencia térmica: ~50k-500k Btu/h</li> <li>• Medidas en planta: 5m x 5m</li> <li>• Peso: ~ 1,500 kg</li> <li>• Gas: LHV 5mj/m<sup>3</sup>, &lt;5ppm Alquitranes/ Partículas</li> <li>• Rendimiento: ~1.5kg de madera p/ kW<sub>h</sub>e</li> <li>• Potencia disponible dentro de los 30 seg.</li> <li>• Arranque en frío a gas de madera: ~15 min.</li> <li>• Regulación de Carga (Max-Min): &gt; 10:1</li> <li>• Composición del gas (~): O<sub>2</sub> 0%, H<sub>2</sub> 20%, CO 20%, CO<sub>2</sub> 7%, CH<sub>4</sub> 2%, el resto es N<sub>2</sub></li> <li>• Combustible para Arranque/Reemplazo: LPG, propano, butano</li> </ul>	Pre-comercial

Proveedor	Producto	Disponibilidad Comercial
<b>Ankur</b> Fundada en 1986 Mayor fabricante indio de gasificadores <a href="http://www.ankurscientific.com">http://www.ankurscientific.com</a>	Ofrece dos tipos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• WBG – combustible madera (disponible en 3-450kW)</li> <li>• FBG – cáscara de arroz (disponible en 40-400kW)</li> </ul> 65-70% reemplazo de diesel (o 100% gas de generador en los sistemas 100).	Disponible comercialmente Instalaciones en todo el mundo (sistema dual). Experiencia en Latino America (instalación de 4 kW en Colombia) <a href="http://www.utafoundation.org/gasification.htm">http://www.utafoundation.org/gasification.htm</a> . Se está analizando la información s/confiabilidad del generador de gas para cáscara del arroz
<b>Fluidyne /Innovation Tech</b> <a href="http://www.innovation-tech.co.uk">http://www.innovation-tech.co.uk</a>	Son equipos diseñado para conexión a la red, por lo que no se considerado adecuado. 100kWe salida	Disponible comercialmente
<b>DESI Power/NETPRO</b> <a href="http://www.desipower.com">http://www.desipower.com</a>	Se está recabando mayor información. Diseño bajo licencia de IISc.	Según información de Netpro, el proyecto “Orchha” funcionó un promedio de 6 horas por día entre 1999 y 2003
<b>Indian Institute of Science (IISc)</b> (licencia de diseño a fabricantes)	Diseño con apertura superior y sin garganta, de corriente descendente. Este diseño permite el ajuste de la zona de reacción a través de la alimentación de aire, y la generación de gas con muy bajo contenido de alquitrán Este generador de gas está diseñado para manejar una variedad de materias primas: cáscaras de coco, briquetas de aserrín, briquetas de cáscara del arroz y briquetas de basura.	Más de 40 unidades de generadores de gas basados en la tecnología de IISc en la India y tres unidades fuera de ella: una en Suiza y dos en Chile.
<b>AEW, Tanuku, India</b> Fundada en 1986 <a href="http://www.aewgasifiers.com">http://www.aewgasifiers.com</a>	Serie de gasificadores para madera: 5-250kWe Gasificador para cáscara de arroz: 100kWe 70% de reemplazo de combustible diesel	Disponible comercialmente
<b>System Johansson Gas Producer/ Carbo Consult,</b> Johannesburg, South Africa <a href="http://www.carboconsult.com/detail-data.asp">http://www.carboconsult.com/detail-data.asp</a>	Sistemas Gasificadores CCE-SJG <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rango de unidades: 50-400kW</li> <li>• Provisión de gasificadores (los motores se deben conseguir localmente)</li> </ul> “Libre de alquitrán” (estudios independientes realizados sobre esto indican que aunque muchos diseños son de “bajo alquitrán”, el “libre de alquitrán” aún no esta totalmente verificado <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño para vida útil de 20 años</li> </ul>	Disponible comercialmente
<b>Para una lista de proveedores, quizás no muy actualizada, ver también</b> <a href="http://www.gasifiers.org/manufacturers">http://www.gasifiers.org/manufacturers</a>		

**Tabla A4: Posibles Proveedores de Gasificadores.**

### Mantenimiento.

Según la información recibida de la empresa Ankur, un sistema de energía comunitario basado en un generador de gas necesita, normalmente, de una (1) persona dedicada

a la operación y mantenimiento del sistema. Adicionalmente, debería definirse claramente la responsabilidad de la recolección, traslado y almacenaje protegido y seco del combustible.

Los proveedores de gasificadores normalmente realizan cursos de entrenamiento y capacitación para los operadores. A menos que se seleccione un sistema con un control complejo o sofisticado, no se requiere ninguna habilidad particular para operar estos equipos. El operador de un tractor, por ejemplo, tendría el nivel de habilidad suficiente como para accionar estos equipos.

Las tareas diarias que se requieren para operar el sistema son las siguientes:

- Limpieza para retirar los restos de alquitrán
- Cambio del filtro de aserrín
- Verificar el aceite y agua del motor
- Recarga de la tolva de combustible
- Encendido del gasificador
- Encendido del gas en la llama de prueba
- Arranque del motor
- Arranque de la generación a máxima potencia

El mantenimiento periódico incluye:

- Reemplazo de filtros
- Remoción de cenizas
- Reemplazo de sellos y otros componentes
- Limpieza del reactor y remoción de escoria

Algunos fabricantes especifican que sus productos son diseñados para 20 años de vida útil. Se está analizando mayor información acerca de la vida útil de los equipos y componentes; el suministro de repuestos; etc.

### **Problemas de operación y medidas para mitigarlos.**

A continuación se detallan aquellos problemas de operación más comunes, sus causas y las posibles soluciones:

- ***Falla de encendido o falla durante la operación, debido a:***

**Puenteado:** Esto se produce cuando el combustible se quema completamente en la zona de entrada de aire y no es reemplazado por combustible fresco. Esto puede deberse a que el combustible esté muy húmedo o bien el tamaño de las partículas (chips) sea demasiado grande. A menos que esto se solucione, ya sea empujando el lecho del combustible o sacudiendo la grilla, la producción del gas no se reiniciará.

En estos casos, el operador debe proceder a abrir la tapa del generador de gas y empujar el lecho del combustible con una barreta larga. Algunos fabricantes de generadores de gas disponen aberturas o puertas laterales en el generador, de manera de evitar que el operador tenga que utilizar dicha barra.

**Escoria:** La formación de escoria ocurre si las cenizas contenidas en la biomasa se funden fácilmente. Esto depende del tipo de combustible utilizado.

Las cáscaras de coco con fibra, la leña con corteza, las cáscaras de castañas de cajú y las briquetas, son generalmente susceptibles a la formación de escoria.

La escoria se forma generalmente luego de un cierto tiempo de operación y casi siempre en las proximidades de los inyectores o de la grilla donde se realiza la combustión.

Muchas veces esto ocurre cuando el generador de gas se reenciende luego de enfriarse durante la noche. La formación de escoria es particularmente difícil de controlar, porque no puede ser observada visualmente. Si se detecta luego que el lecho ha sido cargado totalmente con combustible, se deberá retirar todo el combustible e intentar romper la escoria en pedazos, para poder empujarla y retirar sus pedazos a través de la grilla.

**Depósitos de Impurezas:** La deposición de impurezas en el circuito de limpieza y enfriado de gases, conduce a un aumento en la caída de presión, reduce el caudal del gas y afecta, en última instancia, la operación del generador de gas.

Si se intenta continuar con la operación —manteniendo el sistema y el soplador encendido— sin tener un diagnóstico o localizada la naturaleza del problema, se generará una acumulación de gases en el reactor, con riesgo de que se provoque una explosión.

- **Cenizas:** Se deben eliminar las acumulaciones de cenizas en la grilla, especialmente en el caso de emplear combustibles de alto contenido de cenizas, tales como las cáscaras de arroz. Para ello se debe implementar un sistema continuo y muy eficaz de retiro de la ceniza.
- **Corrosión:** Corrosión del equipo producida por el gas caliente generado. Para evitarla se prefiere el uso de cerámica para alta temperatura en el gasificador. Deben evitarse los sistemas construidos con aceros de bajo contenido de carbono.

## **Costos.**

Para calcular el costo de la electricidad generada, es necesario estimar la carga.

El costo del sistema debe incluir el costo de la unidad del generador de gas y de procesamiento del gas, del sistema de procesamiento del combustible, del motor diesel (probablemente pueda ser provisto localmente) y, en caso de funcionamiento dual, del combustible diesel.

El costo de una unidad de generador de gas, más el equipo de limpieza y enfriamiento del gas es de aproximadamente 2.600 US\$/kWe, para un sistema del tipo “combustible dual”. Para sistemas más pequeños (100kWe), que funcionen con 100% de gas, el costo puede ser de hasta 200 US\$/kWe.

## **Ejemplos / Casos de estudio.**

La mayor cantidad de instalaciones de estos gasificadores se encuentran en la India. Se detallan a continuación dos casos de estudio.

### **a) Gosaba Cooperativa de Energía Rural.**

La Isla Gosaba se encuentra ubicada a 80 km al sudeste de Kolkata, West Bengal State, en la India.

En la Isla se instaló —en Junio de 1997— un sistema de generación de energía de 500 kW (5 x 100 kW) con gasificador de biomasa dual (70% biomasa + 30% diesel).

Cuando la operación comenzó se contaba solamente con 16 clientes, ya que la población no creyó que el sistema realmente podría funcionar. No obstante, la cantidad de clientes creció rápidamente y en la actualidad están conectadas 1.150 viviendas. La planta funciona 15 horas al día (de 10:00 a 1:00).

La isla se desarrolló fuertemente desde que la central eléctrica fue instalada. La energía eléctrica se utiliza también para usos públicos, tales como iluminación de la vía pública, iluminación de escuelas, suministro de agua potable e irrigación, como así también para usos comerciales.

El proyecto fue 100% financiado por el Gobierno, puesto que se trataba de un emprendimiento experimental, pero quedó en posesión, administrado y operado por la Cooperativa de Energía Rural de Gosaba. La Cooperativa administra –además- las 75 ha de plantaciones que proveen el combustible de biomasa.

A continuación se describen los detalles de la operación.

Capacidad de la Planta	5 x 100 kW	
No. de usuarios	1.150 propietarios	
Estructura tarifaria	0.12 US\$/kWh p/ domicilios 0.15 US\$/kWh para comercios 0.18 US\$/kWh para industrias (telefonía, rayos-X en el hospital, banco y equipos de análisis de suelos de una ONG)	
Horas de Operación	16 hs (9:00 am a 1:00 am)	
No. de operarios	22	
Eficiencia Combustible	90 cc diesel + 850-900 g de madera / kWh	
Costo del combustible	Rs. 35 (US\$ 0,78) / 40 kg de madera semi seca (un contenedor)	
		<p>Figura A7: Gasificador de biomasa en Gosaba Rural Energy Cooperative.</p>

**Tabla A5: Gosaba. Sistema de Gasificación.**

**b) Sistema comunal de 20 kW. Hosahalli, India.**

El sistema instalado en Hosahalli, India, consiste en un generador de gas-motor de 20 kW, con todos los accesorios para el procesado del combustible y la distribución de la electricidad. El sistema de provisión de energía eléctrica mediante biomasa ha funcionado con éxito por más de 14 años (1988-2004) en este poblado de Hosahalli (población de 218 habitantes en 2003), cubriendo todas las necesidades de electricidad de la comunidad

Recientemente se realizó un resumen de “lecciones aprendidas” con el Proyecto, donde se señala como la cuestión clave de su operación, el adecuado tipo de combustible utilizado. El proyecto incluía el desarrollo de instalaciones para el acopio y secado de chips de madera.

El suministro de combustible diesel más cercano se encuentra a 30 km del poblado, lo que fue un factor limitante en la operación del sistema, además de otros problemas de tipo social, incluyendo desacuerdos dentro de la comisión administradora.

También existieron inconvenientes técnicos en este esquema de operación, los que debieron ser resueltos. También se observó la necesidad de capacitar a más de una persona para hacer funcionar el sistema.

A continuación se describen los detalles de la operación. Esta información fue compilada con datos provistos por el Indian Institute of Science (IISc) y un estudio de caso publicado en 2004<sup>Error! Marcador no definido.</sup>. Una conversación con el IISc (Mayo 2007) indica que el sistema aun funciona de acuerdo a lo aquí descrito.

<b>Capacidad</b>	Gasificador de 20 kg/h con un motor diesel de 20 kWe
<b>Servicio de la instalación</b>	Riego/Illuminación/Agua potable/molino harinero
	Version I – 1988 (3,75 kWe)
	Version li – 1999 (20 kWe)
<b>Aplicación</b>	Electrificación del poblado
<b>Materia prima de alimentación</b>	Madera de bosques
<b>Salida Normal</b>	15 kWe
<b>Consumo específico de Biomasa</b>	1,05 – 1,1 kg/kWh
<b>Ciclo de servicio</b>	6 h x 7 días a la semana
<b>Disponibilidad de la planta</b>	> 95%
<b>Horas de operación acumuladas</b>	7.000
<b>Horas promedio de operación de la Planta</b>	400 (3 meses)
<b>Costos de energía</b>	Rs 5.85/kWh (0,13 US\$/kWh)
	a Rs 3.34/kWh (0,07 US\$/kWh)



Figura A8: Gasificador de biomasa en Hosahalli.

Tabla A6: Hosahalli, Sistema de Gasificación.

### A.3. Combustión y Generación de Vapor.

Esta tecnología es la más antigua y mejor desarrollada de todas las existentes para la conversión energética de la biomasa. La combustión se realiza en un hogar, integrado generalmente a la caldera o generador de vapor. Los hogares tradicionales están constituidos por grillas fijas, usualmente inclinadas y ocasionalmente refrigeradas aunque también existen grillas móviles y de mayor sofisticación.

Las calderas pueden ser de tipo humotubular o acuotubular, siendo la tendencia actual el retorno hacia las calderas humotubulares por su mejor adecuación al uso propuesto, sobre todo en las potencias menores.

El diseño del equipo de combustión-generación de vapor debe ser encarado teniendo en cuenta fundamentalmente el tipo de combustible a utilizar, aún cuando la elasticidad en este sentido es muy superior a la que presentan los gasificadores.

Los combustibles aptos para quemar en un equipo de esta naturaleza cubren todo el espectro de los posibles: leña en trozos, residuos de elaboración, leña “chipeada”, carbón vegetal, gas pobre, aserrín, etc. El “chipeado” de la leña (reducción a trozos de pequeño tamaño) si bien facilita las tareas de transporte y carga a granel representa una erogación en equipo y en energía que debe ser siempre cuidadosamente evaluada teniendo en cuenta que con un adecuado diseño de las instalaciones no es imprescindible.

#### Principio básico.

El combustible biomásico es quemado en un hogar o cámara de combustión, aportando la energía necesaria para la generación de vapor. Aunque en la Figura A9 se los muestra por separado, el hogar y la caldera generalmente forman parte de la misma unidad.

Los hogares pueden variar desde simples parrillas con registros de aire, a la tecnología más compleja de hogares de lecho fluidizado, que fueron desarrollados para la combustión de carbón mineral.

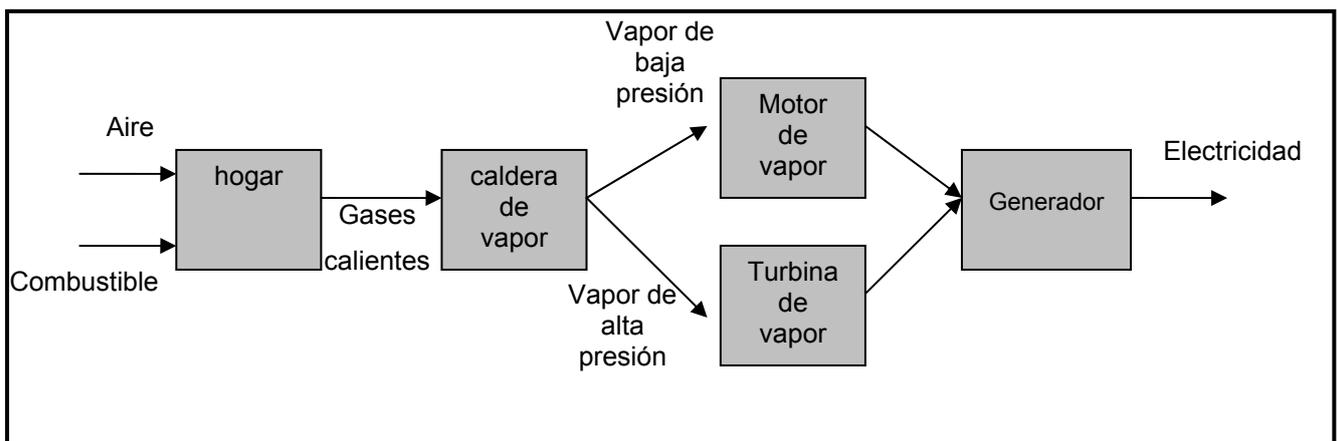


Figura A9: Generación de energía en un sistema de combustión directa.

## **Hogares y Calderas.**

Los hogares se pueden categorizar en tres tipos principales: con quemadores de grilla, con quemadores en suspensión y de cama o lecho fluidizado. Los quemadores de grilla tienen dos subcategorías principales: quemadores en pila y quemadores con alimentador. Los hogares en suspensión y lecho fluidizado son más eficientes que los hogares de grilla, pero tienden a presentar necesidades energéticas mucho más altas para la operación del equipamiento auxiliar y son considerablemente más costosos, por lo que generalmente se utilizan solamente para sistemas de más de 1 MW.

La función de la caldera es la de transferir el calor producido por la quema del combustible al agua que contiene en su interior, de manera de generar vapor a presión para su inyección posterior en la máquina motriz. En los casos de cogeneración, parte del vapor producido puede ser utilizado también en diferentes procesos industriales.

Las calderas para combustibles sólidos son generalmente más voluminosas, caras y requieren mayor atención por parte de los operadores que las calderas que utilizan combustibles líquidos o gaseosos. Sin embargo, este tipo de caldera ha sido ampliamente utilizado durante mucho tiempo, por lo que su tecnología está sin duda disponible comercialmente.

La mayor diferencia de estas calderas respecto de las de combustibles líquidos o gaseosos está en el hogar o cámara de combustión. En particular, para quemar combustibles sólidos se requiere mayor cantidad de aire y consecuentemente el volumen de gases de escape es también mayor. Asimismo, las superficies de intercambio de calor son generalmente más grandes, debido al menor poder calorífico y mayor exceso de aire necesario.

Otro aspecto que las diferencia es la gran producción de cenizas que produce la quema de combustible sólido, lo que impone la existencia de un sistema de recolección y disposición de cenizas. El contenido de cenizas depende del combustible utilizado en cada caso.

En algunos casos, particularmente cuando el combustible a quemar es de alta humedad, para facilitar el encendido de la caldera se coloca también un quemador para un combustible alternativo, ya sea líquido o gaseoso.

Como ya se ha mencionado, la colocación del hogar en la caldera puede ser externa o interna. Esta elección depende del tipo de combustible (humedad) y del combustible para el cual se diseñó inicialmente la caldera. Si el combustible es muy húmedo, es más conveniente un hogar externo, ya que es posible diseñar el hogar con un antehogar para secarlo con mayor facilidad. Si la caldera fue diseñada inicialmente para combustible líquido o gaseoso, también deberá usarse un hogar externo.

La caldera propiamente dicha, como también se expresó anteriormente, puede ser de dos tipos: humotubular o acuotubular. En el primer caso, los gases de combustión fluyen por los tubos de la caldera, en tanto que en el exterior de los tubos se encuentra el agua a vaporizar. El pasaje de los gases de combustión a través de la caldera, a su vez, puede ocurrir una o más veces, estableciendo lo que se denominan calderas de dos, tres o más pasos.



Caldera Humotubular Fontanet



Caldera Humotubular FIMACO

Figura A10. Calderas de Vapor.

En las calderas acuotubulares, los gases calientes de combustión fluyen por el exterior de los tubos, en tanto que el agua a vaporizar lo hace por el interior de los mismos, formando paredes de tubos a partir de un domo colector superior. Generalmente, las calderas acuotubulares se utilizan para grandes potencias ( $\geq 600$  kW). La diferencia de costo entre una caldera humotubular y una acuotubular es muy grande, pudiendo llegar a una relación de 5 a 1.

Por otra parte, el agua generalmente se calienta antes de introducirla a la caldera, utilizando un intercambiador de calor denominado economizador, en tanto que el vapor generado puede ser sobrecalentado luego de extraerlo de la caldera, a cuyo efecto debe colocarse también un sobrecalentador.

La tecnología de construcción de los hogares y calderas de vapor es simple, por lo que generalmente no hay problemas para conseguirlas localmente. En la Argentina existen varios fabricantes en condiciones de proveer este tipo de equipamiento.

**Tabla A7. Proveedores de Calderas de Vapor.**

Empresa	Productos	Datos
FIMACO S.A.	Calderas de distintos tipos aptas para la combustión de gas, petróleo o combustibles sólidos. Biodigestores Anaeróbicos Plantas para la Fabricación de Biodiesel Secadores Tolvas de Almacenaje Roscas Helicoidales	Ruta Prov. 70 Km. 22 (3080) Esperanza, Pcia. de Santa Fe, ARGENTINA TEL.: +54-3496-420570 Fax.: +54-3496-426001 <a href="mailto:fimaco@fimaco.com.ar">fimaco@fimaco.com.ar</a>
FONTANET	Calderas de distintos tipos aptas para la combustión de gas, petróleo o combustibles sólidos.	Av. Santa Fe 1486 (2300) Rafaela, Pcia. de Santa Fe, ARGENTINA TEL.: +54-3492-504800 <a href="mailto:ventas@calderasfontanet.com.ar">ventas@calderasfontanet.com.ar</a>

Desde 144 kg<sub>v</sub>/h hasta  
8400 kg<sub>v</sub>/h

### Máquinas Motrices.

Para las aplicaciones de generación de energía mecánica o eléctrica, es necesario introducir el vapor generado por el grupo hogar-caldera en una máquina motriz, que transforme la energía térmica del vapor en energía mecánica. El tipo de máquina motriz a utilizar, depende de la potencia involucrada.

#### c) Motores alternativos.

En los casos de pequeña escala se utilizan motores alternativos de vapor. Un motor de vapor convencional es una unidad robusta y muy bien probada, que fue tradicionalmente usada para el uso de combustibles sólidos. Sin embargo, la baja relativa en el precio de los combustibles líquidos hizo que dejara de utilizarse, ya que fue reemplazado en la gama de bajas potencias por los motores de combustión interna.

Son motores simples, fáciles de operar y debido a su baja velocidad presentan poco desgaste y son de alta disponibilidad. Su mayor desventaja, en el caso de no requerirse vapor de proceso, es su generalmente bajo rendimiento.

Los sistemas de motores de vapor tienen una relación calor-potencia muy alta. Además, trabajan en su eficiencia óptima cuando operan con carga parcial.

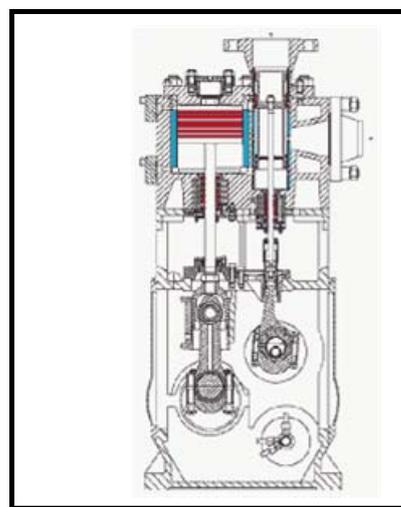
Los motores de vapor alternativos utilizan la expansión del vapor en el interior de un cilindro provisto de un pistón, de forma similar a un motor de combustión interna. Sin embargo, el vapor puede hacerse actuar sobre las dos caras del pistón, constituyendo el denominado motor de doble efecto. El desplazamiento del pistón se convierte en movimiento rotativo mediante un cigüeñal, nuevamente de forma similar a un motor de combustión interna.

Para mantener la velocidad constante ante variaciones de carga, es necesario utilizar algún tipo de regulador, generalmente mecánico y accionado por fuerza centrífuga. Este regulador actúa ya sea estrangulando la entrada de vapor o bien desplazando el punto de cierre, brindando esta última alternativa mayor eficiencia al conjunto.

Por otra parte, el motor puede tener más de un cilindro, ya sea trabajando a la misma presión o bien en cadena, dando origen a los ciclos compuestos, que pueden ser doble, triple o cuádruple.



Motor Spilling de 4 cilindros



Corte del Motor Spilling

Figura A11. Motores de Vapor Alternativos

Existieron también unidades que agrupaban en un solo equipo el hogar, la caldera y el motor, denominados “locomóviles”, dada su estructura similar a la de las locomotoras de vapor.

Hoy en día hay muy pocos fabricantes que producen motores alternativos de vapor, por lo que la principal dificultad para su utilización es la disponibilidad.

**Tabla A8. Proveedores de Motores de Vapor.**

Empresa	Productos	Datos
Spilling Energie Systeme GmbH	Motores de vapor y sistemas completos para generar electricidad con biomasa.	Wertstraße 5 20457 Hamburgo Alemania
	Producción de vapor hasta 40 t/h Presión de Entrada de 6 a 60 bar Potencias de 25 a 1.500 kW por motor	Tel.: +49(0)40 789 175-0 Fax: +49(0)40 789 28 36 info@spilling.de
Ranotor	Motor de vapor de 50kWe Hasta 25% rendimiento eléctrico	Tilskogsvägen 15 193 40 Sigtuna Sweden
	'Disponible a partir del 2008'	Tel.: +46 8 592 524 28 Fax.: +46 8 592 591 60 info@ranotor.se http://www.ranotor.se
Tinytech Plants	Motores de uno o doble cilindro	Tagore Road Rajkot - 360 002 India Tel.: +91 - 281 - 2480166 Mobile : 91 - 92 27 60 62 64 Fax : 91 - 281 - 2467552 <a href="mailto:tinytech@tinytechindia.com">tinytech@tinytechindia.com</a> <a href="http://www.tinytechindia.com">http://www.tinytechindia.com</a>

#### d) Turbinas de vapor.

Por lo general, la tecnología de turbina de vapor se selecciona para sistemas de generación de energía de, por lo menos, 1 MW. Es muy común encontrar centrales eléctricas de hasta 50 MW en operación en muchos países del mundo.

Las turbinas de vapor ofrecen ventajas significativas sobre los motores de vapor, en cuanto a su eficiencia. El vapor —normalmente de alta temperatura y alta presión— es generado en la caldera y luego ingresa en la turbina de vapor. En la misma, la energía térmica del vapor se convierte en trabajo mecánico en el eje de la turbina. El vapor de baja presión que sale de la turbina puede a su vez ser liberado al ambiente o pasar a un condensador.

En este último caso, el vapor condensado es reingresado al sistema del agua de alimentación de la caldera, donde se reinicia su ciclo.



Turbina Spilling

Figura A12. Turbina de Vapor

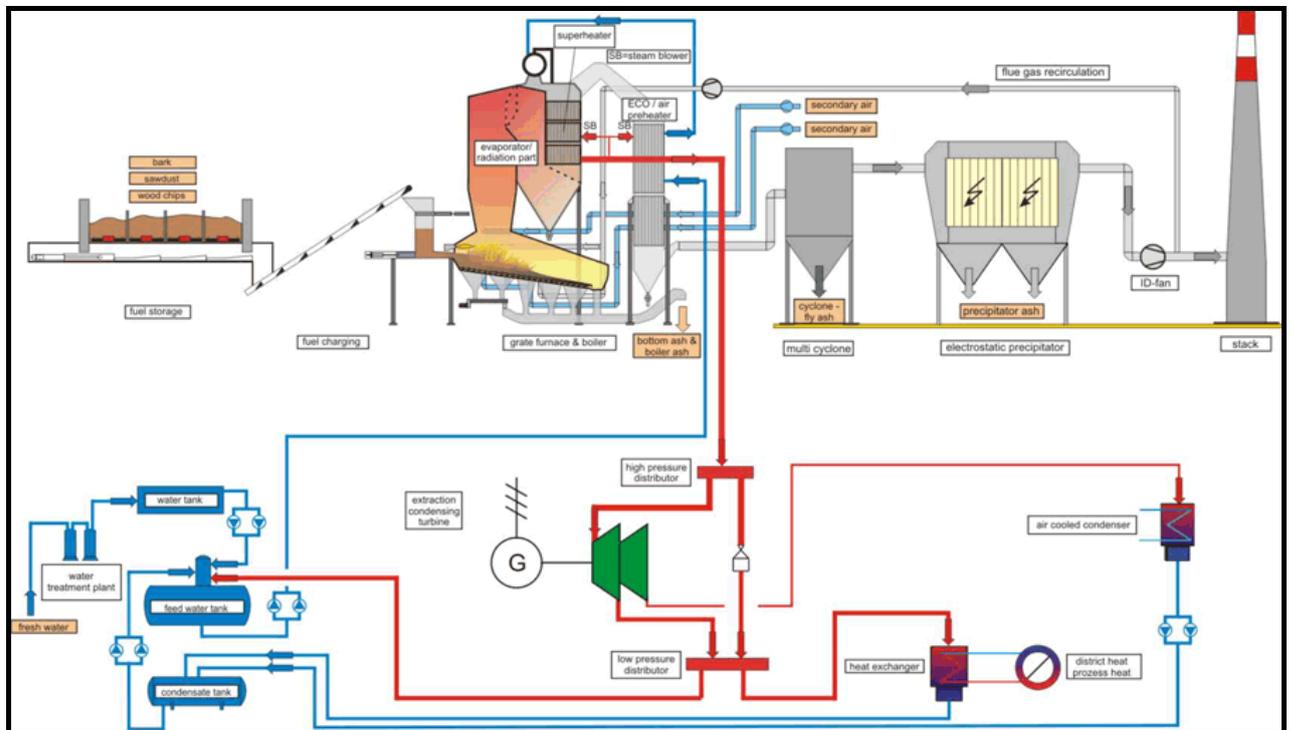


Figura A13. Diagrama de Flujo de una Planta de Cogeneración con Turbina de Vapor.

Empresa	Productos	Datos
Spilling Energie Systeme GmbH	Turbinas de vapor y sistemas completos para generar electricidad con biomasa. Potencias de 100 a 5.000 kW	Wertstraße 5 20457 Hamburgo Alemania Tel.: +49(0)40 789 175-0 Fax: +49(0)40 789 28 36 info@spilling.de

Empresa	Productos	Datos
Bios Bioenergiesysteme GmbH	Turbinas de vapor y sistemas completos para generar electricidad con biomasa. Potencias $\geq$ a 2.000 kW	Inffeldgasse 21b A-8010 Graz Austria Tel.: +43-(0)316-481300 Fax: +43-(0)316-481300-4 office@bios-bioenergy.at <a href="http://www.bios-bioenergy.at">www.bios-bioenergy.at</a> Actualmente la compañía esta enfocada en el mercado europeo (energía a partir del desechos) pero ya tiene experiencia en América Latina y en el uso de la cáscaras de arroz
Bioflame	Turbinas de vapor y sistemas completos para generar electricidad con biomasa. Potencias de 1.5 MWe a 2.5 MWe	Bioflame Ltd South View Yatts Pickering North Yorkshire <a href="http://YO18 8JN">YO18 8JN</a> United Kingdom Tel: +44 (0) 1751 472831 <a href="mailto:enquiries@bioflame.com">enquiries@bioflame.com</a>

**Tabla A9. Proveedores de Turbinas de Vapor.**

### **Eficiencia.**

La eficiencia total de los sistemas de vapor para la conversión de biomasa en energía para la generación de electricidad, se define como la relación entre la energía eléctrica obtenida y la energía aportada.

- La eficiencia en motores de vapor alternativos pequeños (de <100kWe) es usualmente entre 5% y 10%
- Para grandes turbinas de vapor de entre 10% y 20%

### **Tipo de planta.**

El proceso de conversión mediante generación de vapor, aún teniendo una eficiencia eléctrica considerablemente más baja, puede ser más atractivo en determinados casos: por ejemplo, cuando la fuente de combustible biomásico es abundante y su precio es muy bajo o negativo (existe un costo para disponer de los residuos); o cuando hay una necesidad de cogeneración de electricidad y calor, con una relación de calor-electricidad, que haga conveniente el proceso mediante generación de vapor.

La combustión directa se utiliza generalmente para la producción eléctrica en gran escala y para sistemas combinados de calor y energía. En este caso, las calderas alimentadas con combustibles de biomasa generan vapor de alta presión para ser utilizado en turbinas de vapor.

Para comunidades pequeñas, es posible implementar sistemas de generación de energía basados en un hogar-caldera y un motor alternativo de vapor. La eficiencia total de la producción energía eléctrica de tales sistemas será menor del 10%, cosa que puede no tener importancia, como ya se ha mencionado.

Los sistemas grandes basados en turbinas de vapor resultan convenientes para aserraderos y molinos de arroz, con grandes demandas de energía eléctrica y donde, seguramente, también habrá una necesidad del calor para el proceso.

## A.4. Experiencia en la Argentina.

### Gasificación.

En el marco del Proyecto de Cooperación INTI<sup>20</sup>-GTZ “Transformación de biomasa Forestal en Energía para Uso Industrial y Doméstico” (1992-94) se desarrollaron dos equipos gasificadores de 10 kW (mecánicos) de tecnología similar a la desarrollada por el Instituto Asiático de Tecnología (AIT) de Tailandia. Uno se instaló en el Departamento de Energía de INTI y el otro en el Aserradero “El Timbó”, Reconquista, Provincia de Santa Fé, con la colaboración del Centro de Capacitación de INCUPO<sup>21</sup>. Utilizando el concepto de diseño integrado se logró la configuración de un sistema de gasificación que puede ser construido por el propio usuario final con un mínimo de supervisión, utilizando las capacidades de mano de obra disponible en el lugar de emplazamiento.

El generador de gas es del tipo núcleo abierto construido en ferrocemento. El sistema de limpieza y acondicionamiento del gas es del tipo seco (separación ciclónica y filtros de tela, enfriados por agua). El motor es de combustión interna —ciclo Otto— de 4.200 cm<sup>3</sup> operando a 2300 rpm y es alimentado con gas pobre producido con carbonilla vegetal.

El INTI considera que esta tecnología ha alcanzado el grado de madurez necesario como para realizar su transferencia al medio productivo rural, especialmente en aquellas zonas donde los precios de la energía eléctrica proveniente de la red rural de distribución constituye un factor de importancia, en muchos casos limitante, en la composición de los costos operativos de una pequeña industria rural.

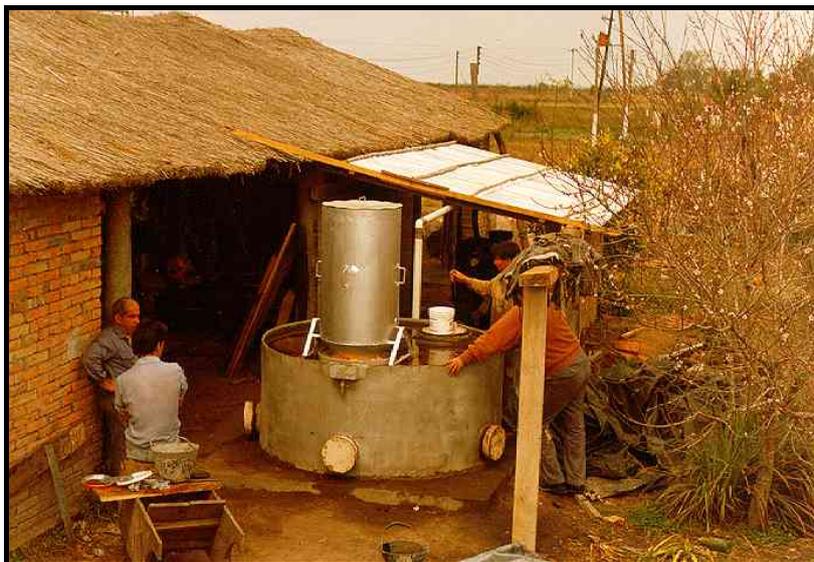


Figura A14. Gasificador en el Aserradero “El Timbó”.

### Combustión directa y motor de vapor.

En 1994, la FAO realizó un estudio acerca de la “Autoproducción de Electricidad a partir de Residuos de Madera y Leña en la República Argentina”<sup>22</sup> en el que fueron identificados varios aprovechamientos de energía a partir de biomasa mediante calderas y motores de vapor.

<sup>20</sup> Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

<sup>21</sup> Instituto de Cultura Popular.

<sup>22</sup> <http://www.fao.org/docrep/V6204s/V6204s00.htm>

En particular se estudió el Establecimiento “Las Marías” (Gobernador Virasoro, Corrientes). El mismo se dedica a la explotación forestal (pinos y eucalyptus), producción de té y yerba mate.

La instalación relevada cuenta con una caldera de media presión de marca Tanzi, acuotubular, con una capacidad nominal de 2.500 kg/h de vapor a una presión de 16 bar y una temperatura de 350 °C y con dos motores de vapor de marca Spilling, fabricados en la República Federal de Alemania por la empresa Spillingwerk GmbH de Hamburgo, acoplados a dos generadores eléctricos con sus correspondientes tableros de control. Genera aproximadamente 200 kW a partir de leña y residuos de aserradero.

En el mismo informe se menciona que la firma Spillingwerk introdujo en la Argentina 22 de estos motores, aunque muchos de ellos no fueron utilizados para operar con biomasa como combustible.



Figura A15. Motor Spilling.



Figura A16. Caldera Tanzi.

## **ANEXO B: PROCESOS BIOQUIMICOS DE CONVERSION**

Se designa con el termino "biogás" a la mezcla de gases resultantes de la descomposición de la materia orgánica realizada por acción bacteriana en condiciones anaerobias.

El biogás se produce en un recipiente cerrado o tanque denominado biodigestor el cual puede ser construido con diversos materiales como ladrillo y cemento, metal o plástico. El biodigestor de forma cilíndrica o esférica posee un ducto de entrada a través del cual se suministra la materia orgánica (por ejemplo, estiércol animal, aguas cloacales, residuos agroindustriales húmedos, etc.) en forma conjunta con agua, y un ducto de salida en el cual el material ya digerido por acción bacteriana abandona el biodigestor. Los materiales que ingresan y abandonan el biodigestor se denominan afluente y efluente respectivamente. El proceso de digestión que ocurre en el interior del biodigestor libera la energía química contenida en la materia orgánica, la cual se convierte en biogás.

Los principales componentes del biogás son el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), con pequeñas cantidades de hidrógeno (H), sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) y nitrógeno (N). Generalmente, la composición del biogás varía de acuerdo a la biomasa utilizada.

El metano, principal componente del biogás, es el gas que le confiere las características combustibles al mismo. El valor energético del biogás por lo tanto estará determinado por la concentración de metano.

A pequeña y mediana escala, el biogás puede utilizarse para cocinar, en combustión directa en estufas simples, y también puede ser utilizado para iluminación, para calefacción y como reemplazo de combustibles fósiles en motores de combustión interna.

### **B.1. Material de carga.**

Los digestores anaeróbicos pueden ser alimentados con diversos desechos orgánicos. El rendimiento de los mismos está influenciado en gran parte por el contenido en materia orgánica del material, una idea aproximada de dicho contenido la da el % de sólidos volátiles. (Se denomina así a la cantidad de sólidos que se volatilizan al someter la muestra a  $550^\circ\text{C}$  en porcentajes sobre el total (restante luego de 12 horas en la mufla).

Otras características que también inciden en la producción son la presencia de amoníaco, antibióticos, detergentes y materiales de difícil digestión como las ligninas (material leñoso).

El contenido en alimentos es muy importante.

En el caso de los estiércoles es muy importante tanto la especie del cual proviene, como también el tratamiento al que fue sometido.

A medida que se va degradando el material disminuye su parte orgánica y por lo tanto esto se evidencia en una disminución del porcentaje de sólidos volátiles.

### **B.2. Temperatura.**

Este parámetro encuentra importancia no solo en su valor sino también su constancia a través del tiempo. Según su actividad, las bacterias metanogénicas pueden dividirse según su temperatura ideal de actividad, en mesófilas ( $30\text{-}37^\circ\text{C}$ ) y termófilas ( $50\text{-}57^\circ\text{C}$ ). La mayoría de digestores son mesófilos.

Dado que el proceso fermentativo interior no genera una apreciable cantidad de calor, las temperaturas antes citadas deben lograrse mediante calor exterior.

La estabilidad de la temperatura elegida es de suma importancia, dado que las variaciones rápidas mayores en más o menos 2°C influyen negativamente en la estabilidad del digestor y en la producción de gas. Es más conveniente trabajar a menores temperaturas, si resulta difícil mantener las temperaturas más elevadas. Es aconsejable, cuando se trate de regiones frías, calefaccionar el digestor y obtener así mayores rendimientos y mejor funcionamiento del sistema, o bien aislar convenientemente el biodigestor.

Para que se inicie el proceso se necesita una temperatura mínima de 4 a 5°C y no se debe sobrepasar una máxima de alrededor de 70°C. Se realiza generalmente una diferenciación en tres rangos de temperatura de acuerdo al tipo de bacterias que predominan en cada una de ellas.

### **B.3. Velocidad de carga.**

Este parámetro expresa la cantidad de carga de material orgánico que se introduce en el día en el digestor y por unidad de volumen del mismo.

Se expresa como kg. de sólidos volátiles por día y metro cúbico de digestor (kg. S.V./m<sup>3</sup> dig.x día) siendo este parámetro de gran importancia pues determina rendimiento para el tipo de digestor.

Todos los parámetros enunciados están interrelacionados entre sí, ya que modificaciones en algunos de ellos provoca alteraciones en los demás, siendo ella la razón de que deben tenerse muy en cuenta para el diseño y el dimensionamiento de un digestor.

Es importante tener el dato de los potenciales materiales de carga, para poder modificar la velocidad de carga y obtener la misma producción. Eso sí los potenciales materiales de carga van a estar estrechamente relacionados con el volumen de carga del digestor.

### **B.4. Tiempo de retención.**

En los digestores continuos y semicontinuos el tiempo de retención se define como el valor en días del cociente entre el volumen del digestor y el volumen de carga diaria.

El tiempo de retención está íntimamente ligado con dos factores: el tipo de sustrato y la temperatura del mismo. La selección de una mayor temperatura implicará una disminución en los tiempos de retención requeridas y serán menores los volúmenes de reactor necesarios para digerir un determinado volumen de material.

Con relación al tipo de sustrato, generalmente los materiales con mayor proporción de carbono retenido en moléculas resistentes como la celulosa, demandará mayores tiempos de retención para ser totalmente digeridos.

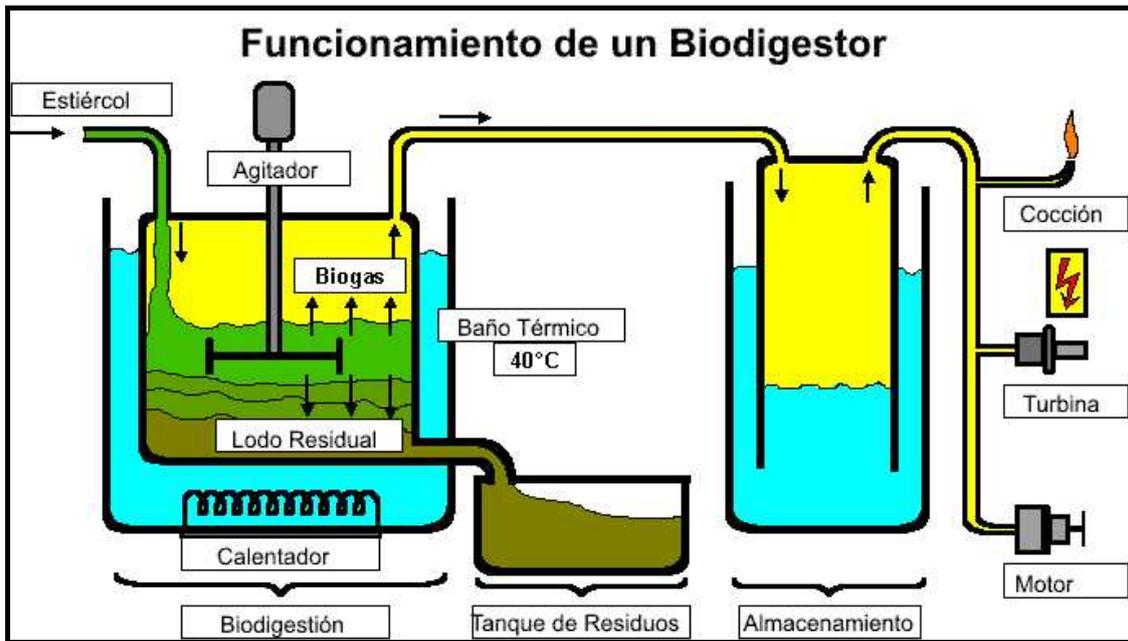


Figura B1. Esquema de la Biodigestión.

### B.5. Elementos básicos para la producción de biogás.

Hay tres métodos básicos para la utilización del biogás:

Método	Comentario
<b>Digestores anaeróbicos con estanque cubierto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizados principalmente en lugares de clima templado.</li> <li>• Utilizado principalmente donde el estiércol debe ser removido como parte de las operaciones de la planta.</li> <li>• Apropiado para estiércol líquido con contenido sólido de menos de 3%</li> <li>• Es un sistema muy simple de recuperación y puede ser usado en tambos o granjas porcinas.</li> <li>• Los tambos y las granjas porcinas usan frecuentemente estanques abiertos como parte de su sistema de manejo de residuos. La recuperación del metano requiere la construcción de otro estanque (estanque primario), una cobertura y un sistema de captación. El estanque primario es cubierto para generación de metano y un segundo estanque es usado para el almacenamiento de las aguas residuales. El estiércol fluye hacia el estanque primario donde se descompone generando metano.</li> <li>• El metano es capturado bajo la cobertura y usado para la generación eléctrica.</li> <li>• El calor residual generado durante la generación eléctrica puede ser usado para las necesidades térmicas del establecimiento. Las aguas residuales entran en el estanque secundario donde son almacenadas hasta su uso para irrigación. Este sistema de dos estanques provee beneficios ambientales adicionales sobre el sistema de un estanque, incluyendo olores y tratamiento de patógenos.</li> </ul>
<b>Reactores mixtos completos con tanque</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Típicamente usados en climas fríos donde los estanques no son capaces de producir metano todo el año.</li> <li>• Apropiado para grandes volúmenes de estiércol con concertación de sólidos de entre 3% y 10%.</li> </ul>

<p><b>de almacenamiento.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estos sistemas consisten en 2 tanques a los cuales se les agrega estiércol y agua periódicamente. A medida que agua y estiércol se agrega al tanque, igual cantidad de material digerido es removido y transferido al estanque. Los digestores son mezclados mecánicamente a intervalos regulares para asegurar una digestión uniforme. El tiempo de retención promedio en los tanques es de 10 a 20 días. A medida que el estiércol se descompone, el metano es generado y capturado. Para apurar la descomposición, se puede inyectar en los tanques el calor remanente del generador eléctrico.</li> <li>• Digestores mixtos completos pueden producir metano por digestión en tambos y granjas porcinas, pero en los tambos podrían necesitar un separador, para reducir el contenido sólido de los desechos que entran al digestor.</li> </ul>
<p><b>Digestores de flujo-pistón</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apropriados para el estiércol de animales rumiantes con concentración de sólidos del 11% al 13%</li> <li>• El diseño típico de los sistemas incluye un sistema de recolección del estiércol, piletas de mezclado y un digestor.</li> <li>• En las piletas de mezclado, la adición de agua ajusta la proporción de sólidos en la lechada de estiércol a una consistencia óptima.</li> <li>• El digestor es, típicamente, un container largo y rectangular fabricado bajo tierra, con una tapa expandible y hermética. El material nuevo agregado al tanque en un extremo empuja el material viejo (como un pistón) hacia el extremo opuesto.</li> <li>• El tiempo de retención (el tiempo que el estiércol “pistón” queda en el tanque) es de 20 a 30 días.</li> <li>• La digestión anaeróbica de la lechada de estiércol genera metano a medida que el material fluye por el digestor. La tapa flexible y hermética atrapa al gas. Tuberías bajo la tapa transportan al gas desde el biodigestor al generador eléctrico.</li> <li>• Estos digestores requieren una mínima manutención. El calor residual del generador eléctrico puede ser usado para mantener la lechada entre 25°C a 40°C, un rango de temperatura apropiado para la producción de metano.</li> </ul>

Los estudios preliminares para la viabilidad de un proyecto de digestión anaeróbica (y recuperación de metano) deben incluir la evaluación de los siguientes parámetros:

<b>Categoría</b>	<b>Parámetros técnicos</b>	<b>Comentarios</b>
<b>Características de estiércol</b>	Cantidad de materia prima	La producción de estiércol varía según el tipo y edad de los animales, y es proporcional al peso del animal. El tamaño del establecimiento determinará la cantidad de material que requiere la digestión. También debe confirmarse que en toda la duración del proyecto estarán disponibles las cantidades apropiadas de estiércol.
	Velocidad de producción del gas	La creación de metano tiene lugar en la componente volátil de los sólidos (VS) del estiércol. Esta componente VS depende de tipo de ganado y su dieta. El tipo de animal y su dieta también afectan la cantidad de metano que puede ser producido por kilogramo de VS en el estiércol
	Líquidos suspendidos	Muchos digestores tienen un límite superior para el contenido de sólidos del estiércol líquido al entrar al digestor. También debe realizarse la separación mecánica (y la digestión aeróbica subsiguiente de los sólidos deshidratados), o la dilución, o la selección de un digestor apropiado.
<b>Tipo de digestores</b>	Selección del equipo	El equipo debe ser correctamente diseñado para tratar las cantidades de estiércol presentes y permitir un tiempo de residencia adecuado para que el estiércol sea completamente digerido.
	Materiales de construcción	Los materiales usados en la construcción del digestor deben ser adecuados para durar toda la vida útil del proyecto, evitando la contaminación ambiental a través de fugas.
<b>Clima</b>	Variaciones de temperaturas anual	El estiércol se descompone rápidamente cuando las condiciones climáticas favorecen el crecimiento bacteriano. Para sistemas anaeróbicos, las temperaturas tibias (más de 30°C de temperatura) incrementan la generación de metano.

### **Cámara de carga.**

En esta cámara es donde se prepara de manera previa la materia prima. La cámara de carga debe encontrarse aislada térmicamente, para poder llevar la mezcla a la misma, o en su defecto aproximarse, a la temperatura a la que se encuentra el material, fermentando dentro del biodigestor. La temperatura debe ser obtenida de manera externa al proceso de fermentación, pudiendo ser calentamiento de agua por colectores solares o con la utilización del mismo biogas producido.

La cámara de carga debe poseer un sistema de agitación, que pueden ir desde simples paleta de accionamiento manual hasta complejos sistemas de motor y poleas. La finalidad de los sistemas de agitación es un mezclado correcto y homogéneo de la materia prima.

El ingreso de la materia prima y el agua debe ser de fácil acceso, para facilitar su carga y evitar atascamientos. Por otro lado el sistema de conexión al biodigestor debe estar controlado con un grifo, para evitar el ingreso de la mezcla aun no preparada.

### **Biodigestor.**

Esta constituido por un tanque, que puede estar presentado de manera aérea o semi enterrado, según el volumen de producción y las condiciones climáticas del lugar donde coloquen este sistema.

El biodigestor debe encontrarse aislado térmicamente poder mantener la temperatura optima de producción de biogas. La temperatura puede ser mantenida de la misma manera de que la cámara de carga. Generalmente se le colocan sistemas de serpentina para poder obtener una temperatura homogénea y de esa manera favorecer un proceso de digestión más productivo, para el volumen del biodigestor.

El biodigestor debe poseer un termómetro para poder saber la temperatura de la materia prima en proceso. De manera complementaria debe poseer, un nivel de liquido, ya que en el biodigestor un volumen se debe dejar un equivalente al 20 % para el biogas producido; agitador para producir un proceso de digestión homogéneo y no permitir la formación de costras, la mecanización de estos, puede encontrarse conectada al mismo sistema de agitación de la cámara de carga; llave esclusa en la parte inferior, para la descarga de los efluentes ya digerido, estos sistemas de descarga varia de un sistema de producción continua a un sistema de producción en *batch*.

### **Pileta de Descarga.**

La pileta de descarga puede estar realizada enteramente en material de mampostería, y generalmente poseen un sistema de tipo cámara de sedimentación, para poder disponer el agua ya estabilizada, y obtener los barros ricos en nutrientes.

En caso de no poder diseñar una cámara de sedimentación, se puede realizar una pileta de baja profundidad y gran extensión, para poder acelerar el secado del efluente, y de esta manera obtener los barros ricos en nutrientes.

### **Gasómetro.**

Si bien no es esencial en la producción de biogás, este equipo es un tambor utilizado para almacenar la producción extra de biogás. Estos equipos deben estar separados del digestor por una llave esclusa y cobran mayor importancia, en equipos que trabajan de manera discontinua.

En su diseño es importante el material de construcción y la estanqueidad de los mismos.



Figura B2 Proveedores de Equipos para Producción de Biogás.

## B.6. Posibles Proveedores de Equipamiento.

Tabla B1 Instalación de Producción de Biogás.

Proveedor	Tipos de Equipo que Dispone	País	Experiencia Internacional en DA
<b>Digestor Anaeróbico (DA)</b>			
AgCert	Digestor anaeróbico	Canadá	Global – Granja Becker CDM project partner
Methan O Gen Ltd.	Digestor	UK	Europa
Biogas Nord GmbH	Digestor	Alemania	Europa, USA, Caribe, Asia
WELtec Biopower GmbH	Digestor	Alemania	Europa
Organic Power Ltd	Digestor	UK	UK
Farmatic Biotech Energy A.G.	Digestor	Alemania	Europa
HESE Umwelt GmbH	Digestor	Alemania	Europa, Japón

Proveedor	Tipos de Equipo que Dispone	País	Experiencia Internacional en DA
<b>Motores a gas</b>			
Jenbacher (G.E.)	Motores a gas	Austria	Global
Caterpillar	Motores a gas	USA	Global
Perkins	Motores a gas	UK	Global <sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> De acuerdo a la información disponible Perkins Engines Company Limited ha iniciado los procedimientos para liquidar su sucursal en China, Perkins Engines (Tianjin) Limited (PETL).

## ANEXO C: DIAGNOSTICO DE RECURSOS DE BIOMASA PARA ENERGIA

La estimación del potencial de recursos de biomasa para energía requiere de un diagnóstico, que debe basarse en el análisis detallado de disponibilidad de cada recurso o residuo para cada región.

Para ello deben clasificarse los recursos biomásicos en diferentes rubros (tales como los mencionados en el punto anterior) y realizar la cuantificación de las disponibilidades por medio de la aplicación de los denominados **factores de diagnóstico** —factor de residuo, factor de disponibilidad y factor de utilización energética para los que constituyen residuos; factor de accesibilidad y crecimiento anual para la biomasa forestal, etc.— a las producciones brutas que son fuente de recursos biomásicos para fines energéticos, es decir: la producción agrícola (fuente de residuos agrícolas), la producción pecuaria (residuos pecuarios), la producción agroindustrial (residuos agroindustriales), la industria maderera (residuos forestoindustriales), la explotación forestal (residuos forestales) y el área forestal (biomasa forestal).

El diagnóstico puede incluir también un análisis de los consumos actuales de biomasa para fines energéticos, ya sea como consumo intermedio o como consumo directo, a fin de conocer la real disponibilidad potencial.

Las "zonas" geográficas que se elijan deben tener en lo posible características homogéneas y una extensión adecuada al estudio a emprender. Esta homogeneidad se refiere a los tipos de residuos disponibles, las características ambientales, el valor de los diferentes factores a utilizar y la "calidad" de los residuos. Una alternativa es la de realizar una cuadrícula sobre la extensión de la provincia, y en caso de no ser esto posible pueden adoptarse los departamentos en que se divide políticamente la misma.

Dentro de cada "zona" deberán establecerse después los tipos y cantidades de recursos existentes, su distribución temporal, la "calidad" de los recursos, y los potenciales consumos, analizados también geográfica y temporalmente.

Posteriormente, y utilizando las fuentes de información disponibles y mediante el análisis y la complementación de dicha información, debe procederse a una primera selección de aquellos recursos que presenten un mayor potencial de utilización energética.

Para cada recurso seleccionado debe determinarse:

- Su factor de residuo,
- La producción actual o potencial,
- Su contenido de humedad,
- Su valor energético,
- Su contenido de cenizas,
- Su contenido de N y otros elementos,
- Su composición química

Finalmente, deben agregarse por zonas las diferentes disponibilidades de recursos de biomasa para energía, teniendo en cuenta su distribución geográfica y temporal.

## C.1. Análisis de Disponibilidad.

Para cada uno de los rubros definidos (residuos agrícolas, pecuarios, agroindustriales, forestoindustriales y forestales) deben definirse, para una dada producción anual, los **potenciales brutos**, los **potenciales disponibles técnicamente** y los **potenciales disponibles energéticamente**.

### Residuos.

- Potencial Bruto (PB).

El Potencial Bruto es la cantidad de residuo producido anualmente. Se obtiene multiplicando la producción anual del producto principal —que es la fuente del residuo— por un factor de residuo. Los valores de potencial bruto pueden presentarse en toneladas o en tep (toneladas equivalentes de petróleo).

- Potencial Disponible (PD).

El Potencial Disponible es la cantidad anual de residuo que es factible de obtener técnicamente. Se obtiene multiplicando el potencial bruto por un factor de disponibilidad. Los datos de potencial disponible se presentan normalmente en tep.

- Potencial Disponible Energético (PE).

Es la cantidad anual de residuos disponibles que se pueden utilizar energéticamente y representa el potencial disponible disminuido en la cantidad de residuos que tienen en la actualidad una utilización no energética. Se obtiene multiplicando el potencial disponible por un factor de utilización energética. Los valores del potencial disponible energético se presentan normalmente en tep.

Los factores de diagnóstico que pueden definirse entonces, cuya variación es entre 0 y 1, son:

- Factor de Residuo (FR).

Es la cantidad de residuo por unidad de producción principal, en toneladas de residuo por tonelada de producción principal.

- Factor de Disponibilidad (FD).

Es la fracción de los residuos producidos que se pueden técnicamente recolectar.

- Factor de Utilización Energética (FE).

Es la fracción de los residuos disponibles que se puede utilizar para fines energéticos.

Estos factores de diagnóstico pueden obtenerse de los Anuarios de Producción de FAO, de estudios regionales o nacionales, y normalmente deben ser verificados y/o complementados con datos de elaboración local.

### Biomasa Forestal.

Para el caso de la biomasa forestal, el potencial disponible energético representa la producción del bosque que puede destinarse a leña y carbón, y que puede calcularse, en primera aproximación, multiplicando el área de bosque en hectáreas (A) por un factor de accesibilidad y por el crecimiento anual de la masa forestal (CA).

De esta forma, el potencial disponible energético representa la biomasa que es factible de extraer anualmente del bosque en una explotación sostenida y sin alterar las reservas forestales. El factor de accesibilidad (FA) varía entre 0 y 1 y es una medida de la fracción del área del bosque accesible para ser explotada.

### **Expresiones de Cálculo.**

Para los cálculos de potenciales pueden utilizarse las siguientes relaciones:

- a) Para los residuos (agrícolas, pecuarios, agroindustriales, forestoindustriales y forestales)

$$PB = PP \times FR$$

$$PD = PB \times FD$$

$$PE = PD \times FE$$

- b) Para la biomasa forestal:

$$PE = A \times FA \times CA$$

### **Estacionalidad.**

En los casos en que sea posible, es conveniente realizar una distribución temporal de la disponibilidad anual de cada tipo de recurso, teniendo en cuenta las características estacionales de las producciones utilizando, por ejemplo, un factor de distribución por trimestre que varíe entre 0 y 100 %.

### **Costo de la Biomasa.**

Los factores a considerar en la determinación del eventual costo de la biomasa son:

- Costo de producción,
- Costo de transporte,
- Costo de almacenamiento,

como así también la influencia de ciertos aspectos ambientales, tales como el retorno de nutrientes, el aumento de la productividad y el saneamiento.

### **Consumos Potenciales.**

Respecto a los potenciales consumos de energía proveniente de la biomasa, deberían explorarse tanto el sector doméstico como el sector industrial. Dentro de este último se incluyen las actividades agrícolas, agroindustriales, forestales y otras afines.

En cada uno de los casos deben determinarse:

- Necesidades energéticas (por zona),
- Factor de sustitución por biomasa,
- Distribución temporal.

### **Caracterización de la Biomasa.**

#### **e) Humedad - Contenido de agua.**

El contenido de agua de la biomasa es importante para determinar su calidad energética y el rendimiento de transformación, los costos de transporte, y el comportamiento durante el almacenamiento.

La biomasa es higroscópica, adsorbe (agua ligada) y absorbe (agua libre) agua.

El cálculo de la humedad puede hacerse de dos formas distintas:

$H_s = \text{peso H}_2\text{O} / \text{peso seco} \times 100 (\%)$  (denominada humedad en base seca)

$H_v = \text{peso H}_2\text{O} / [\text{peso seco} + \text{peso H}_2\text{O}] \times 100 (\%)$  (denominada humedad en base húmeda)

Al tomar valores de humedad de la bibliografía o de información secundaria, es muy importante asegurarse de cuál humedad se trata y trabajar en forma coherente.

La calidad energética de la biomasa depende de la humedad porque es necesario vaporizar el agua durante el proceso de quemado. Hay un gasto de energía que puede descomponerse en: a) calentamiento de la biomasa, b) calentamiento del agua, c) calor de vaporización del agua y d) calor de hidratación de la biomasa.

El poder calorífico de la biomasa varía consecuentemente con el contenido de humedad. El contenido de agua influencia no sólo el poder calorífico sino también la eficiencia de la transformación: p.ej. si el contenido de agua es grande, la temperatura de llama puede no ser suficiente para una combustión completa, formándose CO e hidrocarburos. Para valores superiores al 60-70 % no se alcanza a mantener la combustión.

La humedad es muy variable con el tipo de biomasa, con la especie, con las componentes biomásicas y con la edad de la planta.

## Densidad.

La densidad básica de la biomasa ( $\text{kg/m}^3$ , peso seco por volumen sólido) también es importante en la fase de diagnóstico y de estudios de implementación en relación a:

- Convertir evaluaciones de volumen en masa,
- Cálculos de transporte,
- Análisis de sistemas de almacenamiento,
- Sistemas de alimentación a los equipos.

La densidad está también relacionada con el contenido máximo de agua y con el volumen de vacíos. Por ejemplo, la sustancia sólida de las paredes celulares tiene una densidad aproximada de  $1.500 \text{ kg/m}^3$ , en tanto que la madera tiene  $450 \text{ kg/m}^3$ , lo que está motivado por la existencia de vacíos importantes con posibilidad de contener agua o aire.

La densidad es muy variable con el tipo de biomasa, con la especie, entre individuos de una misma especie y en el mismo individuo. En un árbol aumenta desde el interior al exterior, disminuye con la altura y varía en los anillos de crecimiento.

Además es importante otro factor, la densidad bruta (*bulk density*) que mide la compactación de la biomasa y que depende del contenido en volumen sólido de la biomasa por volumen total.

## Contenido de Cenizas.

El contenido de cenizas es también muy variable, y resulta importante en relación al diseño del equipamiento para la combustión de la biomasa y para la consideración de los efluentes de las instalaciones.

## C.2. Fuentes de Datos Primarios.

Los datos de producción primaria pueden obtenerse de las estadísticas que realizan

normalmente las diferentes Secretarías y/o Ministerios responsables del área agropecuaria y forestal, tomando un año de referencia. De lo contrario, pueden realizarse encuestas o entrevistas a informantes calificados.

### C.3. Factores de Diagnóstico.

Los Factores de Diagnóstico utilizados para estimar las existencias de recursos biomásicos se detallan en la tabla siguiente:

**Tabla C1. Factores de Diagnóstico.**

Producto	Factor de Residuo <sup>(1)</sup>	Factor de Disponibilidad	Factor de Utilización	Valor Energético	Factor de Distribución Temporal Trimestre (%)			
	-	-	-	(tep/t)	I	II	III	IV
<b>I. Residuos Agrícolas.</b>								
Algodón	1,20	0,95	0,2	0,375	60	40	--	--
Arroz	0,38	0,95	0,3	0,375	100	--	--	--
Caña de Azúcar	0,55	0,95	0,3	0,375	--	--	50	50
Maíz	0,55	0,95	0,25	0,375	50	--	--	50
Soja	0,55	0,95	0,2	0,375	50	30	--	20
Sorgo granífero	0,5	0,95	0,25	0,375	50	50	--	--
Porotos	0,55	0,95	0,3	0,375	60	40	--	--
<b>II. Residuos Pecuarios.</b>								
Aves	0,005	0,3	1	0,35	25	25	25	25
Equinos	0,6	0,1	1	0,35	25	25	25	25
Ovinos	0,3	0,15	1	0,35	25	25	25	25
Porcinos	0,3	0,5	1	0,35	25	25	25	25
Vacas Lecheras	2,4	0,3	1	0,35	25	25	25	25
Vacunos	1,68	0,1	1	0,35	25	25	25	25
<b>III. Residuos Agroindustriales.</b>								
Aceite de algodón	0,15	0,9	0,9	0,33	--	100	--	--
Aceite de soja	0,01	0,9	0,5	0,33	40	60	--	--
Aceite de tung	0,5	0,9	0,5	0,33	--	50	50	--
Algodón	0,05	0,9	1	0,33	50	50	--	--
Arroz	0,21	0,9	0,75	0,23	100	--	--	--
Caña de Azúcar	0,25	1	0,9	0,184	--	--	50	50
<b>IV. Residuos Forestoindustriales.</b>								
Aserrio	0,6	0,85	0,7	0,23	25	25	25	25
<b>V. Residuos Forestales.</b>								
Aserrio	0,5	1	1	0,23	25	25	25	25
Leña y Carbón	0,07	1	1	0,23	25	25	25	25

(1) Residuos agrícolas: t residuo por t de producto; Residuos pecuarios: t residuo seco por cabeza; Residuos agroindustriales: t residuo por t de producto; Residuos forestoindustriales: t de residuo por t de madera procesada; Residuos Forestales: t de residuo por t de madera extraída.

Los "Factores de Diagnóstico" consignados fueron tomados principalmente del "Diagnóstico de Recursos, Formulación de Estrategias y Consideración de Aspectos Ambientales", informe elaborado en Abril de 1991 dentro del programa "Utilización Energética de la Biomasa en el Noreste de Argentina", convenio ADE/933/87/05 entre la República Argentina y la Comisión de Comunidades Europeas.<sup>24</sup>

De la consulta realizada específicamente en las provincias relevadas, surgió que dichos factores fueron adecuados a la región en dicha oportunidad y continúan siendo casi los únicos disponibles para la realidad local.

<sup>24</sup> Proyecto ADE/933/87/05. 1991. Ver referencias.

En la etapa de análisis detallado de la disponibilidad de residuos para un aprovechamiento específico, dichos factores de diagnóstico deberán ser ajustados a la realidad local.

#### **C.4. La Madera como Combustible.<sup>25</sup>**

Las propiedades de la biomasa forestal como combustible varían poco para las diferentes especies disponibles. En general las maderas “duras” contienen un 43 % de celulosa, un 22 % de lignina y un 35 % de hemicelulosa en tanto que las maderas “blandas” contienen un 43 % de celulosa, un 29 % de lignina y un 28 % de hemicelulosa. La composición de la madera determina básicamente su poder calorífico y la manera en que se produce la liberación de esta energía potencial química.

La composición química elemental de la mayoría de las maderas secas es prácticamente constante: 50 % de carbono, 6 % de hidrógeno y 43 % de oxígeno, dando una fórmula empírica aproximada  $CH_{1,44}O_{0,66}$ . El contenido de cenizas es bajo (menor del 2 %) y contiene muy poco azufre (menos del 0,1 %).

La variable que afecta en mayor medida el valor del poder calorífico de la madera es el contenido de humedad. La manera más usual de expresar el contenido de humedad es sobre base húmeda, representando la fracción del peso total de la madera húmeda constituido por agua. Un contenido mayor de humedad hace que la madera tenga un menor poder calorífico y que se formen mayor cantidad de partículas sólidas durante la combustión.

El poder calorífico de un combustible es una medida de la máxima cantidad de energía que puede obtenerse al quemar completamente una dada cantidad del mismo. La definición útil a los presentes efectos es la del poder calorífico inferior (PCI) del combustible, que es la cantidad de energía obtenida cuando todo el agua originada en la combustión permanece en forma de vapor, lo que ocurre en el caso de un equipo normal de combustión.

El poder calorífico inferior de la madera no varía substancialmente para los diferentes tipos de la misma, y puede calcularse con suficiente aproximación mediante la expresión:

$$PCI = 19,0 - 21,5 \times (MC/100)$$

donde MC representa el contenido de humedad (%) y PCI se mide en MJ/kg.

#### **C.5. Impacto ambiental positivo de la utilización energética de los residuos de biomasa.<sup>26</sup>**

Hoy en día es el debate ambiental más que las crisis energéticas, el que actúa como la mayor fuerza impulsora del desarrollo de las fuentes renovables de energía, entre las cuales destaca la energía de la biomasa.

La recolección y uso de los residuos agrícolas y forestales puede reducir las emisiones nocivas, tanto de la quema incontrolada “*in situ*” como de los incendios forestales que éstas provocan. De acuerdo a algunos autores, al pasar de una combustión abierta (incontrolada) a una realizada en el hogar de una instalación de conversión energética, el contenido de partículas (en kg por tonelada quemada) pasa de 26,3 kg/t a 13,6 kg/t y el contenido de CO del rango 18-63 kg/t al de 1-27 kg/t.

Por otra parte, las medidas de conservación de energía por si solas muy difícilmente puedan estabilizar las emisiones de dióxido de carbono de los combustibles fósiles.

---

<sup>25</sup> Extractado de: Beaumont Roveda, E. 1986. Ver referencias.

<sup>26</sup> Extractado de: Beaumont Roveda, E. 1994. Ver referencias.

Existe un claro rol de las energías renovables también para combatir el cambio climático global.

Esto es extensivo a la utilización energética de la biomasa: a pesar de que el quemado de la misma para producir energía libera  $\text{CO}_2$ , la cantidad liberada no es mayor de la que se liberaría si los residuos no hubiesen sido utilizados para producir energía. La mayoría de los residuos no utilizados son oxidados a través de su quemado para su disposición o a través de la descomposición de los mismos en pilas descubiertas.

Pero en este caso, la incorporación de dióxido de carbono a la atmósfera, producto de la combustión de biomasa, es compatible con el sistema que ayuda a fijarlo (por el proceso de fotosíntesis en la vegetación existente). Consecuentemente se reduce el efecto de realimentación negativo del dióxido de carbono al ambiente denominado "efecto invernadero".

Si los vegetales almacenadores de carbono fueran utilizados para la generación de energía, la biomasa podría ser desviada de su proceso de oxidación por decaimiento a uno de oxidación dentro de un sistema controlado de recuperación de energía, manteniendo el flujo de carbono hacia la atmósfera esencialmente inmodificado.

La mayoría de la biomasa utilizable para energía está constituida por residuos que de otra manera se pudrirían en el campo o en el bosque o se convertirían en relleno sanitario. La descomposición de la biomasa produce emanaciones ácidas y metano, ambos perjudiciales para el ambiente (el metano es uno de los mayores contribuyentes al efecto invernadero). El quemado de la biomasa para energía elimina la liberación de metano y no produce incremento en el contenido de  $\text{CO}_2$ .

Asimismo, los métodos corrientes de disposición de los residuos de biomasa contribuyen significativamente a la contaminación del agua. La lixiviación producida desde las grandes pilas de residuos depositados o enterrados y de las cenizas de los residuos quemados contribuyen a la contaminación de las napas de agua e, inclusive, en muchos lugares los residuos son arrojados directamente a los ríos o mares.

Por otra parte, la combustión de biomasa vegetal contribuye a la neutralización del efecto de la "lluvia ácida", combinación de  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_x$  con vapor de agua, dado que existe una disminución de la emisión de derivados del azufre ya que los combustibles de biomasa poseen un tenor considerablemente menor que los combustibles fósiles. Esto contribuye por lo tanto a prevenir el efecto de la lluvia ácida.

Todo lo anterior constituye un importante argumento para sostener la conveniencia y pertinencia del diseño de políticas energético-ambientales que consideren prioritariamente el aprovechamiento múltiple y racional de los residuos de biomasa.

En la República Argentina no existe al presente prácticamente ninguna normativa que resalte la necesidad de emplear los residuos combustibles para la autogeneración en los casos de las industrias que los producen, como ocurre, por ejemplo, en el Brasil a través de una prohibición de uso de combustibles derivados del petróleo en aserraderos y otras industrias productoras de residuos.

Por lo tanto, los aprovechamientos energéticos de este tipo quedan librados a la conveniencia económica de las respectivas empresas, con consecuencias negativas como las que se han reseñado. En la mayor parte de los aserraderos de las provincias de Misiones y Corrientes — que presentan la mayor concentración de los mismos— es común ver desde gran distancia las columnas de humo que delatan la presencia de hornos incineradores o bien la lisa y llana combustión a campo abierto de los residuos de aserrado.

Resultaría por lo tanto necesario implementar a breve plazo, por parte de las Autoridades competentes, un cuerpo normativo que regule el impacto ambiental de esta quema incontrolada de residuos y que impulse la autogeneración de energía eléctrica en todas aquellas industrias que dispongan de residuos combustibles

provenientes de su proceso productivo — de forma similar al conocido esquema PURPA<sup>27</sup> de los EE.UU.— que regula la compra prioritaria y en condiciones ventajosas, por parte de las usinas, de aquella energía generada en base a fuentes renovables.

---

<sup>27</sup> PURPA: Public Utility Regulatory Policies Act, de 1978.

## ANEXO D: ANALISIS DEL SECTOR FORESTAL Y SUS POTENCIALES RESIDUOS

En el presente capítulo se presenta información sobre la producción forestal primaria actual, sobre la actividad foresto-industrial y una estimación de la cantidad de residuos que produce dicha actividad, todo en referencia a la cuantificación de la potencial materia prima utilizable para energía.

Dado que las Provincias de Corrientes y Misiones, conjuntamente con regiones de otras provincias vecinas, integran una zona forestal de difícil segmentación, el análisis se realizará preliminarmente de manera conjunta, relegando la evaluación detallada para la etapa posterior de selección de sitios para los potenciales aprovechamientos.

### D.1. El sector forestal primario.

De acuerdo con los inventarios forestales que realizaron recientemente la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos y la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable<sup>28</sup>, la Argentina contaba en el año 1998 con un patrimonio de 33,2 millones de hectáreas (Mha) de bosque nativo que se completaba con un patrimonio de bosques cultivados de 0,78 Mha. A los fines de este diagnóstico resulta de interés el subsector relacionado con la materia prima cultivada (i.e. las plantaciones), razón por la cual se detallarán algunas de las características más sobresalientes del mismo y en lo que sigue, a menos que se indique lo contrario, la información se referirá exclusivamente a este subsector.

A partir del inventario correspondiente y con información oficial, Braier<sup>29</sup> realizó una actualización de la superficie cultivada para el año 2002 que revelaba el incremento del área total hasta alcanzar un total de 1,15 Mha. En gran medida este patrimonio ha sido creado con apoyo del estado mediante distintos mecanismos de incentivo económico (desde créditos fiscales hasta subsidios directos), los cuales han estado vigentes de manera más o menos consistente casi durante los últimos 30 años. Incluso las clases de edad de las plantaciones suelen reflejar los vaivenes de estas políticas. Aunque el patrimonio ha crecido notablemente en el último período, aún es sustancialmente menor al de otros países de Latinoamérica (Chile y Brasil en términos absolutos, Uruguay en términos relativos).

La ubicación geográfica y la composición específica de este patrimonio en las provincias bajo estudio, se puede observar en la Tabla D1.

**Tabla D1. Plantaciones forestales por especies y provincia bajo estudio en el año 2002.**

Distribución de las superficies (kha) con plantaciones forestales por especies y provincias en el año 2002.						
Provincia	Pinos	Eucaliptos	Salicáceas	Otras	Total	% país
Misiones	313,7	24,9	0,0	46,3	384,9	34,5
Corrientes	232,5	95,8	0,0	0,8	329,0	29,5
<b>Total</b>	<b>546,2</b>	<b>120,7</b>	<b>0,0</b>	<b>47,1</b>	<b>714</b>	<b>64,0</b>
<b>Proporción</b>	<b>76,5%</b>	<b>16,9%</b>	<b>0,00%</b>	<b>6,6%</b>	<b>100%</b>	

<sup>28</sup> SAGPyA, 2001; SAyDS, 2002. Ver referencias.

<sup>29</sup> Braier, 2004a. Ver referencias.

<b>Total país</b>	<b>656,0</b>	<b>278,8</b>	<b>109,4</b>	<b>71,4</b>	<b>1115,7</b>	
<b>% país</b>	82,26	43,29	0,0	<b>6,4</b>		

Fuente: Braier (2004a).

De acuerdo con estos datos, casi las 2/3 partes del área con plantaciones del país están concentradas en las dos provincias mesopotámicas bajo estudio, Corrientes y Misiones. En lo relativo a la composición específica, las especies del género *Pinus spp.* son las más cultivadas y más que cuadruplican la superficie cultivada con distintos eucaliptos (*Eucalyptus spp.*). Sumadas, la proporción alcanza casi el 95%.

A nivel nacional, esta preponderancia de los pinos y eucaliptos en el patrimonio era más marcada en 1998 si se considera que el volumen total en pie alcanzaba unos 94 Mm<sup>3</sup>, de los cuales más del 90% correspondían a estos géneros, con los pinos también duplicando en volumen a los eucaliptos<sup>30</sup>. En el inventario también se reveló que más de la mitad de las plantaciones eran propiedad de las industrias (grandes y pequeñas en conjunto) mientras que cerca del 80% de los predios registrados presentaban un área de al menos 1000 ha, datos que están sugiriendo que los emprendimientos son de cierta escala. De acuerdo con el “Estudio sobre cadenas productivas seleccionadas en la República Argentina”<sup>31</sup> habría más de 15 mil productores, y el sector a nivel nacional estaría empleando unas 41 mil personas.

La serie estadística correspondiente al quinquenio 1998-2002<sup>32</sup> informa que el peso promedio de madera cosechada en bosques cultivados resultó ser de 5,9 millones de toneladas (5.900 Gg). Siempre de acuerdo con los promedios, más del 95% de esta madera se comercializó como madera rolliza y la participación relativa de las especies sigue aproximadamente la distribución de las superficies (Ver Figura D1).

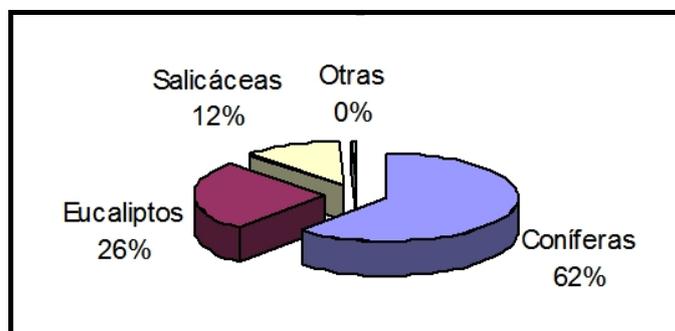


Figura D1. Distribución relativa de los tres géneros más importantes en la cosecha forestal

Distribución relativa promedio del período 1998-2002 de los tres géneros más importantes en la cosecha.

Fuente: elaboración propia con datos de SAGPyA (2003). Coníferas incluye la cosecha de *Araucaria angustifolia* y la participación de Otras no alcanza un dígito significativo.

En cuanto al origen geográfico, la Provincia de Misiones representa casi 2/3 partes del total, mientras que los segundos distritos (Corrientes, Entre Ríos y Buenos Aires) representan 1/4 del total. Dado que se han informado valores y proporciones promedio

<sup>30</sup> SAGPyA, 2001. Ver referencias.

<sup>31</sup> Okita, 2003. Ver Referencias.

<sup>32</sup> SAGPyA, 2003. Ver Referencias.

conviene destacar que la cosecha del último período informado (2002) fue la mayor de la serie con 7,4 millones de toneladas (7400 Gg).

Estas tendencias crecientes se acentuaron en el año 2003, último con estadísticas publicadas y en el que se cosecharon —a nivel nacional— 7,84 millones de toneladas (7.840 Gg) en total, 97,6% de los cuales se comercializaron como rollizos con una participación creciente de los pinos en desmedro de los eucaliptos si se la compara con la serie quinquenal (Ver Tabla D2). Como se puede observar, el intercambio de material rollizo con el exterior es prácticamente despreciable.

<b>Composición del consumo aparente a nivel nacional de rollizos (en toneladas) por especies para el año 2003.</b>					
	<b>Pinos</b>	<b>Eucaliptos</b>	<b>Salicáceas</b>	<b>Otras<sup>(1)</sup></b>	<b>Total</b>
Cosechas	5376070	1154771	908157	212174	7651172
Importaciones	0	0	0	0	0
Exportaciones	17	37687	25	129	37858
<b>Consumo aparente</b>	<b>5376053</b>	<b>1117084</b>	<b>908132</b>	<b>212045</b>	<b>7613314</b>
<b>Proporción (cosechas)</b>	<b>70,3</b>	<b>15,1</b>	<b>11,9</b>	<b>2,8</b>	<b>100,0</b>

(1) Incluye *Araucaria angustifolia*.  
Fuente: SAGPyA (2003).

**Tabla D2. Consumo aparente de rollizos.**

## D.2. La industria forestal.

De acuerdo con la encuesta anual de la industria de la madera y el papel<sup>33</sup>, en el año 2003 en el país había más de 100 emprendimientos industriales ligados con el sector de las plantaciones forestales sin contabilizar la industria del aserrío. En un estudio sobre cadenas productivas seleccionadas en la República Argentina<sup>34</sup> se ha estimado que la cantidad de aserraderos instalados en el país sería alrededor de 2.200. De acuerdo con esta fuente, el empleo total del sector alcanzaría unas 141 mil personas.

En la Tabla D3 se presenta la información más relevante de las industrias (excluyendo el aserrío). La capacidad ociosa de este subsector oscila entre el 10% (tableros de fibra) y el 40% (tableros de partícula e impregnación). En la industria del pulpado la capacidad ociosa es de apenas el 14%.

<b>Principales características de las industrias forestales argentinas (excluyendo la industria del aserrío) en el año 2003.</b>				
<b>Industria</b>	<b>Cantidad estimada de industrias</b>	<b>Personal ocupado</b>	<b>Capacidad instalada</b>	<b>Producción</b>
			(m <sup>3</sup> /año)	(m <sup>3</sup> /año)
Tableros de fibra	4	570	641000	578109
Tableros de partícula	5	651	729000	454943
Tableros compensados	15	1302	117261	84818
Impregnación	29	288	222103	133620
			(t/año)	(t/año)
Pasta celulósica	65	10195	1040126	894217
Papel y cartón			1683146	1212280

<sup>33</sup> SAGPyA, 2003. Ver Referencias.

<sup>34</sup> Okita, 2003. Ver Referencias.

**Tabla D3. Industrias forestales argentinas.**

En la Tabla D4 se presentan las demandas industriales de materia prima rolliza como tal (*i.e.* no se incluyen las demandas de madera en otras formas como chips o aserrín) correspondientes al año 2003.

Como se observa, la industria del aserrío consume aproximadamente la mitad de los rollizos mientras que la industria celulósica consume alrededor de un tercio de los rollizos como tales. El 17% restante es demandado por todas las industrias de tableros.

El destino de la materia prima de las distintas especies por industrias indica que los rollizos de pino se usan principalmente como material aserrable y pulpable, mientras que la mayor parte de los rollizos de eucaliptos y salicáceas se destinan a la industria celulósica y a la producción de tableros.

Las otras especies se usan principalmente para la producción de material aserrado. Analizando la información por industria se puede destacar que para la producción de pastas se usan principalmente pinos como materia prima (alrededor de dos tercera partes del total), lo que también ocurre con el material aserrado y los tableros de fibra (en ambos casos aproximadamente cuatro quintas partes del total).

La producción de tableros de partículas demanda principalmente materia prima de latifoliadas -salicáceas > eucaliptos- (juntas representan más del 90% de la demanda) y lo propio ocurre con la industria de los tableros compensados -eucaliptos > salicáceas- (juntas representan alrededor de tres cuartas partes del total). La participación de otras especies es marginal en todas las industrias (en ningún caso superan el 5% del total demandado).

<b>Distribución por industria y por especie del consumo aparente de rollizos como tales (en miles de toneladas o Gg) en el año 2003.</b>						
<b>Industria</b>	<b>Pinos</b>	<b>Eucaliptos</b>	<b>Salicáceas</b>	<b>Otras</b>	<b>Total</b>	<b>Proporción</b>
Pastas celulósicas	1.537	573	416	0	2.526	33,2
Tableros de partícula	27	135	238	0	401	5,3
Tableros de fibra	516	124	0	15	655	8,6
Tableros compensados <sup>(1)</sup>	44	148	62	10	264	3,5
Aserrío <sup>(2)</sup>	3.252	136	192	187	3.767	49,5
<b>Total</b>	<b>5.376</b>	<b>1.117</b>	<b>908</b>	<b>212</b>	<b>7.613</b>	<b>100,0</b>

(1) Incluye faqueado y laminado. Se han considerado las demandas de rollizos como tales a las que se les han agregado las demandas de láminas expresadas por su equivalente en materia prima rolliza (considerando una eficiencia del 55% en el procesamiento).

(2) Se ha asumido que la demanda de la industria del aserrío es el residuo entre el total y el consumo informado por las demás industrias en la Encuesta Anual de la Industria Maderera y del Papel y el Censo de la Industria de la Madera.

Fuente: elaboración propia con datos de SAGPyA (2003) y SAyDS (2005).

**Tabla D4. Distribución por industria y por especie del consumo aparente de rollizos.**

### **D.3. Materia prima forestal**

En principio existen dos opciones para el abastecimiento de una cierta demanda de materia prima para la producción de energía. Una primera opción es adquirir la madera y/o los residuos de los procesos industriales en el mercado. La segunda opción es crear un patrimonio forestal mediante plantaciones para abastecer las necesidades de materia prima.

La primera opción, de resultar factible, tendría la ventaja de complementarse con actividades pre-existentes y permitiría la instalación de la planta de manera inmediata. Para ello es importante entonces determinar la factibilidad de esta opción.

En una primera aproximación, se puede observar que cualquier alternativa tendría un impacto significativo en el sector puesto que en la actualidad se cosechan unos 8 millones de toneladas de madera rolliza cada año, y los residuos derivados tienen un uso alternativo en muchos casos.

Sin embargo, para determinar la factibilidad de esta opción se deben considerar las tendencias a mediano y largo plazo de la actividad forestal. Afortunadamente, en un detallado estudio<sup>35</sup> se han publicado estimaciones del comportamiento de todos los actores de la cadena foresto-industrial que permiten pronosticar el estado del sector en el año 2020. Para pronosticar la oferta de madera en dicho estudio se ha desarrollado un modelo de programación lineal que maximiza las ganancias de los forestadores, y les determina las mejores combinaciones de superficies cultivadas, cosechadas, especies, rotaciones, etc.

La característica interesante del modelo es que prevé restricciones realistas como una superficie máxima susceptible de ser forestada en un año cualquiera, y que las cosechas de cada año están condicionadas por la demanda. El análisis se ha desarrollado para las cuencas productivas (o núcleos) más importantes de la actualidad.

La Tabla D5 y la Tabla D6, permiten apreciar la composición actual de los patrimonios forestales de Misiones y Corrientes y su distribución por clases de edad.

<b>Distribución de las superficies con plantaciones forestales en la provincia de Misiones por clases de edad (años) y por especies en el año 2002.</b>						
<i>Miles de ha</i>						
<i>Clases de edad</i>	<i>Pinos</i>	<i>Eucaliptos</i>	<i>Salicáceas</i>	<i>Otras</i>	<i>Total</i>	<i>Proporción</i>
≤ 6	60,1	4,8	0,0	8,9	73,7	19,1
7-12	73,1	4,3	0,0	2,9	80,3	20,9
13-18	65,4	12,0	0,0	15,0	92,4	24,0
19-24	86,4	2,2	0,0	6,4	95,1	24,7
≥ 25	28,7	1,7	0,0	13,1	43,5	11,3
<b>Total</b>	<b>313,7</b>	<b>24,9</b>	<b>0,0</b>	<b>46,3</b>	<b>384,9</b>	<b>100,0</b>
<b>Proporción</b>	<b>81,5</b>	<b>6,5</b>	<b>0,0</b>	<b>12,0</b>		<b>100,0</b>

Fuente: elaboración propia con datos de Braier (2004a) y SAGPyA (2001).

**Tabla D5. Distribución de las plantaciones forestales en la Provincia de Misiones.**

<b>Distribución de las superficies con plantaciones forestales en la provincia de Corrientes por clases de edad (años) y por especies en el año 2002.</b>						
<i>Miles de ha</i>						
<i>Clases de edad</i>	<i>Pinos</i>	<i>Eucaliptos</i>	<i>Salicáceas</i>	<i>Otras</i>	<i>Total</i>	<i>Proporción</i>
≤ 6	32,0	13,2	0,0	0,1	45,3	13,8
-12	53,6	21,5	0,0	0,0	75,1	22,8

<sup>35</sup> Braier, 2004. Ver Referencias.

13-18	52,7	26,8	0,0	0,0	79,5	24,1
19-24	66,4	28,8	0,0	0,7	95,9	29,2
≥ 25	27,8	5,5	0,0	0,0	33,3	10,1
<b>Total</b>	<b>232,5</b>	<b>95,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,8</b>	<b>329,0</b>	<b>100,0</b>
<b>Proporción</b>	<b>70,6</b>	<b>29,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,2</b>		<b>100,0</b>
Fuente: elaboración propia con datos de Braier (2004a) y SAGPyA (2001).						

**Tabla D6. Distribución de las plantaciones forestales en la provincia de Corrientes.**

En el caso de los eucaliptos, la cuenca en realidad se constituye con las plantaciones sobre la margen del Río Uruguay e incluye la mayor parte de las plantaciones de Corrientes y todas las de Entre Ríos.

En la Tabla D7 y la Tabla D8 se puede observar la distribución por especies y clases de edad para los eucaliptos en esta cuenca, en las que resulta evidente las rotaciones más cortas que se emplean en la práctica.

En el informe “Tendencias y perspectivas del sector forestal al año 2020”<sup>36</sup> también se reporta un pronóstico de comportamiento de la oferta y la demanda hasta el año 2020 que, a diferencia del descrito para los pinos en Misiones, no implica un ejercicio de optimización que maximiza los retornos para los propietarios, sino más bien un ejercicio de simulación.

El pronóstico sugiere que hacia el año 2005 la oferta habría superado a la demanda en el segmento de los materiales triturables, y que a partir del 2008 ocurrirá lo propio con el material de calidad apta para el aserrío. Es decir, también se está pronosticando un exceso de oferta que no podrá ser consumido por las industrias instaladas, aún considerando sus potenciales ampliaciones, las que fueron relevadas en el estudio.

<b>Distribución de las superficies con plantaciones forestales en la provincia de Entre Ríos por clases de edad (años) y por especies en el año 2002.</b>						
<i>Miles de ha</i>						
<i>Clases de edad</i>	<i>Pinos</i>	<i>Eucaliptos</i>	<i>Salicáceas</i>	<i>Otras<sup>1</sup></i>	<i>Total</i>	<i>Proporción</i>
≤ 6	4,1	31,2	5,5	4,6	45,4	34,6
7-12	2,2	37,7	6,7	4,0	50,6	38,6
13-18	1,9	9,8	3,7	1,9	17,3	13,2
19-24	2,1	6,0	0,0	1,9	10,0	7,6
≥ 25	1,4	5,4	0,0	1,0	7,8	6,0
<b>Total</b>	<b>11,7</b>	<b>90,0</b>	<b>15,9</b>	<b>13,4</b>	<b>131,1</b>	
<b>Proporción</b>	<b>8,9</b>	<b>68,7</b>	<b>12,1</b>	<b>10,2</b>		<b>100,0</b>
(1) Las proporciones no se especificaron para 1998 de modo que los valores se asignaron arbitrariamente para minimizar los desvíos con respecto a las proporciones totales. Fuente: elaboración propia con datos de Braier (2004a) y SAGPyA (2001).						

**Tabla D7 Distribución de plantaciones forestales en la provincia de Entre Ríos.**

En base a los resultados del modelo y con las observaciones indicadas, el estudio señala que la cuenca puede ofrecer a partir del año 2010 la posibilidad de sostener un nuevo proyecto de tableros de partículas, que se adicione a las industrias actualmente instaladas en la región. Esto se podría realizar con una oferta sostenida para todo el

<sup>36</sup> Braier (2004). Ver referencias.

período de casi 800 mil toneladas de material astillable, y unas 100 mil toneladas de material aserrable que potencialmente ofrecerá residuos para otros usos.

Sin embargo, de las tres cuencas analizadas es la que más ha mostrado signos de estancamiento en el pasado reciente, y que por lo tanto, ofrece menos atractivos para el futuro próximo. Sin embargo, su cercanía con el mayor centro de consumo nacional la convierten naturalmente en una opción que no puede descartarse con facilidad.

Para completar el análisis de factibilidad de la opción de cubrir la demanda con materia prima comprada en el mercado, resta cuantificar la disponibilidad de residuos del procesamiento industrial. En la Tabla D8 se presentan los resultados de una estimación de la disponibilidad potencial de residuos de madera generados por las industrias forestales.

<b>Generación y uso de residuos de madera (en miles de toneladas o Gg) por parte de las distintas industrias forestales para el año 2003.</b>					
	<i>Pinos</i>	<i>Eucaliptos</i>	<i>Salicáceas</i>	<i>Otras<sup>1</sup></i>	<i>Total</i>
<b>Generado</b>					
Aserrío <sup>1</sup>	1463	61	86	84	1695
Tableros compensados <sup>1</sup>	20	67	28	5	119
<b>Total</b>	<b>1483</b>	<b>128</b>	<b>114</b>	<b>89</b>	<b>1814</b>
<b>Actualmente empleado</b>					
Pastas celulósicas <sup>2</sup>	853	0	4	0	858
Tableros de partículas <sup>3</sup>	12	60	106	0	179
Tableros de fibra <sup>3</sup>	66	16	0	2	83
<b>Total</b>	<b>931</b>	<b>76</b>	<b>111</b>	<b>2</b>	<b>1120</b>
<b>Potencialmente disponible</b>	<b>552</b>	<b>52</b>	<b>4</b>	<b>87</b>	<b>694</b>

1. Se ha supuesto una eficiencia de transformación de los rollizos consumidos por cada industria a producto final del 55% y que todo el remanente constituye residuo generado.  
2. Se ha supuesto que todos los residuos que la industria informa como consumo en Misiones son de pinos y en Buenos Aires y Entre Ríos son de salicáceas.  
3. Se ha supuesto que los residuos que la industria informa como consumo se distribuyen por especies siguiendo las mismas proporciones que se observan en el consumo de rollizos como tales que ha hecho la misma industria.  
Fuente: elaboración propia con datos de SAGPyA (2003) y SAyDS (2005).

**Tabla D8. Generación y uso de residuos de madera.**

De acuerdo con los supuestos expresados, las estimaciones indican un uso relativamente intenso de los residuos generados por la industria. En efecto, el peso de residuos de madera que la industria informa como consumo de materia prima para sus procesos (poco más de 1,1 millón de toneladas) representa un 15% del peso total reportado como consumo aparente de rollizos (en este caso luego de descontar las exportaciones, las que no alcanzan valores significativos, cf. Tabla D8).

Por su parte, las casi 700 mil toneladas estimadas como potencialmente disponibles estarían representando apenas el 9% del consumo aparente. Si se considera la composición específica, es claro que la mayor parte del material potencialmente disponible es de coníferas y, dada la distribución geográfica del cultivo de esta especie en nuestro país, casi todo este material estaría concentrado en el norte de la Mesopotamia (Misiones y Corrientes, principalmente).

El material potencialmente disponible del resto de las especies no alcanza valores de importancia, y solamente el originado en el procesamiento de eucaliptos es probable que presente algún grado de concentración geográfica (en el centro de la Mesopotamia, en las provincias de Entre Ríos y Corrientes).

Complementariamente, se puede considerar la generación de residuos producidos por la industria que procesa madera del bosque nativo. De acuerdo con las estimaciones hechas por el “Anuario de estadística forestal” de la SAyDS<sup>37</sup>, en el aserrado de maderas nativas durante el 2003 se habrían producido unas 327 mil toneladas (asumiendo una eficiencia en la transformación del 55%) en todo el país.

Para estimar su ubicación geográfica conviene destacar que del total de madera cosechada del bosque nativo en ese año (medido en peso), prácticamente el 85% se ha originado en las provincias de Chaco, Misiones y Formosa (en ese orden de importancia).

En definitiva, la oferta total potencial de residuos de madera (tanto de bosques cultivados como nativos) en la región constituida por las provincias de Misiones, Corrientes, Chaco y Formosa, podría superar las 825 mil toneladas.

---

<sup>37</sup> SAyDS, 2005. Ver referencias.

# ANEXO E: FORMULARIO DE ENCUESTAS

## E.1. Encuesta a las familias

PROVINCIA  
DEPARTAMENTO  
LOCALIDAD  
COORDENADAS

### CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA – 1ª parte

#### Datos del entrevistado <sup>(A)</sup>

1. Nombre:	
2. Edad	
3. Sexo (1) MASCULINO; (2) FEMENINO	
4. Posición familiar (1) JEFE ; (2) CÓNYUGE; (3) PADRE/HIJO; (4) OTRA	
5. Nivel de escolaridad <sup>(b)</sup>	

#### Composición del grupo familiar (si corresponde)

6. Cantidad de personas que conviven (total)	
7. Cantidad de niños	
8. ¿Viven todo el año aquí? (1) SI; (2) NO – pasa a 13	
9. Entre qué meses viven aquí INDICAR MESES CON NÚMERO	

#### Características de la vivienda o unidad constructiva

10. Materiales de la vivienda (1) MACIZOS ; (2) LIGEROS; (3) PRECARIOS <sup>(c)</sup>			
Paredes		Techos	
11. Estado de conservación (1) MALO; (2) REGULAR ; (3) BUENO			
12. ¿Tiene galpón o construcciones auxiliares? (1) SI; (2) NO			

OBSERVACIONES:

-----

-----

-----

- Debe ser mayor de 18 años y familiar directo del jefe de familia
- Escolaridad alcanzada: (0) Nunca recibió; (1C) Primario completo; (1I) Primario incompleto; (2C) Secundario completo; (2I) Secundario incompleto; (3C) Terciario/universitario completo; (3I) Terciario/ universitario incompleto
- A título de referencia:
  - (1) MACIZOS: Paredes – ladrillos, bloques, piedra, adobe – Techos – losa, tejas, ladrillo – Pisos – baldosas, concreto, madera, ladrillos pegados
  - (2) LIGEROS: Paredes – madera, chapas, aglomerados – Techos – chapas, tejuelas – Pisos – piedra/ ladrillos sueltos, contrapiso de cascote, grava
  - (3) PRECARIOS – Paredes – cartón, ramas, paja, cerramiento incompleto – Techos – paja, ramas, hojas de palma – Pisos – suelo natural o compactado

## DEMANDA ENERGÉTICA

### Disponibilidad energética actual

#### 13. Disponibilidad de energía eléctrica

¿Tiene energía eléctrica? (1) SI; (2) NO – pasa a 213

¿Cómo se genera? (1) MOTOR; (2) AERO; (3) SOLAR; (4) HIDRO; (5) OTRA <sup>(a)</sup>

Potencia en vatios (W)


#### 14. Combustible utilizado (si correspondiere)

Tipo <sup>(b)</sup>

Consumo mensual <sup>(c)</sup>

Costo por unidad <sup>(c)</sup>

--

--

--

--

#### 15. Equipamiento básico de la vivienda por fuente energética

N°	Tipo	Fuente energética		Utilización	
		I. Eléctrica	II. Otra <sup>(d)</sup>	I. Cantidad	II. Horas/día
1	ILUMINACIÓN				
2	COMUNICACIÓN				
21	RADIO/GRABADOR				
23	EQUIPO MUSICAL				
24	TV B Y N				
25	TV COLOR				
26	OTRO (INDICAR)				
3	DOMÉSTICOS				
31	HELADERA				
32	FREEZER				
33	LICUADORA				
34	PLANCHA				
35	OTRO (INDICAR)				
3	COCCIÓN/CALEF.				
4	PRODUCTIVO U OTROS				

Otra: indicar cuál

- Indicar por nombre

- Unidad que manifiesta el encuestado (litros, m<sup>3</sup>, etc.)

- Indicar combustible que utiliza

**16. Gasto en iluminación-comunicación cuando no dispone de electricidad**

N°	Combustible	Cantidad que usa por mes	Costo por unidad	Gasto por mes
1	VELAS			
2	KEROSENE			
3	GAS LICUADO			
4	PILAS			
5	BATERÍAS			
6	OTRO (indicar)			
<b>Gasto total por mes</b>				

**Nivel de adhesión**

17. ¿Desearía tener un servicio eléctrico? (1) SI; (2) NO

*“En un futuro cercano (5 años) no es probable que la red eléctrica llegue hasta aquí. Pero el PERMER le ofrece LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD CON RECURSOS DE BIOMASA PARA ABASTECER LAS NECESIDADES DE LA COMUNIDAD*

¿Estaría interesado en este servicio? (1) SI; **pasa a 224;** (2) NO

(Por NO 221-222) ¿Por qué no quiere/no le interesa? <sup>(a)</sup>

**Demanda eléctrica potencial**

**18. Si se le instala el servicio ofrecido, ¿qué artefactos o usos eléctricos está en condiciones de agregar en un término de dos años?**

N°	Tipo	Cantidad	¿Lo podría comprar de inmediato? <sup>(a)</sup>		
			I CON CERTE ZA	II MUY PROBA BLE	III ALGO PROBABLE
1	ILUMINACIÓN				
2	COMUNICACIÓN				
21	RADIO/GRABADOR				
23	EQUIPO MUSICAL				
24	TV B Y N				
25	TV COLOR				
26	OTRO (INDICAR)				
3	DOMÉSTICOS				
31	HELADERA				
32	FREEZER				
33	LICUADORA				
34	PLANCHA				
35	OTROS (indicar)				
4	OTRO TIPO				

**19. Desarrollo de actividad productiva**

Ante la posibilidad de disponer de servicio eléctrico, ¿le interesaría utilizarlo en algún trabajo o actividad laboral?	(1) SI; (2) NO - <b>pas a a 24</b>	
---	--	--

Tipo de actividad que desarrollaría (describir):.....

Equipamiento que instalaría para desarrollar esa actividad

TIPO	1. Cantidad	2. Potencia	I DE INMEDIATO (a)	II EN EL FUTURO (A)
1. ILUMINACIÓN				
2. EQUIPAMIENTO				

232 (4) Tipo de actividad que desarrollaría con energía calórica

TIPO	1. Cantidad	2. Potencia	I DE INMEDIATO (a)	II EN EL FUTURO (a)
2. EQUIPAMIENTO				

**Disposición al pago**

**20. Disposición al pago por el servicio**

¿Está dispuesto a pagar una tarifa mensual?	(1) SI; (2) NO	
¿Cada cuánto prefiere pagar?	(1) MES ; (2) BIMESTRE; (3) TRIMESTRE	
¿En dónde prefiere pagar?	(1) DOMICILIO ; (2) PUEBLO PRÓXIMO; (3) OTRO <sup>(a)</sup>	
(Por <b>NO</b> ) ¿Por qué no? <sup>(b)</sup>		

**21. Disposición al pago del derecho de instalación**

¿Acepta pagar por única vez por la instalación del servicio?	(1) SI; (2) NO	
¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por la opción elegida?		
(Por <b>NO</b> ) ¿Por qué no? <sup>(b)</sup>		

OBSERVACIONES:  
.....  
.....

Otro: indicar en observaciones

- Motivos: (1) No podría pagarlo; (2) Tendría que ser gratuito; (3) Otro: indicar en observaciones

**CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA – 2ª parte – CAPACIDAD DE PAGO**

**INGRESOS DEL GRUPO FAMILIAR**

INDICADOR	MIEMBROS DE LA FAMILIA CON OCUPACIÓN REMUNERADA <sup>(A)</sup>									
	1. JEFE	2. CÓNYUGE	3. HIJO	4. HIJO	5. HIJO	6. HIJO	7. HIJO	8. HIJO	9. <sup>(b)</sup> .....	10. <sup>(b)</sup> .....
<b>22. Ocupación principal <sup>(c)</sup></b>										
<b>23. Ingreso permanente (\$/mes)</b>										
<b>24. Ingresos temporarios</b>										
Promedio por mes (\$/mes)										
Meses de ingreso temporario (cantidad)										
Época de ingreso temporario <sup>(d)</sup>										

**EXPERIENCIA EN EL USO DE CRÉDITOS**

<b>25. ¿Alguna vez usó créditos? (1) SI; (2) NO – FIN</b>		<b>26. ¿Para qué los usó? <sup>(e)</sup></b>	
<b>27. ¿Con qué frecuencia paga (pagaba) el crédito? <sup>(f)</sup></b>		<b>28. ¿Cuánto paga (pagaba) de cuota? (\$)</b>	

OBSERVACIONES:

.....

.....

De haber más familiares con ocupación, utilizar otra hoja similar, indicando el número de encuesta y que se trata de la continuación de la primera

Hijo u otro familiar: indicar

Por ocupación se entiende actividad remunerada para subsistencia propia y/o del grupo familiar – (0) NINGUNA ACTUAL; (A) GANADERA; (B) AGRÍCOLA; (C) MADERERA, FORESTAL; (D) COMERCIAL; (E) INDUSTRIAL; (F) ADMINISTRATIVA (G) EMPLEO PÚBLICO; (H) OTRA: indicar en Observaciones

(1) PRIMAVERA; (2) VERANO; (3) OTOÑO; (4) INVIERNO

(1) SEMILLAS; (2) ANIMALES; (3) HERRAMIENTAS; (4) EQUIPAMIENTO DOMÉSTICO (5) OTRO: especificar en Observaciones.

Indicar con número cada cuántos meses: por ejemplo: 1 = mensual; 3 = trimestral; 12 = anual

## E.2. Información a Relevar en los Parajes Preseleccionados,

PROVINCIA	DEPARTAMENTO
PARAJE	COORDENADAS
DISTANCIA A LA RED ELÉCTRICA	
DISTANCIA ASERRADERO/MOLINO	
<b>1.- ACCESIBILIDAD</b>	
CAMINO PRINCIPAL MÁS CERCANO	DISTANCIA EN KM.
ESTADO DEL CAMINO	BUENO      REGULAR      MALO
TIPO DE CAMINO	Pavimento Afirmado Tierra BUENO      REGULAR      MALO
ESTADO CAMINO INTERNO	
ES ACCESIBLE TODO EL AÑO	CUANDO NO? CUANTO TIEMPO?
PUEDEN CIRCULAR CAMIONES?	DE QUE PORTE?
<b>2.- VIVIENDAS</b>	
CANTIDAD	
PATRÓN DE ASENTAMIENTO	DISTANCIA ENTRE LAS VIVIENDAS
CONCENTRADO	
LINEAL	
DISPERSO	
<b>3.- COMERCIOS</b>	
CANTIDAD	TIPO
<b>4.-SERVICIOS PÚBLICOS</b>	
ESCUELA	JORNADA SIMPLE JORNADA COMPLETA CON ALBERGUE
Nº DE ALUMNOS	
PUESTO SANITARIO	PERMANENTE TEMPORARIO
<b>5.- ORGANIZACIÓN COMUNAL</b>	
DESTACAMENTO POLICIAL	

DESCRIPCIÓN N° ASOCIADOS

1.-

2.-

3.-

**6.- CONDICIONES SOCIOECONÓMICAS**

TENENCIA DE LA TIERRA. LAS FAMILIAS QUE HABITAN ESTE PARAJE SON

PROPIETARIOS	%	ARRENDATARIOS	%
PEONES OCUPANTES PERMISO	% SIN %	OCUPANTES CON PERMISO Otro	% %

**ACTIVIDADES ECONÓMICAS**

AGRICULTURA	COMERCIAL	%
GANADERIA	SUBSISTENCIA COMERCIAL	% %
ARTESANOS	SUBSISTENCIA	% %
PEONES		%
JORNALEROS		%
EMPLEADOS PUBLICOS		%
COMERCIANTES		%
OTRO		%

**7.- CONSUMO ACTUAL DE ENERGÍA**

ALGUNOS INTEGRANTES DE LA COMUNIDAD USAN ELECTRICIDAD?

GRUPO ELECTRÓGEN O	CUANTOS?	AEROGENERADORES	CUANTOS?
PANELES SOLARES	CUANTOS?	MICROTURBINAS	CUANTOS?
OTROS	CUÁLES?	CUANTOS?	

**8.- EQUIPAMIENTO DOMÉSTICO**

**EN GENERAL QUE ELECTRODOMÉSTICOS TIENEN LAS FAMILIAS?**

**HELADERA  
FREEZER**

**TELEVISOR**

**9.- POSIBILIDADES DE USO DE ELECTRICIDAD CON FINES PRODUCTIVOS**

**EN AGRICULTURA**

**EQUIPAMIENTO**

**EN GANADERÍA**

**EQUIPAMIENTO**

**EN ARTESANIA**

**EQUIPAMIENTO**

**10.- POSIBILIDAD DE USO DE CALOR CON FINES PRODUCTIVOS**

**EN AGRICULTURA**

**EQUIPAMIENTO**

**EN GANADERÍA**

**EQUIPAMIENTO**

**EN ARTESANIA**

**EQUIPAMIENTO**

**11.- LEÑA**

**USAN LEÑA?**

**PARA QUÉ?**

**LA COMPRAN?**

**CUANTO CUESTA?**

**DONDE?**

**LA RECOGEN?**

**DONDE?**

**QUÉ CANTIDAD?**

**CADA CUANTO TIEMPO?**

**ABUNDA ¿**

**COMENTARIOS**

**OPINIÓN DE CÓMO SE DEBE ORGANIZAR LA PLANTA**

.....  
.....  
.....

## ANEXO F: TRABAJO DE CAMPO-CORRIENTES

El inicio del Trabajo de campo confirmó la información que había brindado la Subsecretaría de Energía: “En los últimos años, a partir del 2003-04, se incrementó en forma notable la electrificación rural”

En efecto a partir de las líneas de media tensión se observa en las rutas provinciales e incluso en los caminos secundarios extensos tendidos de monofilamento con retorno por tierra, tendidos que se pudo comprobar penetran hasta 8 y 10 km en el medio rural brindando servicio a toda la población de su área de influencia.



Figura F1. Tendido eléctrico en caminos rurales.

Este hecho pone claramente de manifiesto que el total de población rural sin servicio eléctrico ha disminuido notablemente desde la realización del último Censo nacional de Población y confirma la decisión de basar la elección de la población objetivo en la distribución de las escuelas rurales que actualmente son beneficiadas con el PERMER. En estos parajes se tiene la certeza que no llega la red eléctrica y no está previsto electrificar aún en el mediano plazo.

En el departamento de Goya se concertó una entrevista con el Intendente Dr. Ignacio Ocela con el propósito de verificar la selección de los Parajes para este departamento. El Dr. Ocela se manifestó totalmente de acuerdo con la selección realizada y nos puso en contacto con el Foro Multidisciplinario por la Justicia de esa localidad que posee un amplio conocimiento del área rural de Goya.

En el Foro, como su presidenta Berta Arroyo estaba en Buenos Aires, mantuvimos una entrevista con Diego, uno de sus integrantes, quien nos mencionó que de todos los parajes del departamento San Antonio Isla es uno de los que reúne las mejores condiciones. El Foro trabaja con esta comunidad desde 1998 año en que eran expulsados del campo en que vivían y consiguieron por medio de un juicio trasladarlos a una zona de 3000 ha que se les entregó en propiedad y donde están instalados desde hace 2 años. Hoy están en

juicio para conseguir un camino abierto y no con servidumbre de paso como es el que tienen actualmente. El Foro les brinda apoyo y procura inculcarles una actitud comunitaria.

En el Departamento de Esquina se había concertado una entrevista con el Intendente Sr. Osvaldo Fogetti que no se pudo concretar por ser el día de visita del Gobernador a ese departamento. En las seis comunidades preseleccionadas se realizó un completo trabajo de campo que consistió en:

1. Reconocimiento *in situ* para comprobar grado de dispersión de las viviendas. Estado de los caminos internos. Factibilidad de circulación de vehículos de carga. Existencia de aserraderos en su área de influencia.
2. Visita a los aserraderos identificados en el área de influencia de cada comunidad para comprobar la existencia de residuos sin aprovechamiento. Tipo de residuos generados. Destino de los mismos. Disposición de sus dueños para destinarlos al abastecimiento de la planta.
3. Entrevistas a informantes calificados en cada uno de los parajes para conocer grado de aceptación de un servicio local de energía eléctrica, posibles usos domésticos y productivos, grado de organización de la comunidad. Identificación de posibles barreras sociales, económicas y culturales.

### ***Departamento Esquina.***

#### **Paraje Abra Guazú.**

El Paraje se encuentra a unos 30 km de la ciudad de Esquina siguiendo por Ruta 12 al Sudeste unos 5 km y continuando por la RP153 hasta su empalme con la RP 51. Son unos 25 km por camino de tierra.

A la escuela N° 260 se arribó un viernes por la tarde, cuando los maestros ya se habían retirado. Se realizó la entrevista a una vecina de la escuela quien informó que se trata de una escuela albergue. El grado de dispersión de los vecinos es tan alto que los chiquitos se albergan en la escuela de lunes a viernes día en que regresan a sus hogares a pasar el fin de semana.



Figura F2 Vista Escuela N° 260.

A unos 5 km hacia el NO se encuentra la Esc. N° 712. Nuevamente asombra el grado de dispersión de la población. Es una escuela de un solo maestro a la que asisten actualmente 7 alumnos. Se trata de hijos de puesteros de estancias.

El departamento de Esquina es uno de los productores de residuos de biomasa más importantes de la provincia y el mapa de Distribución de Empresas Foresto-industriales por Zona y Departamento señala la localización de Industria Forestal en Esquina y en Malvinas Norte. En Esquina se pudo localizar un solo aserradero de gran tamaño Zeni S.A. que se localiza sobre la RN 12 al norte de Esquina unos 15 km, es decir a unos 45 km de distancia del Paraje Abra Guazú y según los informantes calificados consultados en la zona éste es el único aserradero, siendo el resto carpinterías.



Figura F3. Vista del Aserradero Zeni S.A. situado sobre RN12 km 694.

**Paraje Campo Romero.**

Se encuentra al Nordeste de Malvinas Norte. Saliendo de Esquina son 30 km al norte por RNN° 12 hasta su empalme con RPN° 30 y por ésta otros 30 km hasta el puesto policial. Desde este punto, por camino secundario, aproximadamente a unos 6 km se encuentra Campo Romero. La RPN° 30 es un camino de tierra bien mantenido pero difícil de transitar en días de lluvia. El camino secundario que lleva al paraje después de una lluvia es inaccesible al menos durante 2 días.



Figura F4 Ruta provincial N° 30 vista de la Forestación Los Naranjitos.

Sobre la Ruta provincial 30, a unos 10 km del Paraje, se encuentra la Forestación Los Naranjitos, propiedad de Aserraderos Zeni. En esta forestación se entrevistó al Encargado Forestal Sr. Mario Fernández, quien informó que se trata de una forestación de 6.000 ha donde predominan las plantaciones de Pino pero también tienen eucaliptos y algo de cedro australiano. Su producción de rollizos se procesa en el aserradero Zeni, completando la madera requerida con rollizos de otros sitios, principalmente de Concepción. Por esta razón la producción de esta forestación fluctúa según las necesidades del Aserradero. Se estima que podría tener en promedio unas 6.000 t mensuales.

Los residuos son de despunte, ya que se deshecha la parte del tronco que tiene menos de 12 cm. La cantidad mensual de despuntes es de unas 1.000 t. Actualmente venden parte de estos residuos pero de todas formas tienen residuos suficientes para abastecer una planta de producción de energía eléctrica para una comunidad rural.

Es de destacar que los residuos no se queman, sino que los que no se venden quedan en las plantaciones.



Figura F5. Torre de control de incendios forestales. Forestación Los Naranjitos.

El centro del Paraje Campo Romero es la escuela N° 771 y el salón comunitario. En este paraje se realizó la entrevista, en una de las chacras próxima a la escuela.

El Paraje está integrado por unas 10 familias propietarias de chacras que tienen una extensión entre 10 y 20 ha y por unos 6 puesteros de las estancias vecinas. Próximas a la escuela se encuentran unas 4 viviendas separadas una distancia de entre 300 y 800 metros. El resto se distribuye en un radio de 5 km aproximadamente.

En general las familias propietarias trabajan en la chacra, son agricultores, y en varias de ellas algunos de sus miembros están empleados en la Forestación Los Naranjitos.

Los entrevistados (un chacarero y un empleado de la forestación) consideraron que sería “interesante” tener luz eléctrica especialmente por que de esta forma se reducirían los gastos actuales en iluminación y comunicación social. Una garrafa de gas licuado cuesta \$ 28 y en verano solamente el freezer consume 2 garrafas mensuales. Para usos productivos no le encuentran aplicación, si para usos domésticos.



Figura F6 Chacra de Paraje Campo Romero.

Se trata de una población que no tiene experiencia en acciones comunitarias. Sin embargo, al momento de preguntarles cuántas son las familias que podrían formar parte del proyecto, incluyen no sólo a los propietarios de chacras sino que consideran imprescindible incluir a los puesteros que, según sus palabras, “forman parte de la comunidad”.

Cuando se les explica que las viviendas de estos últimos están en propiedad privada inmediatamente responden que se les puede pedir permiso a los dueños de las estancias pero que de ninguna forma es posible dejarlos fuera del beneficio de tener luz eléctrica.

#### **Paraje Puesto Ju.**

Siguiendo por el camino de acceso a Paraje Campo Romero, unos 4 km al oeste se encuentra la escuela N°284. No se distingue ninguna vivienda en los alrededores de la escuela. La escuela está cerrada. Se pide información sobre este Paraje en el Puesto Policial de Malvinas Norte, que informa que en ese paraje habitan unas ocho familias muy dispersas que son puesteros en una gran propiedad.

#### **Departamento Goya.**

Los parajes seleccionados en este Departamento son el Quebracho y San Antonio Isla. Ambos parajes se encuentran en el sudoeste del Departamento.

Saliendo de Goya por RNN° 12, 40 km al sur se llega a la localidad de San Isidro, continuando al sur por la ruta 12 unos 4 km hasta el cruce con la RPN° 125 por esta ruta (de tierra, en buena condiciones) 8 km hasta el cruce con la RPN° 82 y por esta a 5 km a partir de este punto continuando al sur 8 km se accede a Paraje el Quebracho y unos 12 km al Sudoeste se accede a San Antonio Isla

En la localidad de San Isidro a una distancia promedio de 15 km de ambos parajes se encuentra el Aserradero El Badel. Se entrevistó al dueño del aserradero el que comenta que hace unos 8 años que están instalados en este lugar.



Figura F7. Vista del interior del Aserradero El Badel.

Procesan eucalipto, tienen una producción promedio de 100 metros cúbicos semanales, de los cuales los residuos representan el 20 % y están integrados por costaneros y recortes. Si bien ellos tratan de aprovechar al máximo los recortes produciendo palos de escoba y cajones para fruta la cantidad de residuos los obliga a quemar permanentemente el sobrante ya que no encuentran ubicación en el mercado.



Figura F8. Quema de residuos en el aserradero El Badel.

El propietario ve satisfactoriamente el poder vender sus residuos para el abastecimiento de una planta de generación eléctrica.

**Paraje San Antonio Isla.**

Desde la Ruta Provincial N° 82 para entrar al paraje hay que atravesar un campo privado. Este campo tiene una tranquera cerrada con cadena y candado. La llave está colgada del alambrado durante todo el día y por la noche si alguien tiene que pasar la debe pedir en la casa del puestero que se encuentra a unos 30 metros de la tranquera.



Figura F9. Tranquera cerrada de acceso a San Antonio Isla.

En la figura anterior se observa la tranquera cerrada y el punto naranja es la llave para abrir el candado. En la figura siguiente se observa el camino en el interior de la propiedad privada que da servidumbre de paso al acceso del Paraje San Antonio Isla.



Figura F10. Camino interior de acceso a San Antonio Isla.

Este camino de acceso se torna intransitable durante los días de lluvia. Semanalmente pasa el camión que abastece al almacén del Paraje. El Paraje tiene un patrón de asentamiento cuasi lineal de 32 viviendas que distribuyen a lo largo del camino.



Figura F11. Vista de unas de las viviendas desde el camino central.

La distancia entre las viviendas es de unos 100 a 300 metros a lo largo de unos 2 km. Aproximadamente en el centro se encuentra la escuela primaria, el jardín de infantes, la casa de los maestros y el salón comunitario



Figura F12. Vista de la Escuela N° 295.

Se entrevistó a la Directora del establecimiento quien proporcionó la siguiente información:

Paraje san Antonio Isla es una extensión de 3.283 ha habitada por 32 familias todos propietarios de 10 ha en tierra firme y 90 ha en la isla. Las viviendas se encuentran todas en tierra firme en las proximidades de la escuela.

La población reside desde 2005 en estas tierras que fue cuando, ayudados por el Foro multidisciplinario Justicia para todos, le ganaron el juicio a la empresa que compró las tierras que ellos habitaban y heredaron de sus antepasados pero de las cuales no eran propietarios.

La empresa les donó parte del latifundio, en total son 3.283 ha, 10 ha consideradas buenas para cultivos para cada familia y vivienda, y el resto en condominio para pastoreo de ganado, lo que hace un total de 100 ha por cada grupo familiar. El acuerdo incluyó la entrega de vivienda y sistema para agua potable para cada familia; la construcción de un centro comunitario y otro de salud, y el traslado de la escuela.

Esta población practica una economía campesina su producción de granja es exclusivamente de subsistencia y cultivan algo de algodón y tabaco que es lo que les produce magros ingresos económicos. Actualmente la población del Paraje debe llegar a los 250 o 300 habitantes, siendo las familias muy numerosas. El objetivo principal de cada familia es llegar a tener 7 hijos para recibir el subsidio de \$ 500 que da el gobierno.

A la escuela concurren 79 niños y tienen cuatro maestros. El puesto sanitario es visitado cada 15 días por una doctora, pero carece de todo tipo de medicamentos y equipamiento. La escuela tiene un grupo electrógeno y un molino de viento para abastecerse de agua.

Se entrevistó al presidente de la Cooperadora, obteniéndose la siguiente información: La cooperadora se creó hace un año. Cuando vivían en la estancia todos vivían muy distantes y casi no se conocían. Fue su padre el que comenzó a hablar con los otros ocupantes cuando les llegó el desalojo y tomó contacto con el Foro. Muchos de los ocupantes del campo se fueron pero estas 32 familias permanecieron unidas y pelearon junto con el Foro para ganar el juicio. El problema actual es lograr la apertura del camino por lo que están en un nuevo juicio. Por otra parte si el camino estuviera abierto podría pasar la máquina de vialidad y mejorarlo, en particular afirmarlo porque cuando llueve es intransitable.

**Paraje El Quebracho.**

En este Paraje habitan unos 30 familias, a lo largo de 3 km, de las cuales sólo 3 son propietarios, siendo el resto ocupantes. A la escuela asisten 33 alumnos. En la entrevista que se les realizó a la directora y al maestro comentaron que el ingreso principal de estas familias proviene del Estado provincial. Hay 4 planes jefes de hogar, pensiones de 70 años y varios subsidios a madres de 7 hijos. La producción de las chacritas es puramente de subsistencia y algunos plantan algo de algodón que comercializan.



Figura F13 Entrevista a la Directora y maestro de la escuela N° 277.

## Análisis Comparativo de los seis Parajes.

### FORTALEZAS

**Paraje Campo Romero** Recursos de biomasa abundantes provenientes de Forestación Los naranjitos.

**Puesto Jú** Recursos de biomasa abundantes provenientes de Forestación Los naranjitos.

**San Antonio Isla** Disponibilidad de recursos de aserradero a unos 25 km. Son 32 familias propietarias de tierras.

**El Quebracho** Disponibilidad de recursos de aserradero a unos 25 km

### OPORTUNIDADES

**San Antonio Isla** Cuentan con respaldo del Foro Interdisciplinario Justicia para Todos. Experiencia incipiente de gestión en la obtención de las tierras, en la lucha por el camino. Iniciaron la cooperativa escolar.

### DEBILIDADES

**Paraje Campo Romero** Carecen de experiencia comunitaria.

**Puesto Jú** Dispersión muy alta de la población.

**San Antonio Isla** Servidumbre de paso en el camino de acceso. Intransitable con lluvia.

**El Quebracho** Carecen de experiencia comunitaria.

### AMENAZAS

**Abra Guazú** las dos comunidades visitadas carecen de aprovisionamiento de recursos de biomasa.

**Paraje Campo Romero** El 50% de los integrantes de la comunidad habitan en propiedad privada.

**El Quebracho** El 90% de las familias son ocupantes.

En esta primera instancia el Paraje San Antonio Isla del Departamento de Goya es la comunidad que parece reunir las mejores condiciones tanto por la observación que se realizó in situ como por la información recogida en las entrevistas a informantes calificados.

Con el propósito de confirmar que la información recibida es compartida por los integrantes de la comunidad se organizó en dicha comunidad la realización de dos focus Groups de género. Para ello se citó a un grupo de productores y un grupo de amas de casa. El presidente de la cooperativa escolar fue el encargado de realizar las invitaciones y las reuniones se realizaron en el salón comunal. A continuación se transcriben los principales resultados obtenidos en dichas reuniones.

**Focus Hombres:** participan 13 integrantes de la comunidad de entre 25 y 65 años.

- Todos se muestran muy interesados en tener luz eléctrica. Hoy es imprescindible en particular para “cargar los celulares” tarea que deben hacer en la escuela
- Si tuvieran bomba de agua eléctrica podrían usar los baños. Las viviendas que le construyó la empresa holandesa tienen baño con sanitarios pero no los pueden usar porque no tienen tanque de agua.
- Ellos tienen ingresos por la venta de algodón y tabaco pero si tuvieran agua para riego los más jóvenes dicen que podrían cultivar tomates que se dan muy bien en la zona y de esta forma dejarían el tabaco que ya no rinde.



Figura F14 Focus Hombres.

- Desde hace dos años, cuando los trasladaron a este nuevo lugar, están empezando a trabajar en conjunto. Antes vivían todos muy lejos “ahora es como si fuera un barrio”.
- Trabajando juntos, cuando tengan abierto el camino pueden juntar la producción de algodón de todos y conseguir mejor precio. Ahora vendiendo por separado no les pagan más de 80 centavos el kilo.
- Esto de hacer las cosas juntos les parece “muy bueno”.
- Uno de los más jóvenes dice que si le enseñan (aclara que tiene la primaria completa) él podría manejar la planta.
- Es gente de muy bajo nivel cultural, por lo que cuesta mucho hacerles entender cual es la propuesta que se les ofrece.
- Tampoco pueden imaginar en cuanto se puede mejorar su calidad de vida y su producción con la incorporación de energía. Particularmente en lo que a la producción se refiere.
- Por ejemplo, alguien menciona la producción de tomates, pero no se les ocurre que si los desecan pueden obtener mayor valor agregado.
- La sensación es que todavía no tienen plena conciencia de que son propietarios de la tierra. Que ahora son ellos quienes deciden que actividad desarrollar. Como ellos bien claro lo dicen “Están aprendiendo una nueva vida en estos dos años”.
- Permanentemente hacen mención al Foro y a la ayuda que este les da, hasta para solucionar los problemas que se presentan entre ellos. Como uno reciente de distribución de los ingresos que deja el arriendo para pastaje de las tierras comunitarias que tienen en la isla.

#### **Focus Mujeres** Participaron de esta reunión 6 amas de casa

- Todas las mujeres aún la mayor —de unos 70 años— se manifiestan muy entusiasmadas con la posibilidad de disponer de energía eléctrica.
- Sobre todo para poder iluminar fuera de la casa y ahuyentar las víboras.
- Con luz podrían tener lavarropas, aunque no saben cuando podrían comprarlo ya que los ingresos son muy escasos. Todas coinciden en señalar que no obtienen más de \$1.000 al año de la venta del algodón. Cultivan tan solo una ha (y son propietarios de 10 ha cada uno)
- Si tuvieran energía eléctrica podrían equipar el puesto de salud con un nebulizador y una heladerita para guardar los medicamentos.
- En la escuela podrían poner computadoras para que los chicos aprendan a utilizarlas.

- Tan solo la más joven de las mujeres señala la importancia de poder tener un freezer.
- Nuevamente todas dicen que les gustaría pero no saben si lo pueden comprar.



Figura F15 Focus Mujeres.

La información recogida en los focus de género confirma el diagnóstico de las entrevistas: San Antonio Isla, de todos los parajes visitados, es el que reúne las mejores condiciones para la instalación de la planta. Son todos propietarios, tienen un incipiente nivel organizacional, cuentan con el apoyo del Foro a quien respetan y valoran.

Es una comunidad donde predominó el individualismo por generaciones y hace tan sólo ocho años que están iniciando un camino de gestión comunitaria. Como ellos mismos lo dan a entender cuando hablan de la acción del Foro si no fuera por su presencia y su permanente apoyo no hubieran conseguido nada.

Y esto junto a un nivel de educación extremadamente bajo razón por la cual es imprescindible el seguimiento por un largo tiempo del proyecto, de lo contrario este puede quedar abandonado. Se pone claramente de manifiesto que todo proyecto que en ella se encare debe tener un seguimiento efectivo y prolongado para que la comunidad pueda apropiarse de la nueva tecnología, del nuevo proyecto y lo internalice.

#### F.1. Personas entrevistadas o contactadas:

- Ing. Marcelo Gatti, Secretario de Energía de la Provincia de Corrientes.  
(representante del PERMER en Corrientes)  
Tel.: 03783 476334 - Cel.: 15 680640  
jm\_gatti@yahoo.com.ar
- Ing. Eduardo Alberto Melano, Director de Proyectos y Obras de la Subsecretaría de Energía de la Provincia de Corrientes.  
Tel.: 03783 476334 - Cel.: 15 660088  
eamelano@senergiacorrientes.gov.ar

- Ing. Segundo Morales Barturel, Dirección de Recursos Forestales de la Provincia de Corrientes.  
Tel.: 03783 411250/463087  
corrientesforestal@hotmail.com
- Ing. Luis Mestre, Director de Recursos Forestales de la Provincia de Corrientes.  
Tel.: 03783 411250/463087  
recforestales\_corrientes@arnet.com.ar
- Dra. María S Casals (abogada especialista en derecho ambiental), Dirección de Recursos Forestales de la Provincia de Corrientes.  
Tel.: 03783 411250/463087  
mscasals@argentina.com  
mcasals@derecho.uba.ar
- Ing. Jorge Fidanza, Consultor independiente.  
Tel. 03783-430197  
Cel. 03783-15606499  
jorgefid@gigared.com  
jorgefid@ciudad.com.ar

## ANEXO G: TRABAJO DE CAMPO-MISIONES

En las tres comunidades preseleccionadas se realizó un completo trabajo de campo que consistió en:

4. Reconocimiento *in situ* para comprobar grado de dispersión de las viviendas. Estado de los caminos internos. Factibilidad de circulación de vehículos de carga. Existencia de aserraderos en un radio de 10 km.
5. Visita a los aserraderos identificados en el área de influencia de cada comunidad para comprobar la existencia de residuos sin aprovechamiento. Tipo de residuos generados. Destino de los mismos. Disposición de sus dueños para destinarlos al abastecimiento de la planta.
6. Entrevistas a informantes calificados en cada una de las picadas para conocer grado de aceptación de un servicio local de energía eléctrica, posibles usos domésticos y productivos, grado de organización de la comunidad. Identificación de posibles barreras sociales, económicas y culturales.

### ***Picada Maderil.***

Sobre la ruta 14 unos diez 10 km al norte de la localidad de San Vicente a la izquierda un camino vecinal nos lleva a Picada Maderil.

Por la ruta 14, a la entrada de la Picada, pasa la red eléctrica. A 1 km de distancia de la misma, sobre el camino vecinal principal, comienzan a visualizarse las primeras viviendas separadas entre ellas por unos 400 m promedio a lo largo de 5 km. En el mismo sitio se encuentra la escuela N° 556, una capilla católica y un templo evangelista. A partir de este punto el camino vecinal principal parece abrirse en varios caminos secundarios.

Tanto el camino de entrada como los secundarios se encuentran en muy mal estado.



Figura G1 Vista de unos de los caminos secundarios.

No se constata la existencia de ningún aserradero que trabaje con maderas nativas en la zona cercana a Picada Maderil. Existe un aserradero, Miguel Danosa, distante unos 5 km de la entrada a la picada, que trabaja solo con madera de pino. La visita a este aserradero

se vio frustrada por que ante la ausencia de su dueño nadie nos quiso suministrar ningún tipo de información. Se lo visitó en dos oportunidades.



Figura G2. Vista desde el Camino vecinal central a una de las viviendas.

La población en Picada Maderil es muy dispersa. Sobre una extensión de 3.003 ha según los comentarios de los entrevistados el número de familias asciende a 300 familias. Cada familia tiene una chacra de 25-30 ha.

La actividad económica principal es la agricultura, el cultivo de té en las chacras que se encuentran más próximas a la ruta 14 y hacia el interior de la picada cultivo de tabaco pero por lo que se pudo observar de manera general se trata en este caso de agricultores muy precarios. Hace años que luchan por la tenencia de la tierra, según informan aquellos que cultivan té y tienen en el lugar una antigüedad de 40 años. Sin embargo la ocupación de estas tierras se realizó en forma masiva a partir de fines de los 90.

Según opinión de los informantes entrevistados (la maestra, el sacerdote, un miembro de la comunidad con 4 años de antigüedad en estas tierras y el propietario de una pequeña almacén) no existe organización constituida entre los miembros de la comunidad que permita prever una alta integración intracomunitaria más allá del reclamo específico por la tierra.

Sin embargo al presentar la propuesta de una planta de generación local todos coinciden en señalar que esto sólo sería factible si hasta el miembro más reciente de la comunidad puede gozar de este beneficio. De lo contrario se crearían serios conflictos.

Por último si bien todos los entrevistados destacaron que era fundamental contar con abastecimiento eléctrico —con excepción del sacerdote— todos señalaron que quieren y están gestionando el tendido de la red eléctrica. Consideran que básicamente el disponer de electricidad por red les permitirá contar con freezer y heladera electros que son indispensables en estas zonas.

Por el tipo de actividad económica que realizan (agricultura) la electricidad no es necesaria para mejorar la producción.

### **Colonia Santa Rita.**

A unos 10 km al sur de la localidad de San Pedro, sobre la ruta 14, se abre hacia la derecha un camino vecinal en muy mal estado de unos 5 km que lleva a Santa Rita. Se trata de agricultores muy dispersos y pobres.



Figura G3. Camino Vecinal principal de Colonia Santa Rita.

También aquí se trata de una propiedad privada ocupada en vías de regularización. El tendido de la red eléctrica pasa por la ruta a 5 km de la colonia.

Según informó la entrevistada (la maestra) existen en la zona cercana a Santa Rita tres aserraderos que trabajan con madera dura (o nativa).

Uno de ellos (el único de cierta envergadura), el Aserradero Nelson Rosas, se encuentra sobre la ruta 14 a unos 12 km de la Colonia. Se visitó el aserradero y se entrevistó al hijo del dueño quien informó que generan abundantes residuos (despunte, costaneros y recortes), los que son retirados por la población de los alrededores de acuerdo a sus necesidades y sin costo alguno. Todo el sobrante, que dicen ser abundante pero de los cuales en ningún momento proporcionan datos más o menos precisos, se quema o se entierra. Cuando se les explicó el uso que se le podría dar a los recursos sostuvieron que con los residuos de su aserradero se podría mantener la planta.

Los otros dos aserraderos son pequeños y se encuentran sobre la ruta 14, en Paraíso a unos 8 km de la Colonia. Uno de ellos, que se había inaugurado esa semana, recién comenzaba su producción y de un total de 14 t procesadas había obtenido 4 t de residuos. Su expectativa era procesar 30 t diarias.



Figura G4. Vista del aserradero de Paraíso.<sup>38</sup>

El otro aserradero está en construcción y aún no comenzó a producir.

Las malas condiciones del tiempo dificultaron la posibilidad de realizar más entrevistas, solo se pudo conversar con la maestra y con una señora de la comunidad madre de 6 pequeños que vivía próxima a la escuela. En estas entrevistas se obtuvo la siguiente información:

La colonia está integrada por unas 80 familias que practican una agricultura de subsistencia y se distribuyen en todo el predio en forma muy dispersa con una distancia promedio entre las viviendas de 1000 a 1500 metros

Ambas entrevistadas señalaron que falta una organización que los nucleee, lo que asociado a la alta dispersión y a las condiciones económicas que se pueden inferir por el estado de conservación de las viviendas, la falta de equipamiento en los galpones, falta de vehículos en las chacras, etc., hacen prever que la integración comunitaria es pobre.

### ***Picada Unión.***

A unos 2 km en dirección oeste de la intersección de las rutas provinciales 17 y 20 un camino vecinal nos lleva a la comunidad de Picada Unión.

La colonia comienza a una distancia de kilómetro y medio de la ruta 17. Allí se encuentra el aula satélite 759, donde asisten 70 niños distribuidos en dos turnos y que carece de servicio eléctrico de red. La escuela se encuentra en la entrada a la Picada desde este lugar se abren dos caminos vecinales troncales y en un semicírculo de unos 8 km de radio se distribuyen unas 80 familias.

---

<sup>38</sup> En segundo plano se observan los residuos.



Figura G5. Vista de la escuela a la entrada de la picada.

Los dos caminos vecinales de acceso se encuentran en buenas condiciones uno de ellos con una extensión de 3,5 km y el otro aproximadamente 5 km.



Figura G6. Vista de uno de los caminos vecinales.

Por los mismos circulan camiones sin ninguna dificultad.



Figura G7 Camión estacionado en una de las chacras.

Esta comunidad es la mejor ubicada con relación a los aserraderos. En un radio de 10 km existen tres aserraderos que trabajan con maderas duras (o nativas): anchico, cedro, guayubira, etc. Dos de ellos están sobre la ruta 17, estos son “Maderas Nativas” y “Los cencerros”. El tercero esta ubicado sobre la ruta 20.

Se visitaron dos aserraderos que proporcionaron información, aunque en estos casos tampoco se obtuvieron datos sobre t procesadas, sino tan solo porcentajes de residuos.

Uno de los encargados dio un panorama general sobre los aserraderos de la zona. La generación de residuos en el procesamiento de madera nativa es alta, según las estimaciones locales la generación de residuos ha sido del 30 al 35 % entre despuntes, costaneros y recortes. Actualmente están embarcados en un proyecto de mejorar el aprovechamiento para lo cual instalaron una planta de procesamiento de pisos de madera de todo tipo de calidades. Sin embargo se aseguró que igualmente la generación de residuos de madera va a rondar entre el 5 y el 10%. En este proyecto participan los tres aserraderos de la zona. Fue difícil conseguir el dato en números absolutos pero por las dimensiones de los aserraderos se puede suponer que éste es importante.



Figura G8. Vista de uno de los aserraderos.

Para la mayoría de los aserraderos, deshacerse de estos residuos constituye un problema. La manera más utilizada de deshacerse de los mismos ha sido quemarlos a cielo abierto, por lo que están muy interesados en vender el excedente de residuos. Los vecinos de Picada Unión comentaron que todos los sábados espesas columnas de humo llegan hasta sus chacras provenientes de la quema.

Como los aserraderos tienen serios problemas con el abastecimiento de energía, están muy interesados en un proyecto similar que les provea a ellos de energía para fines productivos.

En Picada Unión se realizaron cuatro entrevistas a informantes calificados: al presidente de la Asociación Civil Pozo Azul, a su esposa, a un productor joven que habita en el lugar hace unos cinco años y a un productor mayor, uno de los primeros ocupantes de estas tierras.



Figura G9. Pila de residuos en uno de los aserraderos (en segundo plano).

De estas entrevistas se obtuvo la siguiente información:

Picada Unión es una comunidad que se encuentra ubicada en una zona conocida en la provincia de Misiones como Pozo Azul. La zona de Pozo Azul está constituida por un grupo unas 10 comunidades distribuidas a lo largo de dos grandes propiedades privadas. Se trata de una región de ocupación espontánea sobre antiguas propiedades privadas, en conflicto permanente y con un avanzado nivel organizacional que le ha permitido en los últimos años llevar la problemática de la regularización de las tierras a la instancia del gobierno. Actualmente aunque muy lentamente se encuentra encaminado el proceso regularización de las tierras que ocupan.

La lucha de estos campesinos sin tierra desde hace ya mas de 10 años, y los logros que han alcanzado han permitido la autonomía y fortalecimiento de sus organizaciones. Todas las comunidades están nucleadas en una organización mayor que las representa a todas, pero a su vez las distintas comunidades tienen su propia organización comunal. Picada Unión es una de estas comunidades que se destaca por su nivel organizacional, su articulación intracomunitaria y por su capacidad de gestión.

Uno de sus principales preocupaciones y por lo que están trabajando hace años es por acceder al servicio eléctrico. Este servicio es de fundamental importancia para mejorar tanto sus condiciones de vida, la conservación de alimentos, como para diversificar su producción al permitir la incorporación de maquinaria.

Hoy el ingreso de estas familias depende de la producción de tabaco y la producción de la chacra es sólo de subsistencia. El interés de los entrevistados es poder comercializar lo producido en la chacra, para ello necesitan electrificar alambrados para producción de chanchos y leche. Secadero de granos (en particular maíz) para evitar su petrificación. Cadena de frío para comercializar la leche y producir dulces.



Figura G10. Plantines de tabaco en una de las chacras.

Si bien la población es heterogénea, se trata principalmente de gente joven, con mucho empuje, con cierto grado de capitalización ya que muchos cuentan con instalaciones, implementos y vehículos.

Tienen conocimiento de la tecnología propuesta para prestar el servicio eléctrico local y se manifiestan entusiasmados. Consideran que el tendido de la red eléctrica convencional va a demorar un largo tiempo en particular por la crisis energética que atraviesa la provincia.

**Análisis comparativo de las tres localidades.**

<p><b>FORTALEZAS</b></p> <p><b>Picada Unión:</b> Nivel organizacional, articulación Inter-comunitaria, capacidad de gestión. Existencia de tres aserraderos en un radio de 10 km con disponibilidad de recursos.</p>	<p><b>OPORTUNIDADES</b></p> <p><b>Picada Unión:</b> Interés en la diversificación de la producción para lo que se requieren insumos energéticos.</p>
<p><b>DEBILIDADES</b></p> <p><b>Picada Maderil:</b> 300 familias en 3.003 ha. Confían en el tendido eléctrico que pasa en la entrada a la picada.</p> <p><b>Colonia Santa Rita:</b> Falta de organización social, alta dispersión de las viviendas. Caminos de acceso en muy mal estado.</p> <p><b>Picada Unión:</b> Dispersión de las viviendas.</p>	<p><b>AMENAZAS</b></p> <p><b>Picada Maderil:</b> Un solo aserradero en el área de influencia.</p>

En esta primera instancia, Picada Unión es la comunidad que parece reunir las mejores condiciones tanto por la observación que se realizó *in situ* como por la información recogida en las entrevistas a informantes calificados.

Con el propósito de confirmar que la información recibida es compartida por los integrantes de la comunidad y que no fue sesgada por intereses personales se organizó en dicha comunidad la realización de tres *Focus Group*, dos etarios y uno de género.

Para ello se citó a un grupo de productores jóvenes, un grupo de productores de más de 40 años y finalmente un grupo de amas de casa.

A continuación se transcriben los principales resultados obtenidos en dichas reuniones.

**Focus Mujeres:** participan 5 integrantes de la comunidad de entre 25 y 40 años

- Actualmente es imprescindible contar con abastecimiento eléctrico. Comentan que el año anterior les ofrecieron la instalación de paneles solares pero para ellas estos no proporcionan la generación suficiente para el equipamiento que requiere una familia.
- El equipamiento requerido según orden de prioridad es:
  1. Freezer: Hoy se desperdicia gran cantidad de comida consecuencia de las altas temperaturas de la zona. Cuando se carnea un animal es necesario recurrir a algún conocido que vive sobre la ruta para que lo conserve en un freezer.
  2. Ducha eléctrica la consideran imprescindible
  3. Plancha
  4. lavarropa: Todas trabajan en la chacra y hoy no se justifica perder tiempo lavando
  5. Secarropa: por la humedad de la zona
  6. máquina de coser
  7. Computadora. Al menos que en la comunidad se pueda abrir un local para que sus hijos puedan aprender y ellas utilizarla. Es generalizada la opinión de que computadora e Internet hoy son imprescindibles.
  8. carga de celulares

Es interesante destacar que en ningún momento se mencionó el televisor.

- Necesitan energía para poder comercializar lo que producen en la chacra en particular dulces que por falta de frío hoy no pueden conservar. También mencionan que en casi todas las chacras tienen producción de leche que deben tirar.

**Focus Productores:** Participaron 4 jóvenes entre 20 y 35 años y 5 mayores. Se transcriben a continuación los resultados obtenidos en ambos ya que no se registran diferencias.

- Actualmente los ingresos familiares dependen del tabaco, pero existe la intención de diversificar la producción, para lo cual les es imprescindible contar con energía eléctrica y calórica. Ello permitiría comercializar la producción de las chacras que hoy es sólo para el autoconsumo, en tanto que el excedente se desperdicia.
- En la chacra es necesario contar con una trituradora de maíz (potencia entre 2,5 y 4 HP), algunas herramientas, amoladora, soldadora.
- Para mejorar la cría de animales de chacra (vacas y cerdos) es imprescindible electrificar los alambrados.
- Los productores más jóvenes señalaron su interés en tener criaderos de pollos, para lo que es necesario calor e iluminación.
- Todas las chacras necesitan motor para agua.

- Ya presentaron al gobierno algunos proyectos comunitarios con el propósito de obtener financiamiento. Pero todos estos proyectos requieren de energía. Estos son:
  1. Instalación de un silo pequeño para secar los granos. El mismo requiere energía calórica.
  2. Instalación de una pequeña cámara de frío para comercializar la leche y los lechones.
  3. Instalación de un pequeño aserradero con sierra eléctrica y machimbradora, no para fines comerciales sino para abastecer las necesidades de la comunidad.
- Todos manifestaron entusiasmo con la instalación de una planta de biomasa, ya que dicen conocer instalaciones similares en Brasil.
- De inmediato ofrecieron organizar un consorcio para la gestión de la planta. Sin embargo, señalaron que es imprescindible que EMSA haga el mantenimiento y realice controles, al menos cuatrimestrales.
- Alguien mencionó que con la abundancia de leña que resulta de los rozados, la misma se puede almacenar para tenerla de reserva por si hubiera falta de abastecimiento por parte de los aserraderos.
- También se propuso que la comunidad podría plantar y mantener un montecillo energético.
- Todos están dispuestos a pagar una tarifa mensual, pero con instalación de medidores en cada unidad de producción “para que cada uno pague lo que realmente consume”.
- En la comunidad hay personas con conocimientos de mecánica que pueden ser capacitados para operarla. El presidente de la Asociación Civil es especialista en la instalación de calderas.
- Señalan la necesidad de que en la planta se instale una sierra para poder cortar la madera del tamaño requerido.

Los resultados obtenidos en los *Focus* confirmaron el primer diagnóstico: Picada Unión reúne las condiciones socioeconómicas propicias para la instalación de una planta piloto de biomasa. No se identificaron barreras que puedan afectar el desarrollo del proyecto.

### **G.1. Personas entrevistadas o contactadas:**

- Ing. Juan A. Gauto, Subsecretario de Bosques y Forestación (Ministerio de Ecología, Recursos Naturales Renovables y Turismo) de la Provincia de Misiones.  
San Lorenzo 1538, Posadas – Misiones CP 3300
- Ing. Juan Carlos Amarilla (representante del PERMER en Misiones)  
Tel. y Fax. 03752 – 437646  
permer\_misiones@arnet.com.ar

## ANEXO H: IDENTIFICACION Y SELECCIÓN DE POTENCIALES SUMINISTRADORES DE EQUIPOS

### H.1. Gasificadores. Datos de los Proveedores Identificados.

#### **CARBO CONSULT & ENGINEERING (Pty) Ltd**

Dirección Postal: P.O. Box 1397, Cramerview 2060, Johannesburg, South Africa.

Dirección: 13 Alphen Square South, 845 Sixteenth Road, Midrand Johannesburg 1682

Tel: ++27 11 314 1354

Fax: ++27 11 314 1480

E-mail: [info@carboconsult.com](mailto:info@carboconsult.com)

Web: [www.carboconsult.com](http://www.carboconsult.com)

#### **ANKUR**

Dirección: Near Old Sama Jakat Naka, Sama Road, Baroda-390008, Gujarat, India.

Tel: ++91-265-2793098 / 2794021.

Fax: ++91-265-2794042.

E-mail: [ascent@ankurscientific.com](mailto:ascent@ankurscientific.com) ; [info@ankurscientific.com](mailto:info@ankurscientific.com)

Web: [www.ankurscientific.com](http://www.ankurscientific.com)



Figura H1. Instalación de un Gasificador Carboconsult en Sebenza<sup>39</sup>.

<sup>39</sup> Sudáfrica, con una capacidad de 180 Nm<sup>3</sup>.

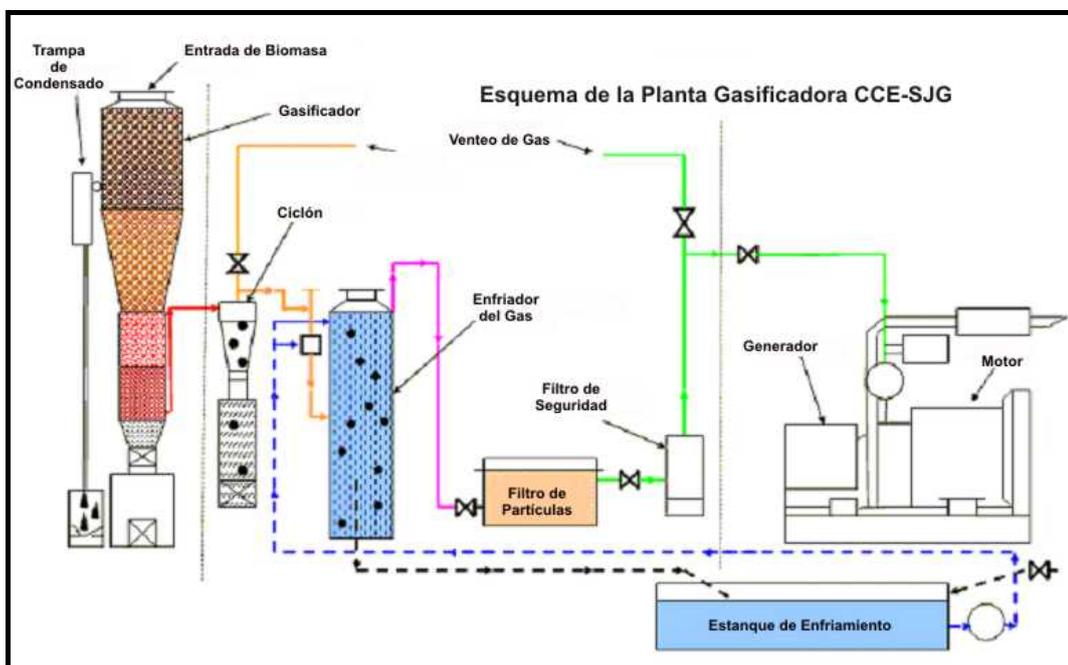


Figura H2. Esquema de la Instalación de un Gasificador Carboconsult.



Figura H3. Gasificador ANKUR Modelo WBG400.

**Tabla H1 Equipos de Gasificación**

Fabricante:		Carboconsult	Ankur																																											
Procedencia:		Sudáfrica	India																																											
Costos de Capital, incluyendo: Gasificador y accesorios, montaje e instalación, mano de obra local y técnicos extranjeros provistos por el fabricante.	El costo de los gasificadores de 40kWe que incluye el gasificador, ciclón, enfriador, dos filtros de aserrín, y filtro de seguridad del motor es de US\$ 132.120  Para el montaje se enviaran de una o dos personas para supervisar el montaje e instalación y la capacitación: Costos de viaje ida y vuelta desde Johannesburgo, alojamiento, alimentación y viáticos	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Gas Power Pack Model</th> <th colspan="2">Nominal Output Rating (kWe)</th> <th rowspan="2">Continuous Duty Rating (kWe)</th> <th colspan="2">Gasifier, Accessories + Engine with variable load control</th> <th colspan="2">plus cutter, pulley and dryer</th> </tr> <tr> <th>Gross</th> <th>Net</th> <th>US\$</th> <th>US\$/kW</th> <th>US\$</th> <th>US\$/kW</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ankur GAS-11</td> <td>11</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>14,459</td> <td>1,446</td> <td>15,342</td> <td>1,534</td> </tr> <tr> <td>Ankur GAS-22</td> <td>22</td> <td>20</td> <td>18</td> <td>22,627</td> <td>1,257</td> <td>24,062</td> <td>1,337</td> </tr> <tr> <td>Ankur GAS-32</td> <td>32</td> <td>30</td> <td>28</td> <td>31,236</td> <td>1,116</td> <td>32,671</td> <td>1,167</td> </tr> </tbody> </table>	Gas Power Pack Model	Nominal Output Rating (kWe)		Continuous Duty Rating (kWe)	Gasifier, Accessories + Engine with variable load control		plus cutter, pulley and dryer		Gross	Net	US\$	US\$/kW	US\$	US\$/kW	Ankur GAS-11	11	10	10	14,459	1,446	15,342	1,534	Ankur GAS-22	22	20	18	22,627	1,257	24,062	1,337	Ankur GAS-32	32	30	28	31,236	1,116	32,671	1,167	<p>Para el montaje, se enviaran dos personas para supervision. Para esta actividad se cargará los costos de pasajes, viáticos, alojamiento, más 185 US\$ por día y por persona.</p>					
				Gas Power Pack Model	Nominal Output Rating (kWe)		Continuous Duty Rating (kWe)	Gasifier, Accessories + Engine with variable load control		plus cutter, pulley and dryer																																				
			Gross		Net	US\$		US\$/kW	US\$	US\$/kW																																				
			Ankur GAS-11	11	10	10	14,459	1,446	15,342	1,534																																				
Ankur GAS-22	22	20	18	22,627	1,257	24,062	1,337																																							
Ankur GAS-32	32	30	28	31,236	1,116	32,671	1,167																																							
Capacitación		Se deberá organizar la mano de obra local, el equipo de manipuleo en el sitio, etc.																																												
Costos de Operación, incluyendo: Mano de obra, Repuestos	Dos personas por turno. Los requisitos técnicos son equivalentes a un conductor de tractor Diesel. Equivalente a 5% de los costos de capital por año.	Para mantenimiento se necesitarán aproximadamente 8 días-hombre por mes (1 día-hombre = 8 hs). Equivalente a 6% de los costos de capital por año.																																												
Vida útil del equipo	Aprox. 15 años	Mas de 20 años																																												
Indisponibilidad del equipo	No más de 10 días por año	No más de 10 días por año																																												

**Tabla H2. Equipos de Gasificación (continuación)**

Fabricante:	<b>Carboconsult</b>	<b>Ankur</b>
Procedencia:	Sudáfrica	India

	Client	Size	Gross output (kW)	
	<b>Dual Fuel Mode:</b>			
Ejemplos	No existen al presente plantas operando en Latinoamerica, aunque existe interés en la región. En Sudáfrica existen sistemas operados manualmente: por ejemplo una instalación de 180 Nm <sup>3</sup> /h en la unidad de I&D de ESKOM (Compañía de Electricidad de Sudáfrica) en Rosherville, al sur de Johannesburgo y pronto se instalará una planta de 300 Nm <sup>3</sup> /h en Alice / Eastern Cape.	CEPEL, Brazil	WBG-20	20
	Forestry Tasmania, Australia	WBG-40	40	
	M/s Shree Gopal Rice Mill, West Bengal	FBG-120	120	
	M/s Dharmaraj Rice Mill, West Bengal	FBG-175	175	
	M/s Durgesh Rice Mill, West Bengal	COMBO-175	175	
	SA Plywood Industries, West Bengal	WBG-400	400	
	K.P. Corporation, Gujarat	WBG-200	200	
	Renew. Energy Dev. Agency, West Bengal	5XWBG-500	500	
	Mozambique Leaf Tobacco, Mozambique	WBG-80	80	
	<b>100% Producer Gas Mode:</b>			
	Una planta totalmente automática de 450 Nm <sup>3</sup> /h funciona en Kobe, Japón.	UNIDO, Austria	WBG-200/ GAS-103	103
	James Finlay Ltd, Muzizi, Uganda	WBG-400/ GAS-250	250	
	Dr.Ray Wijewardene, Sri Lanka	WBG-10/ GAS-4	4	
	CAEMA srl Italy	WBG-15/ GAS-9	9	
	Community Energy Cooperative, Cambodia	WBG-15/ GAS-9	9	
	Lanka Transformers Ltd., Sri Lanka	WBG-80/ GAS-40	40	
	Valli Chlorate, Tamil Nadu	WBG-400/ GAS-200	200	
	Agrocel Industries, Gujarat	WBG-300/ GAS-180	180	
	PMC, Tamil Nadu	WBG-400/ GAS-200	200	
Muni Seva Ashram	WBG-80/ GAS-40	40		

La obra civil necesaria para albergar el gasificador consiste, en ambos casos en lo siguiente: galpón con un cuerpo central de 10 m x 5 m y h = 5 m; sector para acopio de biomasa de 5 m x 5 m y h = 4 m; techo parabólico con estructura metálica; laterales de cierre de chapa acanalada; portón en frente y contrafrente de 3 m x 3 m y canaletas pluviales; iluminación mínima indispensable.

## H.2. Motogeneradores. Datos de los Proveedores Identificados.

SDMO Industries.

Casa Central: 12bis, rue de la Villeneuve – CS 92848

29228 BREST cedex 2 – Francia.

[www.sdmo.com](http://www.sdmo.com)

SDMO Argentina - Filial de SDMO Industries - Brest - Francia

Administración y ventas : Dardo Rocha 2406 2º piso – Martínez

B1640FTH - Pcia. de Bs.As. - Argentina

Telefax : 4836-3512/13

E-mail : [ventas@sdmo.com.ar](mailto:ventas@sdmo.com.ar)



Figura H4. Grupos Diesel SDMO Modelos J66K y T22K.

MODELO	J66K	J33	T22K
Potencia de emergencia @ 50Hz	53 kW / 66 kVA	26 kW / 33 kVA	18 kW / 22 kVA
Potencia primaria @ 50Hz	48 kW / 60 kVA	24 kW / 30 kVA	16 kW / 20 kVA
Características estándar:	Motor (JOHN DEERE , 4045TF120 ) Arranque eléctrico, alternador de carga 12 V, regulación Meca. Alternador (LEROY SOMER , LSA432M45) Alternador monocojinete IP 23 , clase H /H Radiador 50°C máximo T° a nivel del haz. Chasis y bornes antivibración Filtro de aire Caja digital de microprocesador Disyuntor Baterías 12 V , cable y soporte Silenciador tipo industrial (separado) Documentación del usuario	Motor (JOHN DEERE , 3029DF120 ) Arranque eléctrico, alternador de carga 12 V, regulación Meca . Alternador (MECC ALTE , ECO28VL ) Alternador monocojinete IP 23 , clase H /H Radiador 50°C [122°F]°C máximo T° a nivel del haz. Chasis y bornes antivibración Filtro de aire Caja digital de microprocesador Disyuntor Baterías 12 V , cable y soporte Silenciador tipo industrial (separado) Documentación del usuario	Motor (MITSUBISHI , S4Q2.SD ) Arranque eléctrico, alternador de carga 12 V, regulación Meca . Alternador (MECC ALTE , ECO 28 1L/4 ) Alternador monocojinete IP 23 , clase H /H Radiador 50°C [122°F]°C máximo T° a nivel del haz. Chasis y bornes antivibración Filtro de aire Caja digital de microprocesador Disyuntor Baterías 12 V , cable y soporte Silenciador tipo industrial (separado) Documentación del usuario

**Tabla H3. Características Eléctricas J66K.**

Tensión	Hz	Fases	F. P	Amperios de emergencia	Potencia de emergencia kW/kVA	Potencia primaria kW/kVA
415/240	50	3	0.8	92	53 / 66	48 / 60
400/230	50	3	0.8	95	53 / 66	48 / 60
380/220	50	3	0.8	100	53 / 66	48 / 60
240/120	50	3	0.8	159	53 / 66	48 / 60
230/115	50	3	0.8	166	53 / 66	48 / 60
220/110	50	3	0.8	173	53 / 66	48 / 60
220/127	50	3	0.8	173	53 / 66	48 / 60
200/115	50	3	0.8	191	53 / 66	48 / 60

**Tabla H4. Características Eléctricas J33.**

Tensión	Hz	Fases	F.P	Amperios de emergencia	Potencia de emergencia kW/kVA	Potencia primaria kW/kVA
415/240	50	3	0.8	46	26 / 33	24 / 30
400/230	50	3	0.8	48	26 / 33	24 / 30
380/220	50	3	0.8	50	26 / 33	24 / 30
240/120	50	3	0.8	79	26 / 33	24 / 30
230/115	50	3	0.8	83	26 / 33	24 / 30
220/110	50	3	0.8	87	26 / 33	24 / 30
220/127	50	3	0.8	79	24 / 30	22 / 27
200/115	50	3	0.8	95	26 / 33	24 / 30

**Tabla H5 Características Eléctricas T22K.**

Tensión	Hz	Fases	F.P	Amperios de emergencia	Potencia de emergencia kW/kVA	Potencia primaria kW/kVA
415/240	50	3	0.8	31	18 / 22	16 / 20
400/230	50	3	0.8	32	18 / 22	16 / 20
380/220	50	3	0.8	33	18 / 22	16 / 20
240/120	50	3	0.8	53	18 / 22	16 / 20
230/115	50	3	0.8	55	18 / 22	16 / 20
220/110	50	3	0.8	58	18 / 22	16 / 20
220/127	50	3	0.8	52	16 / 20	15 / 18
200/115	50	3	0.8	64	18 / 22	16 / 20

PRP: Potencia principal disponible en continuo en carga variable durante un número ilimitado de horas al año de acuerdo con ISO8528-1. Es posible una sobrecarga de 10% una hora cada 12 horas según ISO3046-1.

ESP: Potencia de emergencia disponible para una utilización de emergencia en carga variable de acuerdo con ISO8528-1. Opción sobrecarga no disponible.

**Tabla H6. Datos de los Motores.**

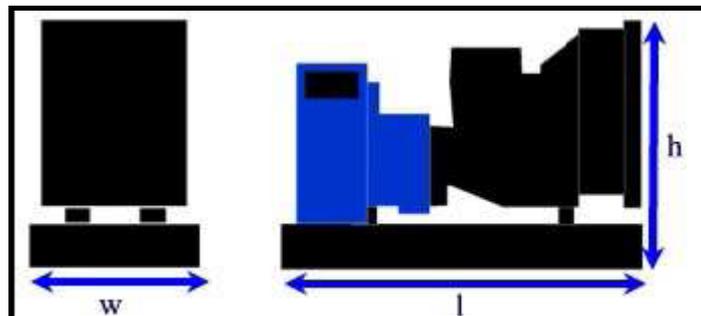
MODELO	J66K	J33	T22K
<b>Datos del motor</b>	Fabricante / Modelo: JOHN DEERE 4045TF120 , 4-cycle, Turbo , N/A Disposición de los cilindros: 4 X L Desplazamiento: 4,48 litros Carrera y Diámetro: 106 mm x 127 mm Relación de compresión: 17 : 1 Velocidad en vueltas por minuto: 1.500 rpm	Fabricante / Modelo: JOHN DEERE 3029DF120 , 4-cycle, Athmo , N/A Disposición de los cilindros: 3 X L Desplazamiento: 2.9L [177.0C.I.] Carrera y Diámetro: 106mm [4.2in.] X 110mm [4.3in.] Tasa de compresión: 17,8 : 1 Velocidad en vueltas por minuto: 1500 Rpm Rpm	Fabricante / Modelo: MITSUBISHI S4Q2.SD , 4-cycle, Athmo , N/A Disposición de los cilindros: 4 X L Desplazamiento: 2.50L [152.6C.I.] Carrera y Diámetro: 88mm [3.5in.] X 103mm [4.1in.] Tasa de compresión: 22 : 1 Velocidad en vueltas por minuto: 1500 Rpm Rpm
<b>Sistema de Escape</b>	Velocidad de los pistones: 6.35m/s Potencia de emergencia máxima a velocidad nominal: 68 kW [91 BHP]	Velocidad de los pistones: 5.5m/s [18.0ft./s]	Velocidad de los pistones: 5.15m/s [16.9ft./s]
<b>Sistema de Combustible</b>	Regulación frecuencia, carga constante: +/- 2.5% BMEP: 11,2 bar Regulador: tipo Meca	Potencia de emergencia máxima a velocidad nominal: 29.7kW [40BHP] Regulación frecuencia, carga constante: +/- 2, 5% BMEP: 7.4bar [107psi] Regulador: tipo Meca	Potencia de emergencia máxima a velocidad nominal: 23.87kW [32BHP] Regulación frecuencia, carga constante: +/- 2. 5% BMEP: 6.92bar [100psi] Regulador: tipo Meca
<b>Sistema de Aceite</b>	Caudal gas: 176 litros/s Temperatura gas: 545 °C Contrapresión: 750 mm CE 110% ( a 50 Hz ): 17.5 litros/h 100% (potencia de emergencia): 16 litros/h	Caudal gas: 78 litros/s Temperatura gas: 555 °C Contrapresión: 625 mm CE 110% ( a 50 Hz ): 8.3 litros/h 100% (potencia de emergencia): 6.8 litros/h	Caudal gas: 74 litros/s Temperatura gas: 600 °C Contrapresión: 680 mm CE 110% ( a 50 Hz ): 6.8 litros/h 100% (potencia de emergencia): 6.2 litros/h
<b>Balance Termico al 100% de Carga</b>	75% (potencia de emergencia): 12 litros/h 50% (potencia de emergencia): 8.5 litros/h	75% (potencia de emergencia): 5.2 litros/h 50% (potencia de emergencia): 3.6 litros/h	75% (potencia de emergencia): 4.7 litros/h 50% (potencia de emergencia): 3.4 litros/h
<b>Aire de Admisión</b>	Flujo combustible: 108 litros/h Capacidad aceite con filtro: 13.5 litros Mínima presión de aceite: 1 bar Presión de aceite: 5 bar Consumo de aceite 100% carga: 0.016 litros/h Capacidad aceite cárter: 12.5 litros	Flujo combustible: 111 litros/h Capacidad aceite con filtro: 6 litros Mínima presión de aceite: 1 bar Presión de aceite: 5 bar Consumo de aceite 100% carga: 0.007 litros/h Capacidad aceite cárter: 5.3 litros	Flujo combustible: 36 litros/h Capacidad aceite con filtro: 6.5 litros Mínima presión de aceite: 1 bar Presión de aceite: 5 bar Consumo de aceite 100% carga: 0.06 litros/h Capacidad aceite cárter: 5.5 litros
<b>Sistema de Refrigeración</b>	Calor expulsado en el escape: 54 kW Calor irradiado: 8 kW Calor expulsado en el agua: 35 kW	Calor expulsado en el escape: 31 kW Calor irradiado: 6 kW Calor expulsado en el agua: 18 kW	Calor expulsado en el escape: 21 kW Calor irradiado: 3 kW Calor expulsado en el agua: 19 kW
<b>Emisiones</b>	Aire de entrada máximo: 625mm CE Flujo de aire motor: 66 litros/s Capacidad del motor y radiador: 23.6 litros Temperatura de agua máxima: 105°C Temperatura de agua a la salida: 93°C Potencia del ventilador: 2 kW Flujo de aire del ventilador: 2.53m³/s Contrapresión radiador: 20mm CE Tipo de Enfriamiento: Gencool Termostato: 82-94 °C HC: 150 mg/Nm³ CO: 190 mg/Nm³ NOx: 3800 mg/Nm³ PM: 60 mg/Nm³	Aire de entrada máximo: 300mm CE Flujo de aire motor: 28 litros/s Capacidad del motor y radiador: 16.1 litros Temperatura de agua máxima: 105°C Temperatura de agua a la salida: 93°C Potencia del ventilador: 1.5 kW Flujo de aire del ventilador: 1.74m³/s Contrapresión radiador: 20mm CE Tipo de Enfriamiento: Gencool Termostato: 82-94 °C HC: N/A CO: N/A NOx: N/A PM: N/A	Aire de entrada máximo: 200mm CE Flujo de aire motor: 29 litros/s Capacidad del motor y radiador: 8.1 litros Temperatura de agua máxima: 111°C Temperatura de agua a la salida: 93°C Potencia del ventilador: 0.8 kW Flujo de aire del ventilador: 0.8m³/s Contrapresión radiador: 10mm CE Tipo de Enfriamiento: Gencool Termostato: 76.5-90 °C HC: 30 mg/Nm³ CO: 290 mg/Nm³ NOx: 1020 mg/Nm³ PM: 120 mg/Nm³
<b>Especificaciones del Alternador</b>	Conforme con las normas NEMA MG21, UTE NF C51.111, VDE 0530, BS 4999, CSA. El alternador está protegido contra cortocircuitos. Impregnación al vacío, bobinado epoxi. Índice de protección IP21.	Conforme con las normas NEMA MG21, UTE NF C51.111, VDE 0530, BS 4999, CSA. El alternador está protegido contra cortocircuitos. Impregnación al vacío, bobinado epoxi. Índice de protección IP21.	Conforme con las normas NEMA MG21, UTE NF C51.111, VDE 0530, BS 4999, CSA. El alternador está protegido contra cortocircuitos. Impregnación al vacío, bobinado epoxi. Índice de protección IP21.

**Tabla H7. Características del Alternador.**

MODELO	J66K	J33	T22K
Fabricante / Tipo:	LERROY SOMER LSA432M45	MECC ALTE ECO28VL	MECC ALTE ECO 28 1L/4
Número de fases:	3	3	3
Factor de potencia (Cos φ):	0.8	0.8	0.8
Altitud:	< 1000 m	1000 m	1000 m
Velocidad excesiva:	2.250 rpm		
Polo: número:	4	4	4
Tipo de excitación:	Shunt	Shunt	Shunt
Aislamiento: clase, temperatura:	H / H	H / H	H / H
Regulador de tensión:	R230	SR7/2	AVR
Relación de armónicos (TGH/THC):	< 4%		
Forma de onda: NEMA = TIF – TGH/THC:	< 50		
Forma de onda: CEI = FHT – TGH/THC:	< 2%		
Cojinetes: número:	1	1	1
Acoplamiento:	Directo	Directo	Directo
Regulación de tensión 0 a 100%:	+/- 1%		
Recubrimiento (20% tensión):	500 ms		
SkVA:	N/A	N/A	N/A

**Tabla H8. Otros Datos del Alternador.**

MODELO	J66K	J33	T22K
Potencia nominal continua @ 40°C	65 kVA	36 kVA	
Potencia emergencia @ 27°C	78 kVA	36,3 kVA	24,2 kVA
Rendimiento a 4/4 de carga	89,8 %	86.5 %	84.2 %
Caudal de aire	0,32m <sup>3</sup> /s	5.8m <sup>3</sup> /s	5.5m <sup>3</sup> /s
Perdidas en vacío	1,64 kW		
Disipación de calor	6,42 kW		



MODELO	J66K	J33	T22K
Dimensiones l x w x h	1.870 mm x 994 mm x 1.360 mm	1.700mm x 896mm x 1.221 mm	1.700mm x 896 mm x 1.121 mm
Peso: Vacío	1.000 kg; en Funcionamiento 1.210 kg	740 kg; en Funcionamiento 850 kg	560 kg; en Funcionamiento 660 kg

**Figura H5. Peso y dimensiones del Motogenerador.**



### NEXYS

**Características:** Frecuencímetro, Voltímetro, Amperímetro

**Alarmas y fallos:** Presión del aceite, Temperatura del agua, No arranca, Sobrevelocidad (>60 kVA), Mín./Máx alternador, Nivel bajo de fuel-oil, parada de emergencia.

**Parámetros motor:** Cuentahoras, Velocidad del motor, Tensión de batería, Nivel fuel-oil, Precalentamiento del aire

### TELYS

**Características:** Frecuencímetro, Voltímetro, Amperímetro

**Alarmas y fallos:** Presión del aceite, Temperatura del agua, No arranca, Sobrevelocidad, Mín./Máx alternador, Mín./Máx tensión de batería, Parada de emergencia

**Parámetros motor:** Cuentahoras, Presión del aceite, Tensión de batería, Temperatura del agua, Nivel fuel-oil, Velocidad del motor, Tensión de batería

Figura H6. Caja de mando.

## ANEXO I: REFERENCIAS

- Beaumont Roveda, E. 1986. Caracterización y Posibilidades de la Biomasa Forestal como Combustible. IIº Congreso AAPURE.
- Beaumont Roveda, E. 1987. La Biomasa como Fuente de Energía Renovable. Una aproximación al tema. DNC y NFE. Secretaría de Energía.
- Beaumont Roveda, E. 1994. Valorización, Impacto Ambiental y Sustentabilidad del Recurso Forestal. Análisis de su Componente Energética. Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano de la Presidencia de la Nación.
- Braier G. 2004. Tendencias y perspectivas del sector forestal al año 2020 – Argentina. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020. Informe Nacional 1. SAyDS – SAGPyA – FAO. 71 pp.
- Braier G. 2004. Tendencias y perspectivas del sector forestal al año 2020 – Argentina. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020. Informe nacional complementario. SAyDS – SAGPyA – FAO. 220 pp.
- Norverto, Carlos A. 2002. Metodologías para el Análisis Costo-Beneficio de usos del Suelo y Fijación de Carbono en Sistemas Forestales para el Mecanismo de Desarrollo Limpio. Proyecto Forestal de Desarrollo (SAGPyA/BIRF). Separata SAGPyA Forestal N°25. Diciembre 2002. (Ver en: [www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/forestacion/silvo/separata%2025.pdf](http://www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/forestacion/silvo/separata%2025.pdf))
- Okita (Fundación Okita). 2003. Estudio sobre cadenas productivas seleccionadas en la República Argentina. Industria de la madera y el mueble. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) - Secretaría de Industria Comercio y Minería.
- Proyecto ADE/933/87/05. 1991. Diagnóstico de Recursos, Formulación de Estrategias y Aspectos Ambientales. Programa "Utilización Energética de la Biomasa en el Noreste de Argentina". República Argentina - Comisión de Comunidades Europeas.
- SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos). 2001. Inventario de plantaciones forestales y establecimiento de un banco de datos. Informe Final (versión digital). Proyecto Forestal de Desarrollo - SAGPyA. Disponible en: [www.sagpya.gov.ar](http://www.sagpya.gov.ar).
- SAGPyA. 2003. Estadísticas de la actividad forestal (sector forestal, encuesta anual de la industria de la madera, comercio exterior, etc.). Dirección de Forestación - SAGPyA. Disponible en: [www.sagpya.gov.ar](http://www.sagpya.gov.ar).
- SAyDS (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable). 2002. Primer inventario nacional de bosques nativos. Cartografía y superficie de bosque nativo de Argentina. Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas - SAyDS.
- SAyDS. 2005. Anuario de estadística forestal - Especies nativas 2003. Dirección de Bosques - SAyDS.

## ÍNDICE DE FIGURAS

1. Típica disposición inadecuada de residuos.....	6
2. Pretratamiento de residuos agrícolas para su aprovechamiento energético.....	6
3. Residuo de desmote de algodón.....	7
4. Acumulación de cáscara de arroz en un molino.....	7
5. Astillado “in situ” de los residuos de apeo para su transporte.....	8
6. Empacado y recolección de residuos leñosos.....	8
7. Residuos empacados para su transporte y posterior uso energético.....	9
8. Típico horno de incineración en un aserradero.....	9
9. Combustión incontrolada en "quemaderos" comunitarios.....	10
10. Disposición de aserrín en un aserradero.....	10
11. Recolector de biomasa forestal y “chipeador” autopulsado.....	20
12. Ejemplo de instalación de alimentación automatizada.....	21
13. Ejemplo de astilladora portátil.....	22
14. Ejemplo de Briquetas de Biomasa y Máquina Briqueteadora.....	25
15. Ejemplo de Pellets de Biomasa.....	25
16. Provincia de Misiones.....	36
17. Redes Eléctricas de la Provincia de Corrientes.....	37
18. Biomasa Residual Total por Departamento (Corrientes).....	42
19. Biomasa Residual por Departamento (menor escala).....	42
20. Ubicación de las áreas con distintos tipos de Establecimientos.....	44
21. Ubicación de las áreas para realizar la preselección de localidades.....	46
22. Detalle de las localidades preseleccionadas.....	47
23. Esquema del Paraje San Antonio Isla.....	49

24. Vivienda típica y galpón.....	50
25. Ingresos de las Familias.....	51
26. Nivel de Educación.....	51
27. Fuente Energética utilizada.....	52
28. Equipamiento actual.....	52
29. Distribución del gasto.....	53
30. Equipamiento con fines productivos.....	54
31. Equipamiento para comunicación social.....	54
32. Electrodomésticos a incorporar.....	55
33. Disposición al pago.....	55
34. Biomasa Residual por Localidad.....	56
35. Biomasa Residual de menor escala en cada Localidad.....	57
36. Detalle de las Regiones Analizadas.....	58
37. Detalle de las Comunidades Preseleccionadas.....	60
38. Vivienda típica de la Picada.....	61
39. Esquema del Paraje Picada Unión.....	62
40. Distribución de ingresos mensuales.....	63
41. Distribución del Nivel de Educación.....	63
42. Equipamiento de las viviendas que cuentan con generación propia.....	64
43. Equipamiento de las viviendas que carecen de generador.....	64
44. Distribución del gasto mensual de las familias de Picada Unión.....	65
45. Requerimientos productivos.....	66
46. Requerimientos para comunicación social.....	67
47. Electrodomésticos a incorporar.....	67
48. Esquema de la planta de Generación.....	73

49. Esquema de la Planta de la Instalación.....	77
---	----

## ANEXO A

A1. Comparativa de la eficiencia de los distintos procesos.....	90
A2. Eficiencia total para un sistema de gasificación en modo dual y modo diesel para un rango de cargas (20kWe).....	92
A3. Tipos de Gasificadores.....	93
A10. Layout típico de un sistema de gasificadoR.....	95
A5. Sistema AEW de 100kWe para biomasa leñosa, mostrando el equipamiento para limpiar el gas.....	96
A6. Proyecto Orchha utilizando un Gasificador Netpro de 100kW (Gasificador IISc)...	96
A7. Gasificador de biomasa en Gosaba Rural Energy Cooperative.....	102
A8. Gasificador de biomasa en Hosahalli.....	104
A9. Generación de energía en un sistema de combustión directa.....	105
A10. Calderas de Vapor.....	107
A11. Motores de Vapor Alternativos.....	108
A12. Turbina de Vapor.....	110
A13. Diagrama de Flujo de una Planta de Cogeneración con Turbina de Vapor.....	110
A14. Gasificador en el Aserradero “El Timbó”.....	112
A15. Motor Spilling.....	113
A16. Caldera Tanzi.....	113

## ANEXO B

B1. Esquema de la Biodigestión.....	116
B2. Proveedores de Equipos para Producción de Biogás.....	120

## ANEXO D

D1. Distribución relativa de los tres géneros más importantes en la cosecha forestal.....	131
---	-----

## ANEXO F

F1. Tendido eléctrico en caminos rurales.....	146
F2. Vista Escuela N° 260.....	147
F3. Vista del Aserradero Zeni S.A. situado sobre RN12 km 694.....	148
F4. Ruta provincial N° 30 vista de la Forestación Los Naranjitos.....	148
F5. Torre de control de incendios forestales. Forestación Los Naranjitos.....	149
F6. Chacra de Paraje Campo Romero.....	150
F7. Vista del interior del Aserradero El Badel.....	151
F8. Quema de residuos en el aserradero El Badel.....	151
F9. Tranquera cerrada de acceso a San Antonio Isla.....	152
F10. Camino interior de acceso a San Antonio Isla.....	152
F11. Vista de unas de las viviendas desde el camino central.....	153
F12. Vista de la Escuela N° 295.....	153
F13 Entrevista a la Directora y maestro de la escuela N° 277.....	154
F14 Focus Hombres.....	156
F15 Focus Mujeres.....	157

## ANEXO G

G1. Vista de unos de los caminos secundarios.....	159
G2. Vista desde el Camino vecinal central a una de las viviendas.....	160

G3. Camino Vecinal principal de Colonia Santa Rita.....	161
G4. Vista del aserradero de Paraíso.....	162
G5. Vista de la escuela a la entrada de la picada.....	163
G6. Vista de uno de los caminos vecinales.....	163
G7. Camión estacionado en una de las chacras.....	164
G8. Vista de uno de los aserraderos.....	165
G9. Pila de residuos en uno de los aserraderos (en segundo plano).....	166
G10. Plantines de tabaco en una de las chacras.....	167

#### ANEXO H

H1. Instalación de un Gasificador Carboconsult en Sebenza.....	170
H2. Esquema de la Instalación de un Gasificador Carboconsult.....	171
H3. Gasificador ANKUR Modelo WBG400.....	171
H4. Grupos Diesel SDMO Modelos J66K y T22K.....	174
H5. Peso y dimensiones del Motogenerador.....	177
H6. Caja de mando.....	178

## ÍNDICE DE TABLAS

1. Procesos de Conversión de Biomasa en Energía.....	17
2. Residuos Agrícolas de la Provincia de Corrientes.....	28
3. Residuos Pecuarios de la Provincia de Corrientes.....	29
4. Provincia de Corrientes. Distribución de los Residuos Pecuarios.....	30
5. Residuos Agroindustriales de la Provincia de Corrientes.....	31
6. Residuos Agrícolas de la Provincia de Misiones.....	32
7. Residuos Pecuarios de la Provincia de Misiones.....	33
8. Provincia de Misiones. Distribución de los Residuos Pecuarios.....	33
9. Residuos Agroindustriales de la Provincia de Misiones.....	34
10. Biomasa Residual promedio por Departamento y N° de Establecimientos.....	43
11. Biomasa Residual promedio por Departamento y N° de Escuelas.....	45
12. Aporte de Biomasa de cada Localidad.....	57
13. Estimación de la Demanda.....	68
14. Auxiliares para la preparación de la biomasa.....	71
15. Componentes del Módulo de Gasificación de Biomasa.....	71
16. Especificaciones técnicas del gasificador.....	74
17. Potencia de cada Planta.....	76
18. Consumo de Gas oil y Biomasa.....	76
19. Inversiones en Misiones: Picada La Unión.....	79
20. Gastos de Operación y Mantenimiento durante el ciclo de vida.....	80
21. Costo Total Anual durante el ciclo de vida.....	81
22. Costos normalizados Misiones: Picada La Unión.....	81
23. Inversiones en Corrientes: San Antonio.....	82
24. Gastos de Operación y Mantenimiento durante el ciclo de vida.....	83

25. Costo Total Anual durante el ciclo de vida.....	83
26. Costos normalizados. Corrientes: San Antonio.....	84
27. Plan de tarifas y subsidios sugeridos.....	84

## ANEXO A

A1 Características comparativas de los sistemas de combustión y gasificación para generar electricidad.....	89
A2. Características de los Gasificadores.....	93
A3 Características de los diferentes Tipos de Gasificadores.....	94
A4: Posibles Proveedores de Gasificadores.....	99
A5: Gosaba. Sistema de Gasificación.....	102
A6: Hosahalli, Sistema de Gasificación.....	104
A7. Proveedores de Calderas de Vapor.....	107
A8. Proveedores de Motores de Vapor.....	109
A9. Proveedores de Turbinas de Vapor.....	111

## ANEXO B

B1 Instalación de Producción de Biogás.....	120
---	-----

## ANEXO C

C1. Factores de Diagnóstico.....	126
----------------------------------	-----

## ANEXO D

D1. Plantaciones forestales por especies y provincia bajo estudio en el año 2002.....	130
D2. Consumo aparente de rollizos.....	132

D3. Industrias forestales argentinas.....	133
D4. Distribución por industria y por especie del consumo aparente de rollizos....	133
D5. Distribución de las plantaciones forestales en la Provincia de Misiones.....	134
D6. Distribución de las plantaciones forestales en la provincia de Corrientes.....	135
D7 Distribución de plantaciones forestales en la provincia de Entre Ríos.....	135
D8. Generación y uso de residuos de madera.....	136

## ANEXO H

H1. Equipos de Gasificación.....	172
H2. Equipos de Gasificación (continuación).....	173
H3. Características Eléctricas J66K.....	175
H4. Características Eléctricas J33.....	175
H5 Características Eléctricas T22K.....	175
H6. Datos de los Motores.....	178
H7. Características del Alternador.....	177
H8. Otros Datos del Alternador.....	177