

## UTF/ARG/020/ARG - Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (PROBIOMASA)



## Capacitación sobre aspectos ambientales de proyectos de bioenergía

Mg. Ing. Mariela Beljansky.

Rosario, 22 de Agosto 2019

# **ORGANIZACIÓN DE LA PRESENTACION**

## **PARTE 1 – BIOMASA Y BIOENERGÍA**

I – INTRODUCCIÓN: LA GUÍA

II - SÍNTESIS DEL PROCEDIMIENTO NORMATIVO VIGENTE

III – GENERALIDADES DE LOS PROYECTOS BIOENERGÉTICOS

IV - PRODUCCIÓN DE ENERGÍA CON BIOMASA SÓLIDA

V - PRODUCCIÓN DE ENERGÍA CON BIOGÁS

**INTERVALO**

---

# I – INTRODUCCIÓN

## 1. ANTECEDENTES

### PROBIOMASA

### CEARE

- Gran necesidad de impulsar políticas energéticas y ambientales favorables al desarrollo de las energías renovables.
- En Argentina existe un gran potencial de recursos y residuos biomásicos disponibles y aprovechables para uso energético.
- No existen, en general, normas ambientales específicas para la incorporación de biomasa o biogás como fuente de generación de energía térmica y eléctrica, lo que genera una fuerte incertidumbre.

Se busca viabilizar proyectos de bioenergía y una cuestión clave es agilizar los trámites, sin desmedro de solicitar el cumplimiento de las condiciones que garanticen la sustentabilidad de los proyectos y la preservación del medio natural, social y cultural.

---

# I – INTRODUCCIÓN

## 2. OBJETO

Presentación de una guía orientativa para la realización de los Estudios de Impacto Ambiental y Social (EIA) de proyectos bioenergéticos.

**GUÍA TÉCNICA DE MEJORES PRÁCTICAS PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS BIOENERGÉTICOS.**

<https://drive.google.com/open?id=1VmZqt6eOoVDNbQKeHSZvrbiNFBDzRbKo>

---

## I – INTRODUCCIÓN

**Para alcanzar el objetivo se siguen estos pasos:**

1. Relevamiento de las buenas prácticas ambientales a nivel internacional,
  2. Se elabora la Guía Técnica con los parámetros ambientales a observar para la planificación y el desarrollo de cada categoría de proyectos,
  3. Se considera tecnología, escala y localización.
  4. Se recomiendan valores límite en función de lo establecido para condiciones semejantes en países que han avanzado más en la incorporación de la bioenergía.
-

### 3. ALCANCES DE LA GUÍA

La Guía incluye:

- Descripción general de la tecnología de conversión de biomasa en energía térmica y eléctrica,
- Identificación de los principales aspectos ambientales asociados a la actividad de conversión de biomasa en energía (planificación y desarrollo de los proyectos).

Vinculación con EIA



- Descripción del proyecto,
  - Identificación de impactos del proyecto.
-

### **3. ALCANCES DE LA GUÍA**

Proyectos de conversión de biomasa sólida y biogás en energía (térmica y/o eléctrica):

- materias primas en origen,
- proceso en planta industrial,
- sub-productos, residuos y efluentes

Casos de Estudio:

1. Proyectos de biomasa seca en base a plantaciones dedicadas.
  2. Proyectos de biomasa seca en base a residuos de la cadena foresto-industrial.
  3. Proyectos de biogás que combine efluentes residuales con silaje de maíz u otra materia orgánica que aumente el rendimiento.
-

### **3. ALCANCES DE LA GUÍA**

Fuera del alcance de la guía:

- Producción de biomasa desde la siembra hasta la cosecha, incluyendo los aspectos tradicionales relacionados con la agricultura y silvicultura,
  - Generación de residuos ganaderos o efluentes residuales incorporados en la fermentación anaeróbica para la producción de biogás,
  - Construcción de plantas industriales,
  - Evacuación de energía eléctrica: estaciones transformadoras y líneas de media y alta tensión,
  - Evacuación de energía térmica: ductos y redes.
-



## 4. ¿A QUIÉN ESTÁ DIRIGIDA LA GUÍA?

La Guía está orientada a dar apoyo a:

- los titulares de proyectos bioenergéticos, de modo de orientarlos en el cumplimiento de los requerimientos ambientales y sociales,
- los organismos competentes, como referencia de trabajo para la evaluación técnica del Estudio de Impacto Ambiental y el control ambiental de estos proyectos.

**Obs.: se considera que el lector posee conocimientos técnicos ambientales básicos y está familiarizado con el alcance de un EIA para proyectos de tipo industrial y/o energético.**

---

## 5. LIMITACIONES EN EL ALCANCE DE LA GUÍA

La Guía:

- no constituye una herramienta normativa,
  - debe considerarse como un documento de carácter orientativo,
  - los criterios y niveles guía en ella expuestos deberán ser tomados como valores sólo de referencia,
  - está orientada a proyectos de una envergadura tal que requieren la preparación y presentación de un EIA,
  - cuando se requiera DIA, se podrán extraer los elementos necesarios de la Guía, reduciendo el análisis según corresponda,
  - el equipo interdisciplinario a cargo del EIA tendrá como misión realizar el completo análisis de los impactos ambientales adaptando la Guía según corresponda (referencias de consulta al final del documento),
  - ante falta de información, se recomienda trabajar del lado de la seguridad ambiental, considerando el escenario más desfavorable para la evaluación,
  - **No es una guía metodológica**
-

## **6. ORGANIZACIÓN DE LA GUÍA**

### **Distribución por Capítulos**

- Capítulo I: marco, objetivo y alcance
  - Capítulo II: situación normativa actual en Argentina,
  - Capítulo III: aspectos básicos de la biomasa y los beneficios ambientales generales de la bioenergía.
  - Capítulos IV y V: descripción de procesos de conversión energética a partir de biomasa sólida y biogás; tipo de plantas y tecnologías usuales.
  - Capítulo VI: emisiones gaseosas, gases de efecto invernadero y olores
  - Capítulo VII: aguas superficiales y subterráneas
  - Capítulo VIII: suelos
  - Capítulo IX: residuos
  - Capítulo X: aspectos económicos, sociales y culturales
  - Capítulo XI: ruido, vibraciones, radiaciones no ionizantes, impacto visual, bosques nativos
  - Capítulo XII: recomendaciones para la elaboración del EIA. Escalas para los proyectos de conversión de biomasa sólida y biogás en energía, en función de su potencia instalada y su ubicación respecto de receptores críticos.
-

# ¿Por qué es importante el desarrollo de la BIOENERGÍA?





# ¿Por qué Biomasa?

**La biomasa almacena en el corto plazo energía solar:**

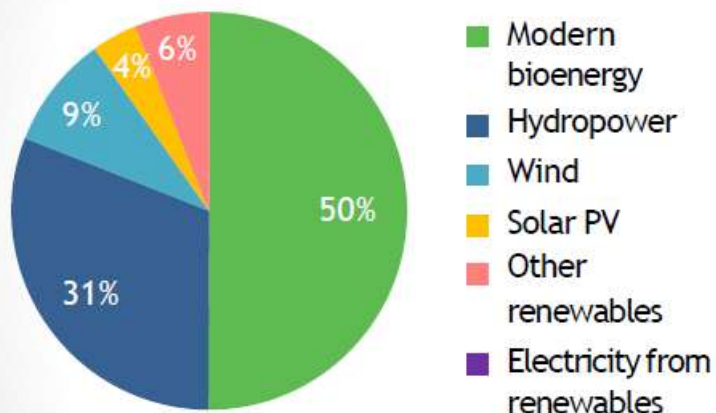
**Mediante la fotosíntesis las plantas que contienen clorofila, transforman el  $\text{CO}_2$ , las sales del suelo y el agua en materiales orgánicos con alto contenido energético.**



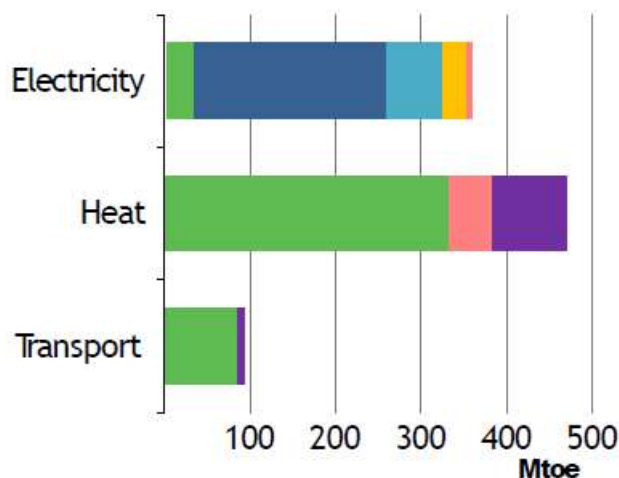
# ¿Por qué Biomasa?

- Es una herramienta costo efectiva de mitigación del cambio climático.
- Beneficios ambientales, económicos y sociales globales, locales y regionales.

Total final energy consumption from renewables, 2017



Total final energy consumption from renewables by sector, 2017



Las energías renovables representaron el 17% de la matriz primaria Mundial

# ¿Por qué Biomasa?



Favorece el **DESARROLLO RURAL**. Genera puestos de trabajo.

Evitan pasivos ambientales locales: riesgo de incendio, quema a cielo abierto, etc.

*DISMINUYE la DEPENDENCIA EXTERNA del abastecimiento de combustibles fósiles.*

Permite dar valor a hectáreas marginales a través de plantaciones dedicadas que se adapten a esos suelos y precipitaciones.

Agregan valor a muchas cadenas de la foresto y de la agroindustria

# Alternativas de valorización

Proyectos a partir de combustión /gasificación

**ENERGÍA TÉRMICA.**

**1. Distribución de calor para calefacción y agua caliente sanitaria**

**2. Caldera/Horno Industrial: vapor para proceso / calor para secado / agua caliente para lavado**

**3. Caldera Domiciliaria/comercial para calefacción y agua caliente sanitaria**

**ENERGÍA ELÉCTRICA.**

**1. Inyectar a la red**

**2. Autoconsumo con y sin excedentes a la red**



# Alternativas de valorización

## BIOCOMBUSTIBLES: Líquidos o biogás

**MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA  
PARA TRANSPORTE, USANDO 100 % BIO  
O CORTES.**

**ENERGÍA ELÉCTRICA Y TÉRMICA /  
COGENERACIÓN**

OTRA  
OPCIÓN

**BIO-REFINERÍAS**

# Bioenergía

- ❑ **Con Bioenergía podemos reducir emisiones en Tres Sectores importantes: SECTOR ELÉCTRICO, SECTOR TRANSPORTE Y PARA PRODUCCIÓN DE CALOR**
- ❑ **La electricidad a partir de bioenergía brinda potencia firme y por sus escalas habituales no requiere de expansión de la red de transporte**
- ❑ **Es la fuente renovable que mayor empleo genera y que permite un desarrollo más distribuido**
- ❑ **La tecnología necesaria es la que tiene mayor posibilidad de ser fabricada localmente**
- ❑ **Los recursos humanos que se necesitan son semejantes a otras actividades que se desarrollan en el país**
- ❑ **Argentina es un país con muchos climas diferentes y muy extenso, incluso con Vaca Muerta a full habrá muchos hogares e industrias sin acceso a gas de red en donde la biomasa puede ser una solución muy competitiva**

## II - SÍNTESIS DEL PROCEDIMIENTO NORMATIVO VIGENTE

### 1. PROCEDIMIENTO GENERAL

Cada provincia tiene definido un procedimiento administrativo particular para la Evaluación de Impacto Ambiental de nuevos proyectos o de ampliaciones de los existentes.

3 situaciones básicas:

- proyectos “pequeños” que sólo requieren una presentación administrativa básica, o no requieren presentación alguna,
- proyectos “intermedios” donde se solicita una Declaración de Impacto Ambiental (DIA),
- proyectos “grandes” donde se solicita un Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

La calificación es subjetiva, pero está conceptualmente relacionada con el nivel de impacto ambiental esperable para el proyecto en cuestión: **los proyectos de bioenergía se presentan en muy amplias escalas.**

---

## 2. PROYECTOS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CONECTADOS AL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL

Cuando se trata de un proyecto que resultará en la inclusión de un nuevo agente que solicite actuar en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), inyectando la energía eléctrica generada en el Sistema Interconectado Nacional (SIN), **la Secretaría de Gobierno de Energía (SE) exige presentar la Evaluación de Impacto Ambiental junto con el pedido de habilitación como agente del MEM**, ya sea como generador, auto-generador o cogenerador.

<https://www.argentina.gob.ar/energia/energia-electrica/estadisticas/gestion-ambiental/requerimientos-ambientales-para-ingreso-al-mercado-electrico-mayorista-mem>

Se deberán seguir los lineamientos metodológicos indicados en los Manuales de Gestión Ambiental correspondientes (**no incluye bioenergía**).

<https://www.argentina.gob.ar/energia/energia-electrica/estadisticas/gestion-ambiental/manuales-de-gestion-ambiental>

---

## 2. PROYECTOS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CONECTADOS O NO AL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL

### Todos los casos:

- Presentación en la Jurisdicción competente, ante las autoridades ambientales provinciales y, de corresponder, municipales.

### Programa RenovAr:

- Provincia / Municipio / SE
  - Por envergadura: EIA a nivel provincial, y la obtención del permiso ambiental respectivo para la prosecución del proyecto dentro del Programa.
  - **Garantía del Banco Mundial:** el Ministerio de Energía requiere **incluir los aspectos considerados en las guías elaboradas a partir de los requerimientos de la Corporación Financiera Internacional (CFI).**
-

## 4. ORGANIZACIÓN DEL EIA DE UN PROYECTO DE BIOENERGÍA

### Todos los casos:

Se deberán seguir el alcance mínimo y el ordenamiento definidos en la Normativa local a cumplimentar.

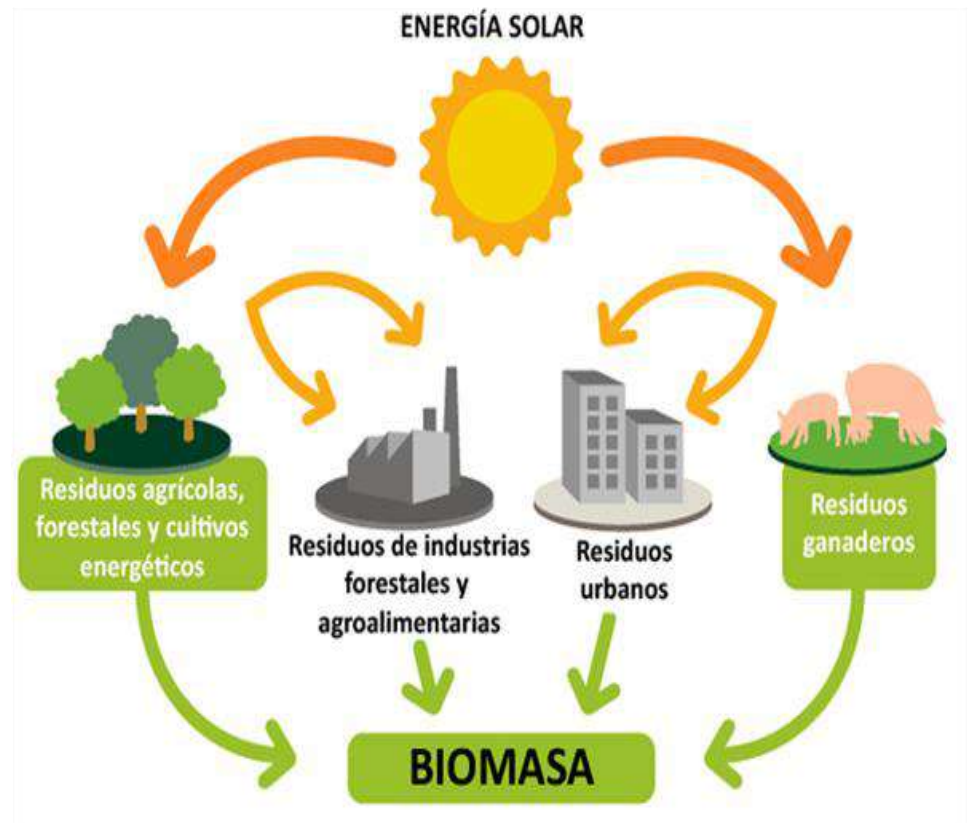
### Conectados al SIN/RenovAr:

- Seguir el ordenamiento provincial establecido,
  - En caso de no existir, por ejemplo ver Capítulo XII de la Guía,
  - **Adaptar CFI en los ítems donde aplica.**
-

## III – GENERALIDADES DE LOS PROYECTOS BIOENERGÉTICOS

### 1. CONCEPTOS GENERALES

**BIOMASA** = materia orgánica renovable de origen vegetal o animal o procedente de la transformación de la misma.



## 1. CONCEPTOS GENERALES

### 4 categorías (según origen y contenido de humedad)

- **Biomasa natural:** se encuentra en la naturaleza sin ningún tipo de intervención humana. Ej.: desechos naturales de un bosque.
  - **Biomasa residual seca ( $H < 60\%$ ):** subproductos de las actividades agrícolas y ganaderas, las forestales y de los procesos de las industrias agroalimentarias y de transformación de la madera. Ej.: estiércol, paja, madera de podas y raleos, aserrín, residuos sólidos urbanos secos.
  - **Biomasa residual húmeda ( $H > 60\%$ ):** vertidos biodegradables. Ej.: aguas residuales urbanas e industriales, residuos sólidos urbanos húmedos, residuos ganaderos, principalmente purines.
  - **Cultivos energéticos:** realizados con la finalidad de producir biomasa para energía. Ej.: plantaciones dedicadas a la producción de biomasa para producir energía (por ejemplo forestaciones de alta densidad, sorgo forrajero, silaje de maíz) y plantaciones para biocombustibles líquidos:
    - de primera generación: son del tipo alimentario,
    - de segunda generación: especies no comestibles.
-



## 2. USO ENERGÉTICO DE LA BIOMASA



Proyectos bioenergéticos: se convierte la energía química contenida en la biomasa en :

- energía eléctrica.
- energía térmica.

Alternativas:

- por separado en diferentes proyectos,
- en conjunto en las mismas instalaciones (cogeneración).

Reacción de combustión =  
= comburente (**aire ambiente**) + combustible (**biomasa**) + Temperatura

biomasa sólida  biogás 

## 2. USO ENERGÉTICO DE LA BIOMASA

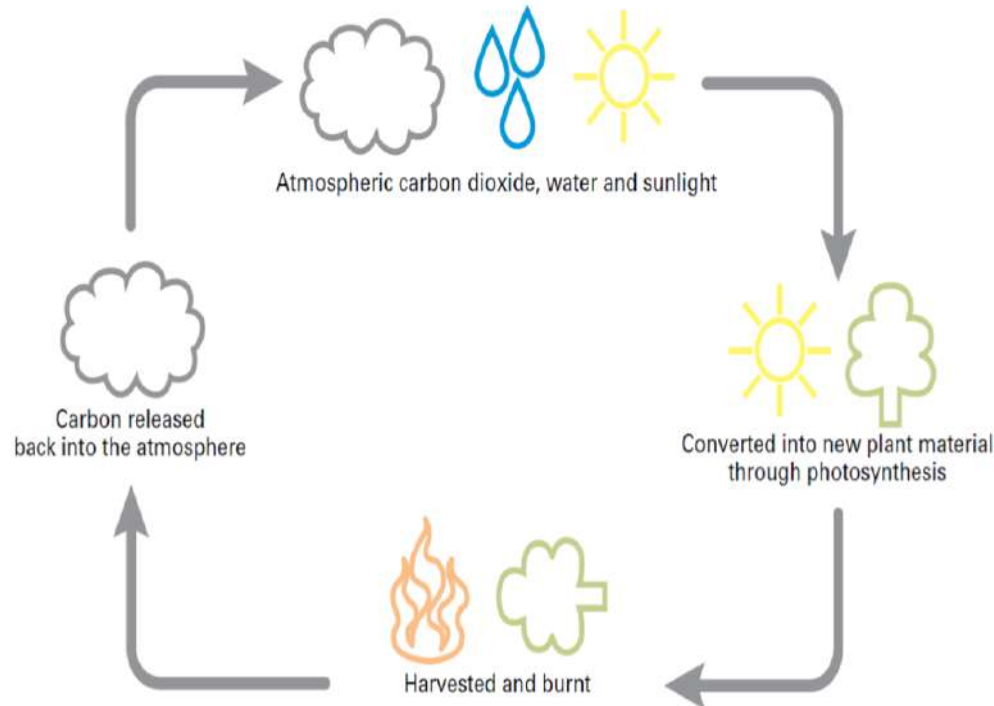
Combustible	Origen de la biomasa
Biomasa sólida	Residuos de la industria forestal (cortezas, aserrín, virutas, residuos de poda, raleo y corta final, etc.)
	Madera natural y usada
	Residuos agrícolas (paja, corontas de choclo, cuescos de frutas, etc.)
	Residuos sólidos orgánicos
	Cultivos de segunda generación (plantaciones dedicadas)
Biogás	Residuos del sector ganadero (estiércol, purines, etc.)
	Residuos agrícolas (paja, rastrojos, etc.)
	Cultivos energéticos (maíz, soja, etc.)
	Toda clase de biomasa húmeda (efluentes orgánicos, aguas residuales domiciliarias)
	Toda clase de biomasa seca (lodos de plantas de tratamiento de agua, grasas, residuos de matadero)
	(Biogás de) Rellenos sanitarios

---

### 3. BENEFICIOS AMBIENTALES DE LA BIOENERGÍA

#### 3.1 Aspectos globales

Principal ventaja ambiental del uso de biomasa: carácter sustituto de los combustibles fósiles, con balance neutro de emisiones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y las consecuentes reducciones de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).



*Esquema del ciclo cerrado del carbono en la combustión de biomasa sólida*

---

### 3. BENEFICIOS AMBIENTALES DE LA BIOENERGÍA

#### 3.1 Aspectos globales



Esquema del ciclo cerrado del carbono en un sistema de producción de biogás con biomasa de agricultura y residuos animales

## **3. BENEFICIOS AMBIENTALES DE LA BIOENERGÍA**

### **3.2 Bosques**

#### **FAO:**

- 16 millones de hectáreas al año de destrucción de bosques naturales.

#### **Finlandia**

- centrales térmicas y eléctricas de mayor envergadura dedicadas a la gestión de la biomasa forestal para la generación de energía.
  - se considera que el uso de sub-productos y residuos forestales contribuye a la protección ambiental, y el principal motivo es a partir de las reducciones de GEI.
-

## **3. BENEFICIOS AMBIENTALES DE LA BIOENERGÍA**

### **3.3 Cambio climático**

#### **Protocolo de Kyoto:**

- la **combustión de biomasa** supone un **efecto global nulo a largo plazo**, por permitir un ciclo circular del carbono.
- se considera que la energía empleada en la producción de biomasa es del orden del 3% de la energía generada.

#### **Unión Europea:**

- promueve, como medio para cumplir metas del protocolo de Kyoto y Acuerdo de París que ha suscripto, el uso de la cogeneración o producción combinada de calor y electricidad.
-

### 3. BENEFICIOS AMBIENTALES DE LA BIOENERGÍA

#### 3.3 Cambio climático

##### Índices de reducción de GEI:

Biomasa gasificada de residuos forestales o de cultivos:

$$\frac{\text{energía consumida en producción}}{\text{energía producida}} = \frac{1}{30} \quad \text{caso térmico}$$

$$\frac{\text{energía consumida en producción}}{\text{energía producida}} = \frac{1}{16} \quad \text{caso eléctrico}$$

##### Biocombustibles

$$\frac{\text{energía consumida en producción}}{\text{energía producida}} = \frac{1}{3} \quad \text{caso térmico}$$

$$\frac{\text{energía consumida en producción}}{\text{energía producida}} = \frac{1}{4} \quad \text{caso eléctrico}$$

---

### 3. BENEFICIOS AMBIENTALES DE LA BIOENERGÍA

#### 3.3 Cambio climático

##### Índices de reducción de GEI:

*Comparación del ciclo de vida de emisiones de CO<sub>2</sub> para combustibles de biomasa y fósiles.*

Combustible	kg CO <sub>2</sub> /MWh
Biomasa solida *	10-23
Gas natural	263-302
Líquido derivado de petróleo	338-369

\* chips de madera

Para generación eléctrica con biogás se tienen emisiones del orden de 300 kg CO<sub>2</sub>/MWh.

---



### **3. BENEFICIOS AMBIENTALES DE LA BIOENERGÍA**

#### **3.4 Producción agrícola**

La agricultura industrial contribuye al efecto invernadero y la difusión de sustancias tóxicas en el medio ambiente (nitratos, fosfatos y pesticidas con impacto en aguas superficiales).

Para mejorar la situación se puede emplear materia orgánica como enmienda, fertilizante natural o controlador de enfermedades, lo cual se puede lograr por intermedio de la aplicación controlada de los digestatos que surgen como subproductos de la generación de biogás.

El uso adecuado de fertilizantes como el digestato puede reducir las emisiones de GEI en comparación al uso de químicos sintetizados.

---

## 3. BENEFICIOS AMBIENTALES DE LA BIOENERGÍA

### 3.5 Cultivos energéticos

- Alto nivel de producción de biomasa con bajo costo de producción
  - Posibilidad de desarrollo en tierras marginales
  - Rotación con cultivos tradicionales
  - Competencia en el uso de maquinaria agrícola (se utiliza la misma que en cultivos tradicionales)
  - Balance energético: energía neta resultante del biocombustible obtenido versus la gastada en el cultivo y su aprovechamiento industrial, incluyendo la logística desde campo hasta planta
-

### 3. BENEFICIOS AMBIENTALES DE LA BIOENERGÍA

#### 3.6 Síntesis de beneficios ambientales en el uso de **biomasa sólida**

- Alternativa sustentable a los combustibles fósiles, reducción de emisiones de GEI,
  - Posibilidad de almacenamiento de biomasa en momentos de baja demanda,
  - **Generación de calor de alta temperatura, difícil de producir con otras fuentes de bajo contenido de carbono.**
  - **Aumento de la seguridad energética**, debido a su alto potencial energético,
  - Permite explotar subproductos agrícolas, forestales (y residuos municipales y comerciales), con menor impacto atmosférico respecto de combustibles fósiles.
  - El subproducto de la combustión en forma de **cenizas presenta algunos usos, o reduce sensiblemente el volumen en los rellenos de disposición final**,
  - La tecnología de combustión de biomasa sólida es fácilmente escalable, permitiendo explotar las fuentes aisladas de biomasa, con beneficios económicos para comunidades dispersas o aisladas.
  - Revalorización de pequeños emprendimientos forestales.
  - Mejoras económicas mediante la creación y desarrollo de cadenas de valor,
  - Mejoras sociales, creación de empleo.
  - **Reducción de riesgo de incendio forestal.**
-

### 3. BENEFICIOS AMBIENTALES DE LA BIOENERGÍA

#### 3.7 Síntesis de beneficios ambientales en el uso de **biogás**

- Alternativa sustentable a los combustibles fósiles, reducción de emisiones de GEI,
  - Aumento de la seguridad energética, debido a su alto potencial energético,
  - **Explotación de subproductos agro-ganaderos (y residuos municipales), con un menor impacto atmosférico en relación a la combustión de biomasa sólida.**
  - **Digestatos con valor en agricultura (fertilizante).**
  - Tecnología fácilmente escalable, permitiendo explotar las fuentes aisladas de biomasa, con beneficios económicos para comunidades dispersas o aisladas,
  - **El biogás se puede mejorar y obtener biometano, para aplicarlo como combustible vehicular o para inyectar a la red de gas natural.**
  - Liberación de terrenos ocupados por residuos utilizados en la biodigestión.
  - Mejoras económicas mediante la creación y desarrollo de cadenas de valor.
  - Mejoras sociales, creación de empleo.
  - Reducción de riesgo de incendio forestal.
  - **Reducción de olores y de moscas en la zona de tratamiento de efluentes/residuos**
-

## IV - PRODUCCIÓN DE ENERGÍA CON BIOMASA SÓLIDA

### 1. PRODUCCIÓN DE BIOMASA SÓLIDA COMO COMBUSTIBLE

#### 1.1 Producción de biomasa sólida

 origen s/Capítulo III.

#### 1.2 Acondicionamiento y chipeado

Mayor aprovechamiento del recurso: homogeneidad, mejor manejo.

Procesos de modificación: **chipeo, trituración y molienda, secado y densificación.**

Residuos forestales de tala: **primer acondicionamiento en campo, reduciendo el volumen con trituradoras o chipeadoras móviles + transporte en camiones desde el lugar de recogida hasta planta.**

---

## 1.2 Acondicionamiento y chipeado



Planta: almacenado en un depósito de alimentación, usualmente un lugar cerrado habilitado específicamente para esos fines.

---



## 1.2 Acondicionamiento y chipeado



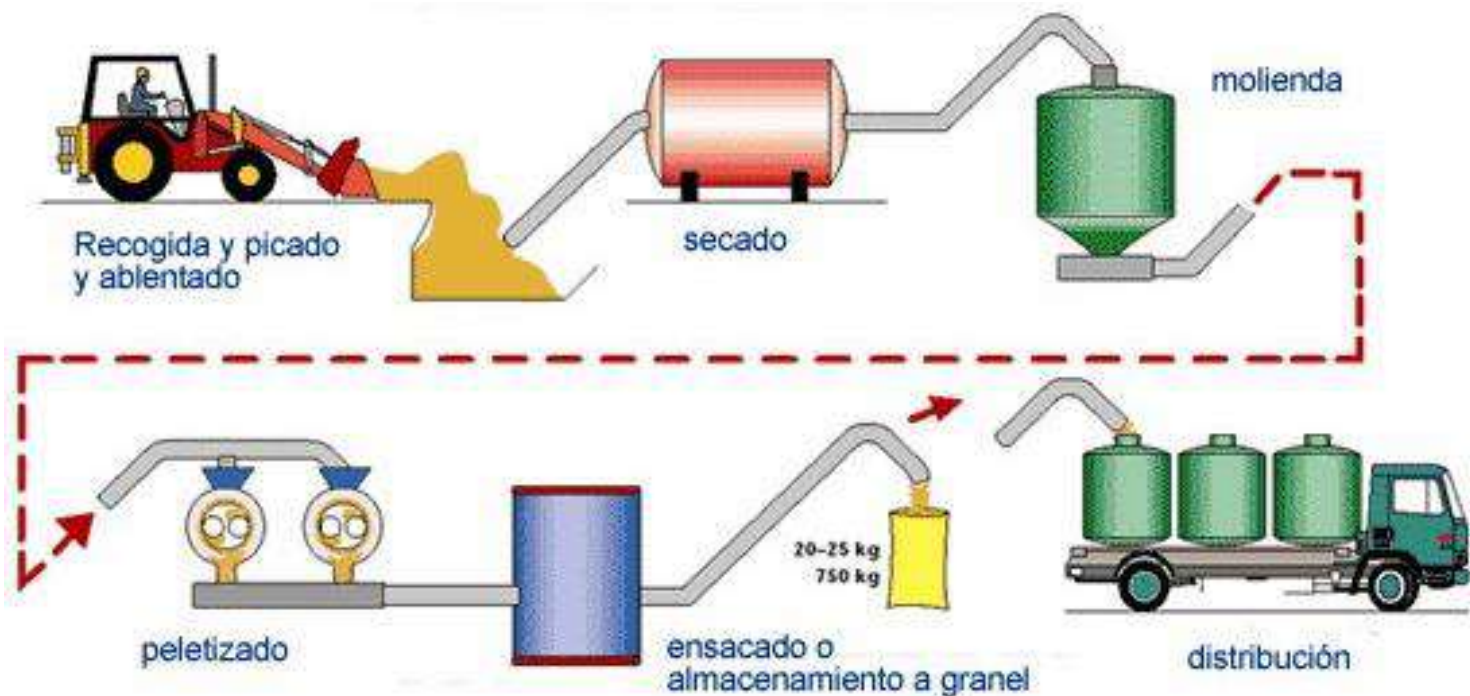
Granulometría del combustible en función de la tecnología de conversión de energía que será utilizado: trozar/picar/astillar .

Se utilizan equipos fijos para obtener pequeños trozos de madera, a partir de un proceso de trituración mecánica,

- Chips: rango entre 30 y 100 mm.
  - Humedad: entre 30% y 60%, dependiendo del origen.
  - Densidad a granel: 150 a 250 kg/m<sup>3</sup>.
-

## 1.3 Obtención de pellets y briquetas

- Molienda
- Control de humedad (<15%)
- Extrusión
- Acondicionamiento
- Empaque





## 2. CONVERSIÓN DE BIOMASA SÓLIDA POR COMBUSTIÓN

### 2.1 Síntesis del proceso

#### Ciclo simple de vapor o de Rankine

##### 1 Transporte y tratamiento

Subproductos como los de la elaboración del aceite, la poda del olivar o el cultivo del algodón llegan a la planta donde son separados según su tamaño.

##### 2 Dosificación del combustible

La biomasa ya tratada llega hasta la caldera por dosificadores que regulan la entrada de combustible para mantener siempre las condiciones de combustión adecuadas (temperatura, exceso de aire, etc).

##### 4 Eliminación de residuos

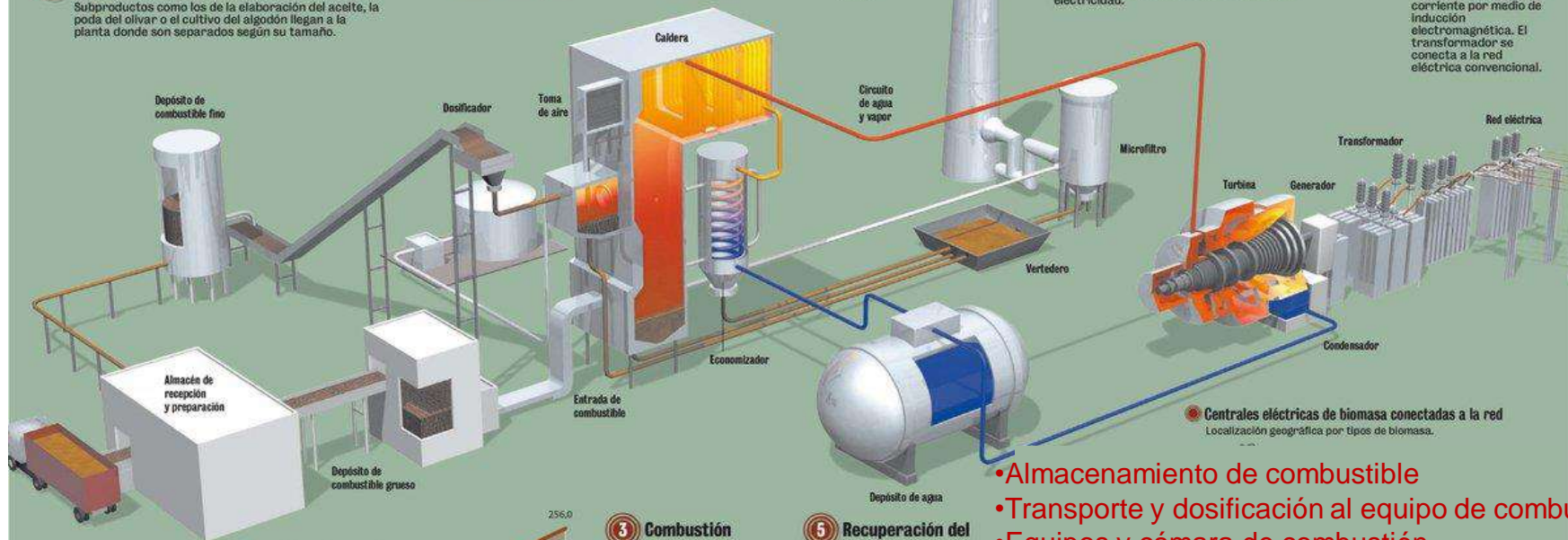
Las cenizas que quedan de la combustión llegan hasta un cenicero situado debajo de la caldera, y de ahí se reutilizan para posteriormente ser utilizadas en otros procesos. Los gases resultantes son filtrados para evitar la contaminación del aire.

##### 6 Turbina de vapor

El vapor de agua pasa por unas toberas que reducen su presión, aumentando la velocidad. Este flujo hace girar los álabes de la turbina y transforma la energía del vapor en energía mecánica. Un generador aprovecha esta fuerza para convertirla en electricidad.

##### 7 Electricidad de alta tensión

La energía eléctrica del generador pasa al transformador, que aumenta el voltaje de la corriente por medio de inducción electromagnética. El transformador se conecta a la red eléctrica convencional.



##### 3 Evolución de la potencia instalada con biomasa

Incremento en MW.



##### 3 Combustión

La biomasa se quema en la caldera elevando la temperatura y convirtiendo el agua de las tuberías en vapor. Este circuito pasa primero por un economizador que comienza a calentar el agua antes de entrar en la caldera, optimizando el proceso.

##### 5 Recuperación del agua

El agua, tras pasar por la caldera, se convierte en vapor y mueve la turbina, vuelve a condensarse y llega a un depósito. Allí comienza de nuevo el ciclo con el tratamiento del agua de alimentación a la caldera mediante sistemas como el de ósmosis inversa.

- Almacenamiento de combustible
- Transporte y dosificación al equipo de combustión
- Equipos y cámara de combustión
- Caldera (vapor, agua caliente, aceite térmico)
- Recuperadores auxiliares de calor
- Generación de electricidad
- Depuración de gases
- Extracción de cenizas

#### ENLACES

www.agenciaandaluzadelasenergias.es  
 www.gntdelasandalucia.es/economia/innovacion/tecnologia  
 www.micim.es/  
 www.cener.com  
 www.cteer.com

www.energies.com

Centrales eléctricas de biomasa conectadas a la red  
 Localización geográfica por tipos de biomasa.

## 2. CONVERSIÓN DE BIOMASA SÓLIDA POR COMBUSTIÓN

### 2.2 Tecnologías de combustión de biomasa sólida

<b>Tipo</b>	<b>Potencia (MW)</b>	<b>Combustible</b>	<b>Temperatura (°C)</b>
<b>Parrilla</b>	< 5	Astillas de madera, residuos de leña (> 30mm)	1.000
<b>Lecho fluidizado</b>	> 5	Biomasa (< 30mm)	800

---

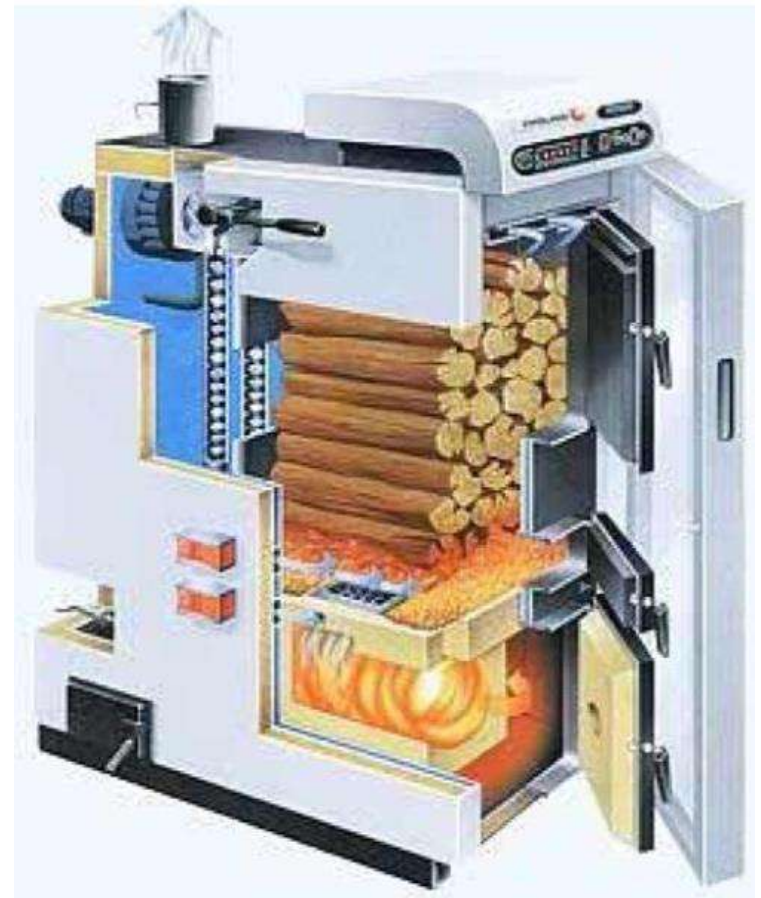
## 2.2 Tecnologías de combustión de biomasa sólida

Operación	Tipo	Rango de potencia (MW)	Combustible	Cenizas (%)	Contenido de agua (%)
Automática	Hornos con el fogón abajo	0,02 - 2.5	Astillas de madera, residuos de leña	< 2	5 - 50
	Hornos con parrilla móvil	0,15 - 15	Madera	< 50	5 - 60
	Hornos con parrilla	0,02 - 1.5	Residuos de madera seca	< 5	5 - 35
	Hornos con el fogón abajo y parrilla rotatoria	2 - 5	Astillas de madera, alto contenido de madera	< 50	40 - 65
	Quemador simple	3 - 5	Fardos	< 5	20
	Lecho fluidizado estacionario	5 - 15	Biomasa (< 10mm)	< 50	5 - 60
	Lecho fluidizado circulante	15 - 100	Biomasa (< 10mm)	< 50	5 - 60
	Combustor de polvo con flujo entrante	5 - 10	Biomasa (< 5 mm)	< 5	20
Encendido con otros combustibles	Lecho fluidizado estacionario	50 - 150	Biomasa (< 10mm)	< 50	5 - 60
	Lecho fluidizado circulante	100 - 300	Biomasa (< 10mm)	< 50	5 - 60
	Quemador simple	5 - 20	Fardos	< 5	20

### 3. EQUIPOS PARA LA COMBUSTIÓN DE BIOMASA SÓLIDA

#### 3.1 Calderas de alimentación manual

- < 1 MW
- comunitarias, comerciales e industriales
- madera en trozos
- niveles de eficiencia entre 60% y 80%
- niveles de emisiones relativamente altos



## **3. EQUIPOS PARA LA COMBUSTIÓN DE BIOMASA SÓLIDA**

### **3.1 Calderas de alimentación automática**

- > 1 MW
  - biocombustibles estandarizados
  - más eficientes que las manuales
  - niveles de emisiones menores
-

### 3. EQUIPOS PARA LA COMBUSTIÓN DE BIOMASA SÓLIDA

#### *Caldera de quemador sobrealimentado*

- La tecnología de horneado sobrealimentada más simple con el costo de capital más bajo.
- Acepta virutas de madera o pellets de madera.
- Acepta combustible con un contenido de humedad de hasta el 30%; requiere combustible con un tamaño de partícula pequeño.
- El aire primario y secundario no se puede controlar de forma independiente; puede provocar una combustión incompleta—bajos niveles de eficiencia
- Generalmente, hasta 1 MW.

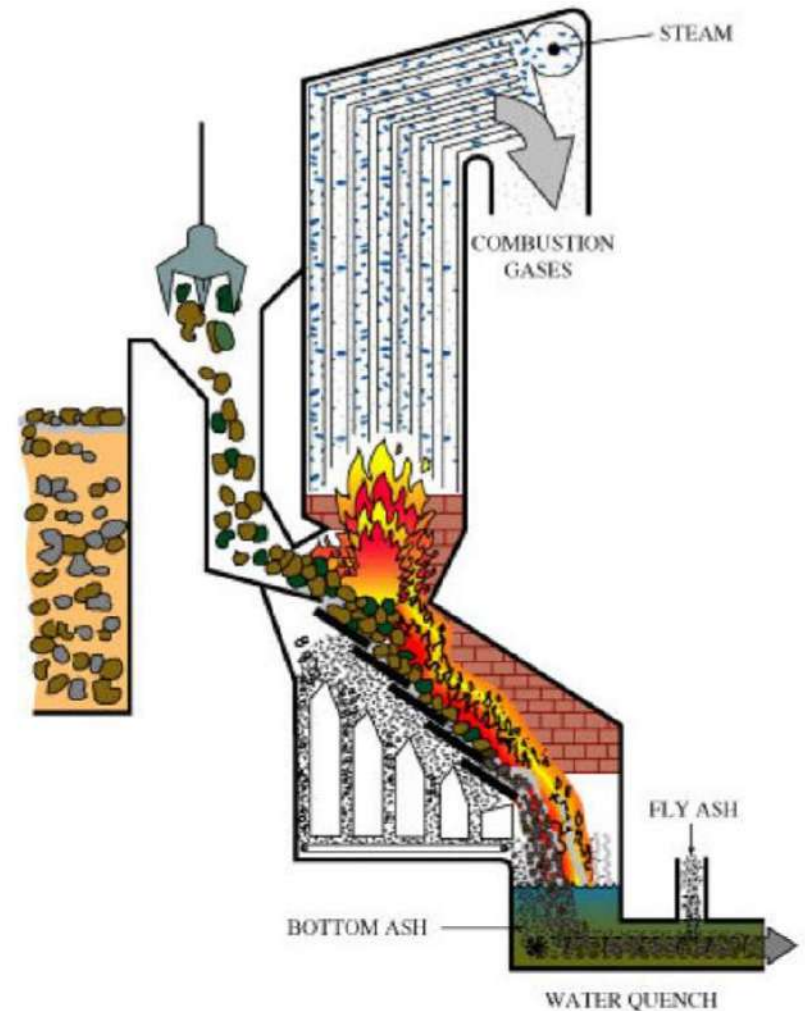




### 3. EQUIPOS PARA LA COMBUSTIÓN DE BIOMASA SÓLIDA

#### *Caldera de parrilla escalonada*

- Flexibilidad en el diseño de la caldera: puede tolerar varios tamaños y calidades de combustible.
- Acepta astillas de madera.
- Acepta combustible con un contenido de humedad de hasta el 55%.



### 3. EQUIPOS PARA LA COMBUSTIÓN DE BIOMASA SÓLIDA

#### *Caldera de cámara de combustión rotatoria*

- Tecnología que da como resultado una combustión completa y niveles de alta eficiencia.
- Combustión completa y temperaturas consistentes y óptimas que producen niveles de emisión bajos.
- Acepta combustible con un contenido de humedad de hasta el 40%

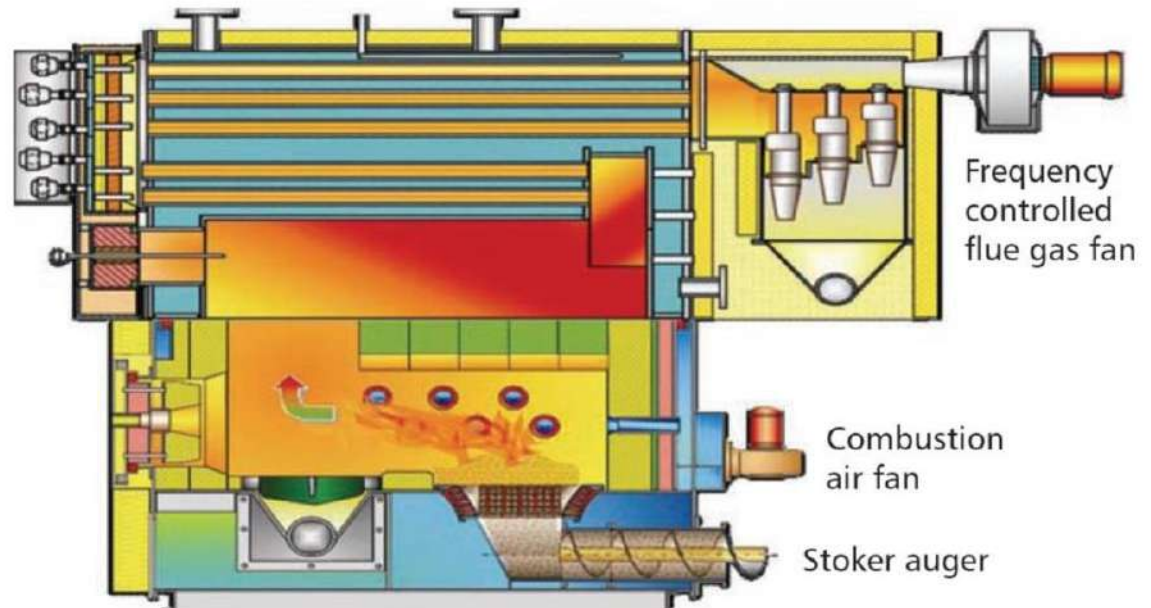




### 3. EQUIPOS PARA LA COMBUSTIÓN DE BIOMASA SÓLIDA

#### *Calderas de lecho móvil subalimentadas*

- el combustible se suministra a la cámara de combustión desde la parte inferior del aparato
- proporcionan una buena separación entre aire primario y secundario
- hasta 5 MW
- combustible con contenido de humedad de hasta 30%.



## 4. COGENERACIÓN

Producción simultánea de energía térmica y de energía eléctrica a partir de un solo combustible, aumentando la eficiencia energética total del sistema.

Tipo	1era etapa *	2da etapa	Temperatura	Industrias
Superior	Electricidad	Calor	250°C a 600°C	textil, de celulosa y papel, cervecera, alimenticia y azucarera
Inferior	Calor	Electricidad	900°C	cementera, siderúrgica, del vidrio y química

- Biomasa

**Topping Cycle:** El combustible es utilizado primero para la obtención de energía eléctrica (mecánica) y el calor remanente es recuperado para producción de energía térmica.

**Bottoming Cycle:** El combustible es utilizado primero para generar vapor, el que a su vez es utilizado en la producción de energía eléctrica en turbinas a vapor. En seguida, el vapor es retornado al proceso total o parcialmente.

---

## 4. COGENERACIÓN



## 5. DESARROLLO DE LA BIOMASA SÓLIDA EN OTROS PAÍSES

Europa:

- aumento del 5.2% de bosques (1990-2015): promoción bioenergía
  - 2016: la bioenergía representa el **18,4% de la electricidad renovable** y el **5,5% de toda la electricidad generada en la UE**
  - **2016: casi el 17% del suministro de energía térmica provenía de la biomasa**
  - **2018: la biomasa sólida es la principal clase de biomasa consumida, representando el 70%**
  - países más desarrollados: Alemania, Reino Unido, Italia, Finlandia y Suecia
  - plantas más grandes del mundo de bioenergía:
    - Ironbridge (Reino Unido): **740 MW, pellets de madera**
    - Alhomenskraft (Finlandia): **265 MW (100 MW de calor a la empresa papelera y 60 MW de calefacción urbana para los ciudadanos de Jakobstad. La planta emplea una caldera de lecho fluidizado circulante.**
-

## 6. PLANTAS EN OPERACIÓN EN ARGENTINA

#	Tecnología	Nombre del Proyecto	Potencia adjudicada (MW)	Provincia
4	Biomasa	CT Pindó Eco-Energía	2	Misiones
8	Biomasa	CT Tabacal	32	Salta
9	Biomasa	CT Ing. Sta. Bárbara	8	Tucumán
27	Biomasa	CT A. P. Pto. Piray	38	Misiones
28	Biomasa	CT La Providencia Arcor	11	Tucumán
29	Biomasa	CT Nidera	7	Buenos Aires
65	Biomasa	CT Prodeman Bioenergía	9	Córdoba
73	Biomasa	CT Ticino	3	Córdoba

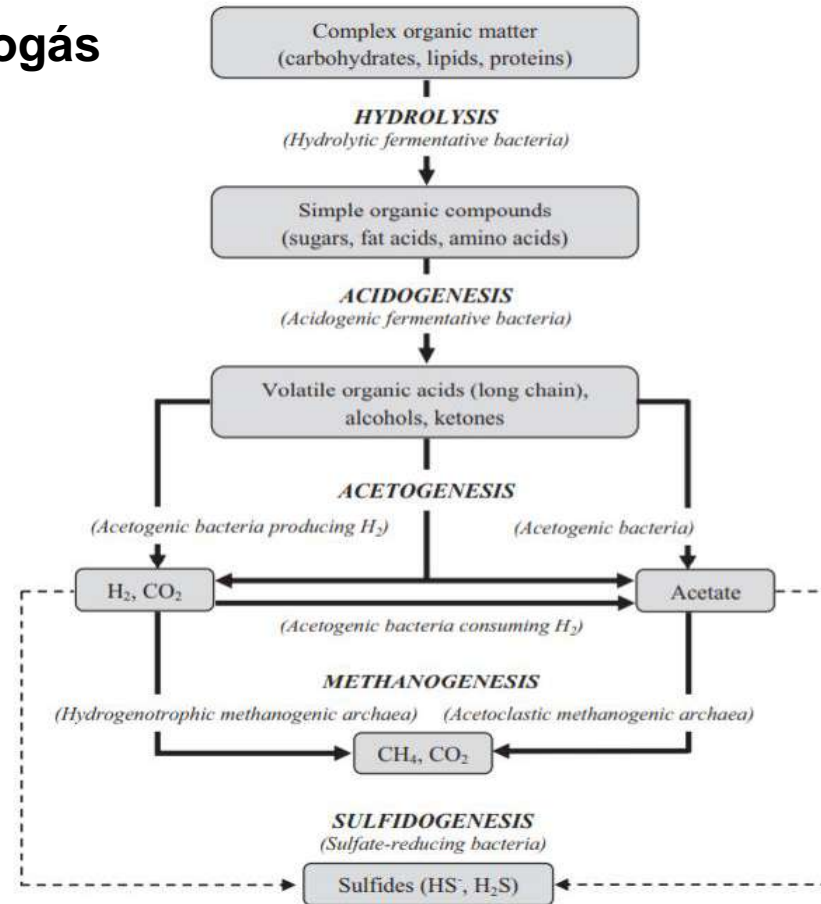
---

# V - PRODUCCIÓN DE ENERGÍA CON BIOGÁS

## 1. PRODUCCIÓN DE BIOGÁS COMO COMBUSTIBLE

### 1.1 Proceso biológico de generación de biogás

El biogás se produce cuando el material orgánico se descompone, por la acción de microorganismos, en un ambiente libre de oxígeno (fermentación anaeróbica)

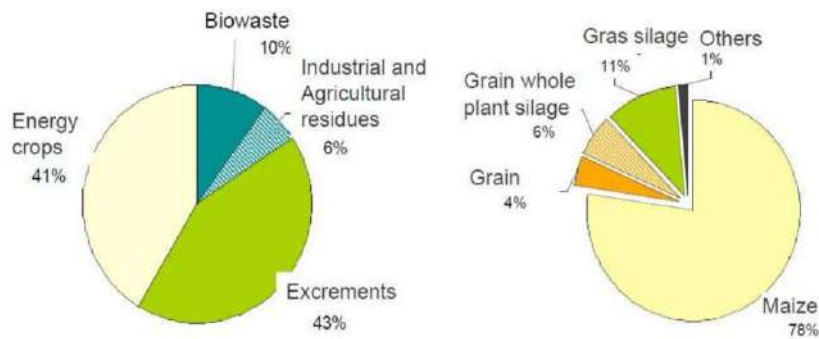


Esquema de la digestión anaeróbica de la materia orgánica

## 1.2 Sustratos para la producción de biogás

### Rendimiento de biogás de diferentes sustratos

Residuo	Rendimiento de gas (m <sup>3</sup> /t)
Purines de vacuno	25
Purines de cerdo	36
Suero de leche	55
Desechos cerveceros	75
Desechos de poda	110
Desechos alimentarios	220
Aceites usados	600



*Sustratos para la producción de biogás en Alemania*

Biogás = 50 a 70% de metano (CH<sub>4</sub>)

Potencial energético = 5.500 - 6.000 kcal/m<sup>3</sup>.

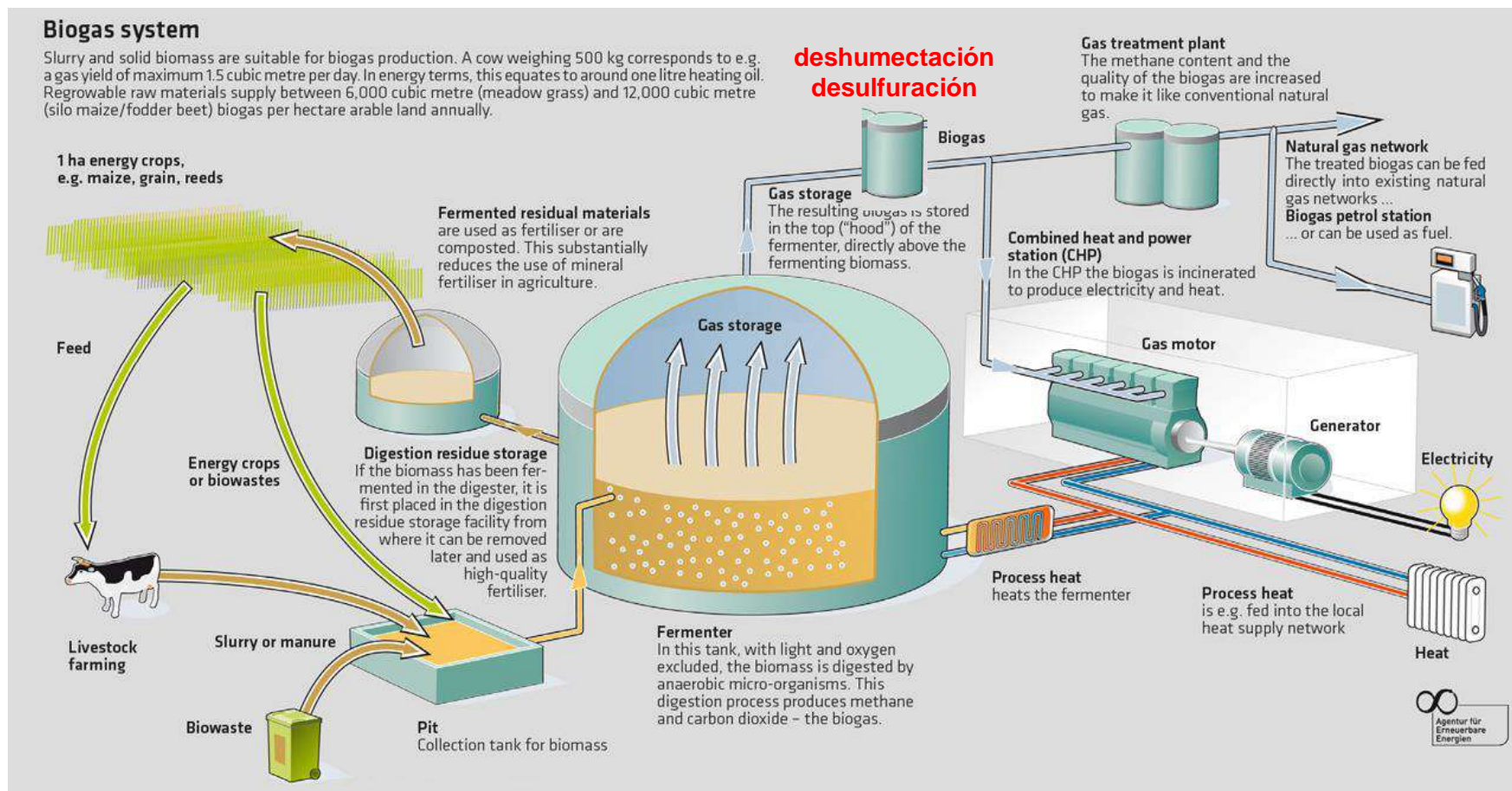
1m<sup>3</sup> de metano = 10 kWh

1m<sup>3</sup> de biogás = 6 kWh



## 2. CONVERSIÓN DE BIOMASA EN PLANTAS DE BIOGÁS

### 2.2 Sistemas en una planta de biogás





## 2.3 Almacenamiento de la biomasa



## 2.4 Proceso de fermentación

- Procesos discontinuos
- Procesos continuos



## 2.5 Limpieza del biogás

### Desulfuración

Durante la descomposición anaeróbica de grupos de sustancias orgánicas en plantas de biogás, se forma sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S).

Desulfuración biológica :  $2 \text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{S} + 2 \text{H}_2\text{O}$

- interna (en el fermentador ) .
- externa (después del fermentador)

Desulfuración químico-físicos :

- Precipitación añadiendo sal de hierro en el fermentador.
- Lavado alcalino.
- Adsorción a masas que contienen hierro.
- Adsorción a los filtros de carbón.



## 2.6 Eliminación de biogás sin generar energía útil

- **Venteo**
- Quemado abierto quemado en antorcha



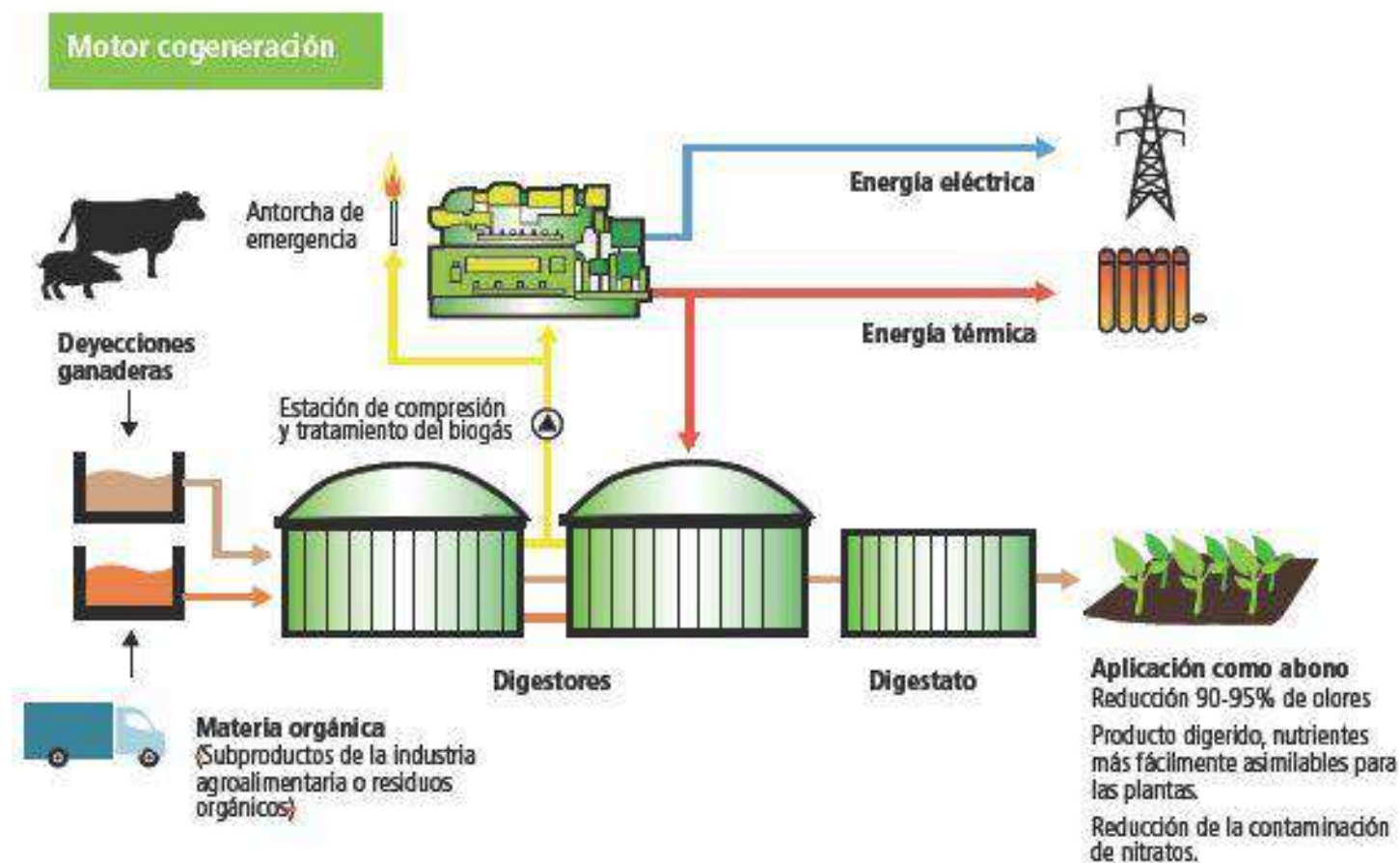
### 3. EQUIPOS PARA LA COMBUSTIÓN DE BIOGÁS

- **motores de combustión interna**
- **turbinas a gas**



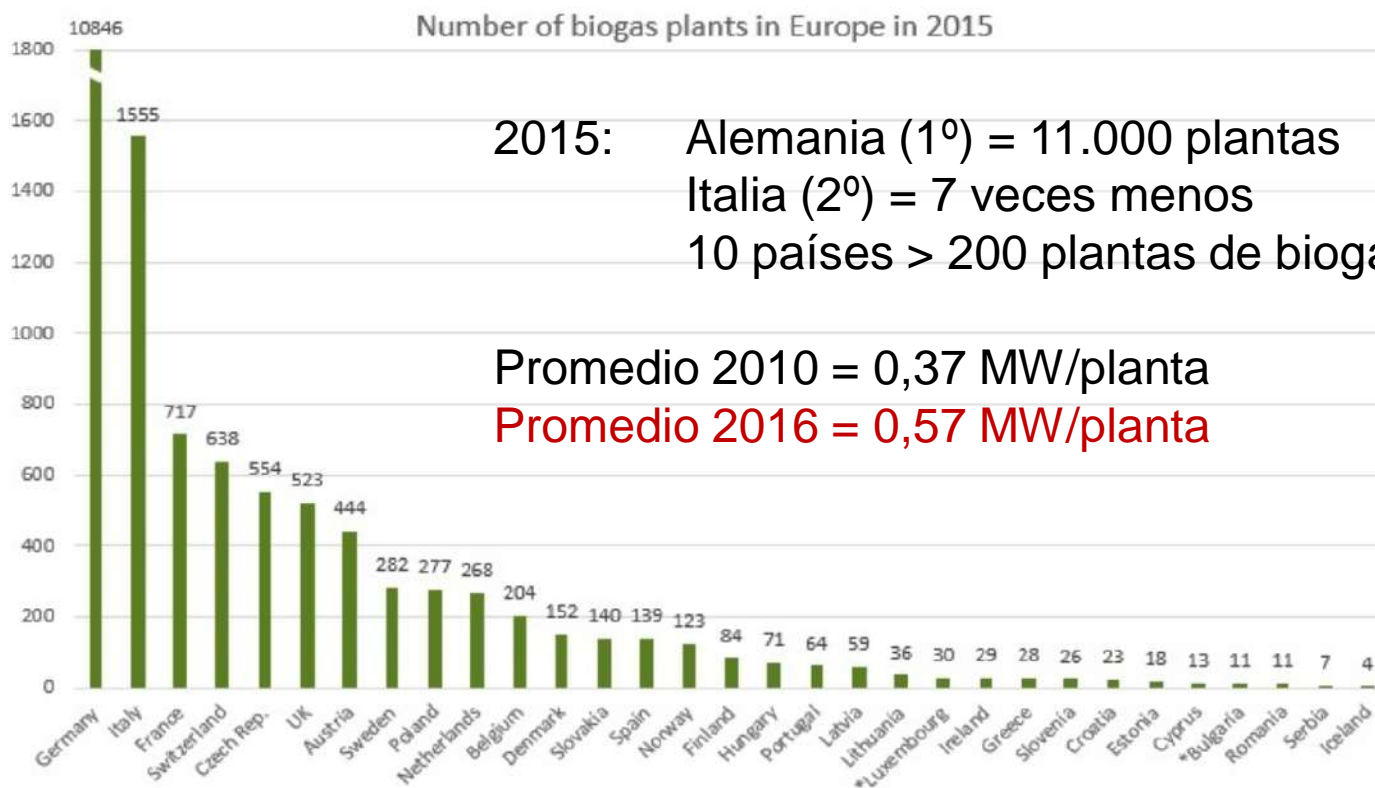


## 4. COGENERACIÓN CON BIOGÁS



## 5. DESARROLLO DEL BIOGÁS EN OTROS PAÍSES

- Europa: región de mayor desarrollo del biogás.
- Asia: mayor crecimiento actualmente.



## 6. PLANTAS EN OPERACIÓN EN ARGENTINA (RENOVAR)

#	Tecnología	Nombre del Proyecto	Potencia adjudicada (MW)	Provincia
1	Biogás	CT Río Cuarto I	2	Córdoba
2	Biogás	CT Yanquetruz	1,2	San Luis
3	Biogás	CT San Pedro Verde	1,42	Santa Fe
6	Biogás Relleno Sanitario	CT San Martín Norte	5	Buenos Aires
7	Biogás Relleno Sanitario	CT San Miguel Norte	10	Buenos Aires
72	Biogás	CT Río Cuarto II	1,2	Córdoba
84	Biogás	C.T. Ampliación Bio Dos	1,2	Córdoba
91	Biogás Relleno Sanitario	C.T. Ensenada	5	Buenos Aires

---



# **INTERVALO**

## UTF/ARG/020/ARG - Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (PROBIOMASA)



## Capacitación sobre aspectos ambientales de proyectos de bioenergía

### PARTE 2

Mg. Ing. Mariela Beljansky.

Rosario, 22 de Agosto 2019

## **PARTE 2**

# **IMPACTOS AMBIENTALES DE LA CONVERSIÓN DE BIOMASA**

---

# **ORGANIZACIÓN DE LA PRESENTACION**

## **PARTE 2 – IMPACTOS AMBIENTALES DE LA CONVERSIÓN DE BIOMASA**

VI - EMISIONES GASEOSAS, GEI Y OLORES

VII - AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

VIII - SUELOS

IX - RESIDUOS

X - ASPECTOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y CULTURALES

XI - RUIDO, VIBRACIONES, RADIACIONES NO IONIZANTES, IMPACTO VISUAL, BOSQUES NATIVOS

XII - RECOMENDACIONES PARA LA ELABORACIÓN DEL EIA

---

## VI - EMISIONES GASEOSAS, GEI Y OLORES

### 1. EMISIONES GASEOSAS EN LA COMBUSTIÓN DE BIOMASA SÓLIDA

#### 1.1 Combustión de biomasa sólida

Tipo	Emisiones
Material particulado grueso	MPT, Polvo Sedimentable, Hollín
Material particulado fino	PM <sub>10</sub> PM <sub>2,5</sub>
Gases de combustión	NO <sub>x</sub> (Óxidos de nitrógeno) CO (monóxido de carbono) SO <sub>x</sub> (óxidos de azufre) CO <sub>2</sub> (dióxido de carbono)

---

## VI - EMISIONES GASEOSAS, GEI Y OLORES

### 1. EMISIONES GASEOSAS EN LA COMBUSTIÓN DE BIOMASA SÓLIDA

#### 1.1 Combustión de biomasa sólida

Tipo	Emisiones
Material particulado muy fino	PM <sub>1</sub> , Compuestos orgánicos Aerosoles inorgánicos en forma de sales
Gases	CH <sub>4</sub> + COVNM + HAP (C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> )
	NH <sub>3</sub>
	HCl, Cl <sub>2</sub> , cloruros, dioxinas y furanos

CH <sub>4</sub>	Metano
COVNM	Compuestos orgánicos volátiles excluyendo el metano
HAP	Hidrocarburo aromático policíclico
NH <sub>3</sub>	Amoníaco
HCl	Cloruro de hidrógeno
Cl <sub>2</sub>	Cloro

---

# 1. EMISIONES GASEOSAS EN LA COMBUSTIÓN DE BIOMASA SÓLIDA

## 1.2 Composición del combustible para biomasa sólida

*Composición elemental típica para distintas biomásas sólidas (% masa, base seca).*

<b>Biomasa</b>	<b>C</b>	<b>H</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>S</b>	<b>Cl</b>
Madera (1)	49-52	5,7-6,1	41,8-43,2	0,09-0,4	0,01-0,1	0,01-0,1
Paja (2)	44,3-47,6	5,3-5,9	40,1-42,9	0,41-0,76	0,06-0,14	0,01-0,98
Hierba (2)	45,1-46,3	4,9-5,2	34,8-36,8	2,01-3,37	0,15-0,2	0,75-1,09
Caña maíz (3)	44,6-47,1	5,4-6,0	39,6-44,4	0,41-0,74	0,05	0,05-1,48

(1) *Madera blanda, pellets y madera sin tratar*

(2) *Distintas variedades*

(3) *Partes y planta entera*

---

# 1. EMISIONES GASEOSAS EN LA COMBUSTIÓN DE BIOMASA SÓLIDA

## 1.3 Rango de emisiones gaseosas en la combustión de biomasa sólida

Parámetro	Mínimo	Máximo	Unidad
CO <sub>2</sub>	0,6	20	%
CO	23	1400	ppm
MPT	20,7	950	mg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	0,21	0,4	g/kg <sub>biomasa</sub>
PM <sub>2,5</sub>	0,88	9,3	g/kg <sub>biomasa</sub>
PM <sub>1</sub>	0,21	0,38	g/kg <sub>biomasa</sub>
NO <sub>x</sub>	0,63	1,1	g/kg <sub>biomasa</sub>
NO	22	359	ppm
NO <sub>2</sub>	0,6	0,82	g/kg <sub>biomasa</sub>
SO <sub>2</sub>	0,05	3,55	g/kg <sub>biomasa</sub>

Rango de variación de las emisiones en la combustión de biomasa (madera).

Parámetro	Madera	Gas natural	Gasoil	Carbón
SO <sub>2</sub> (g/GJ)	30	0,5	140	90
PM <sub>10</sub> (g/GJ)	108	-	3	170
NO <sub>2</sub> (g/GJ)	150	70	100	200

Emisiones en pequeñas calderas (< 1 MW)

Parámetro	Mínimo	Máximo	Unidad
HCl	0,005	0,02	g/kg <sub>biomasa</sub>
HAP	0,0013	1,63	mg/m <sup>3</sup>
CH <sub>4</sub>	2,7	470	mg/m <sup>3</sup>
COVNM	< 0.03	80	mg/m <sup>3</sup>

Rango de variación de las emisiones en la combustión de biomasa (madera).

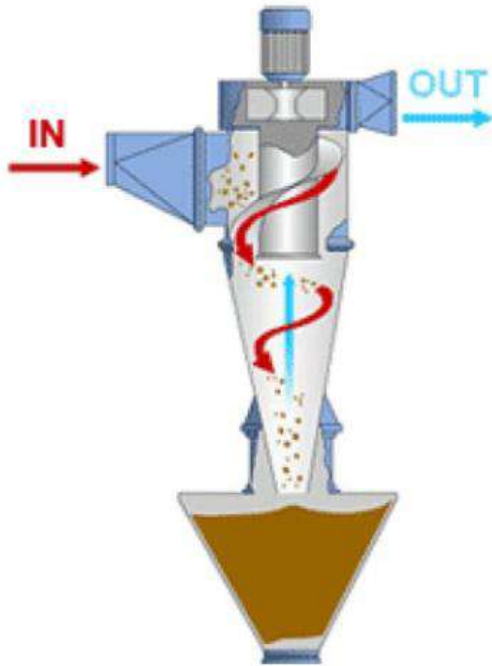
PCDD/PCDF = 0,01-0,2 ng/m<sup>3</sup> @11% O<sub>2</sub>

policlorodibenzofuranos (**PCDF**) y furanos  
policlorodibenzodioxinas (**PCDD**) dioxinas



## 2. CONTROL DE EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO

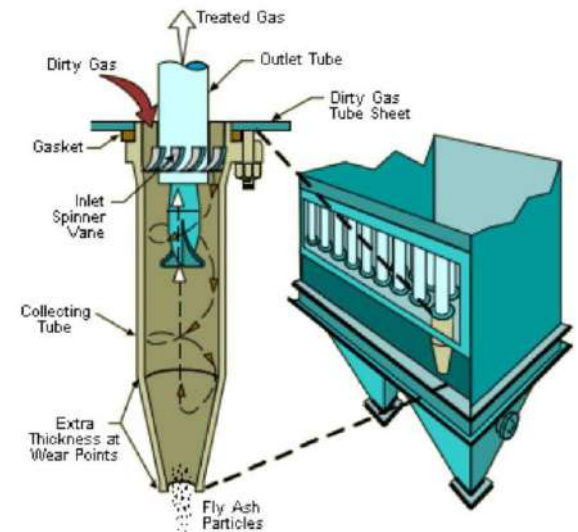
### 2.1 Ciclón



Eficiencia 30% a 90 % @ 5 a 20  $\mu\text{m}$

### 2.2 Multiciclón

$Q > 10\text{Nm}^3/\text{seg}$



## 2. CONTROL DE EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO

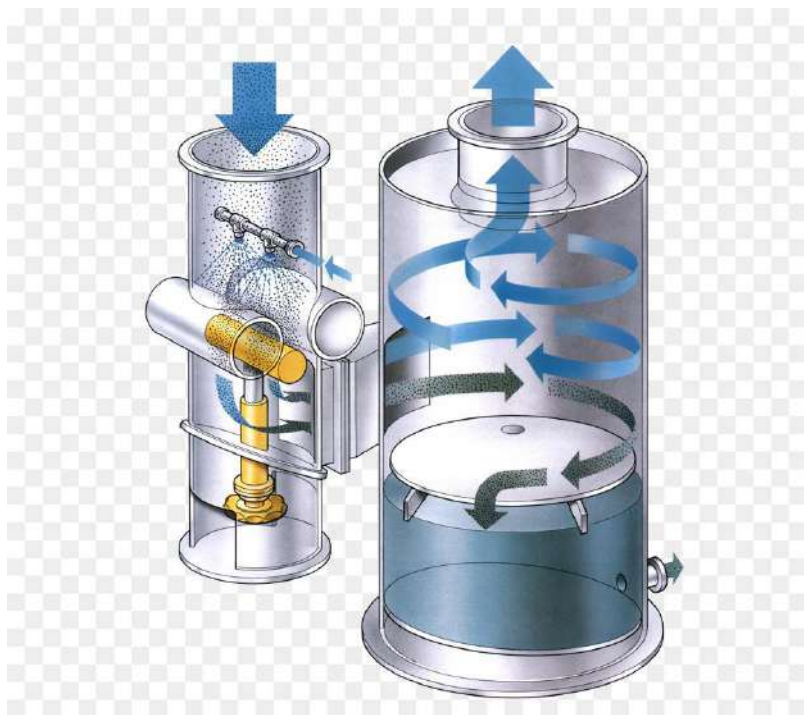
### *Ventajas y desventajas de los ciclones*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bajo costo de construcción</li><li>• Equipo relativamente sencillo con pocos problemas de mantenimiento</li><li>• Caídas de presión relativamente bajas (2 – 6 in de agua)</li><li>• Limitaciones de temperatura y presión impuestas exclusivamente por los materiales de construcción utilizados</li><li>• Recolección y colocación final en seco</li><li>• Requerimiento de espacio pequeño</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eficiencia de recolección baja, para partículas pequeñas</li><li>• Incapacidad para manejar materiales Pegajosos</li></ul>

---

## 2. CONTROL DE EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO

### 2.3 Lavador húmedo



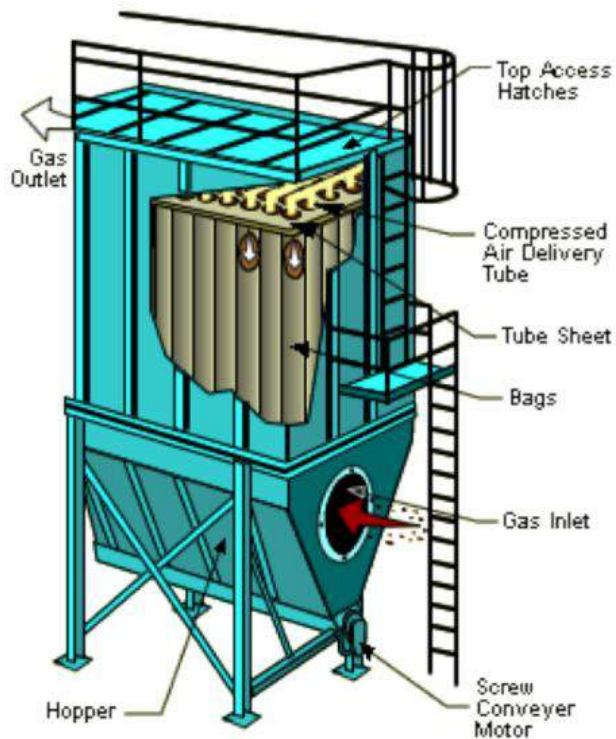
Eficiencia 90% a 99 %

$P > 2 \text{ MW}$

---

## 2. CONTROL DE EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO

### 2.4 Filtro de mangas



Eficiencia hasta 99.9 % @ 1  $\mu\text{m}$

---

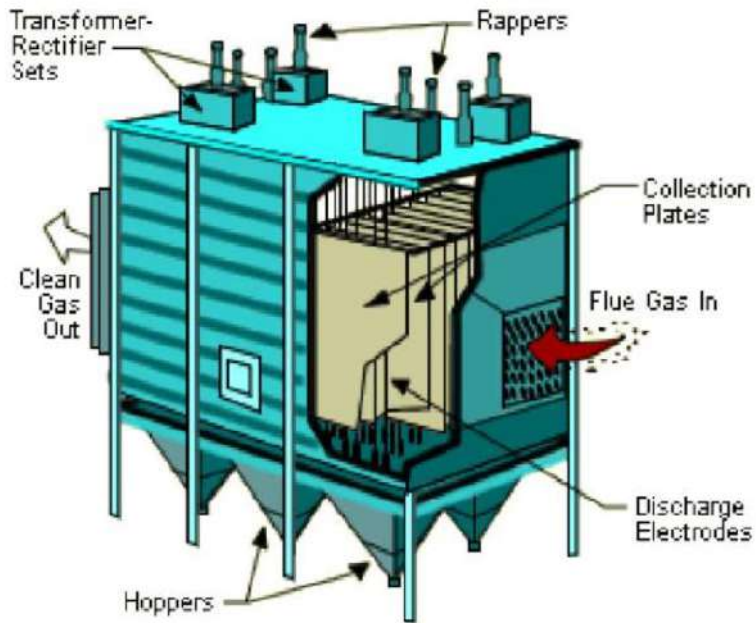
## 2. CONTROL DE EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO

### 2.4 Filtro de mangas

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"><li>• Eficiencia de recolección muy alta de partículas gruesas y finas.</li><li>• La eficiencia y caída de presión casi no se ven afectadas por cambios grandes en la carga de entrada de polvo, para filtros que se limpian continuamente.</li><li>• En muchos casos, el aire de salida del filtro se puede re-circular a la planta.</li><li>• El material recolectado se recupera seco, para su posterior procesamiento.</li><li>• Por lo general, la corrosión y oxidación de las partes no es problema.</li><li>• Mantenimiento y reparaciones son sencillas.</li><li>• Se dispone de filtros en muchas configuraciones, por lo que hay gran variedad de dimensiones para adecuarse a los requerimientos de la instalación.</li><li>• Operación relativamente sencilla.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Las temperaturas que exceden los 288 °C requieren material refractario especial o telas metálicas costosas.</li><li>• Ciertos tipos de polvos requieren posiblemente telas tratadas.</li><li>• Las concentraciones de algunos polvos en el colector constituyen un riesgo de incendio o explosión si penetran chispas o llamas por accidente; existe la posibilidad de quemar las telas si se recolectan polvos fácilmente oxidables.</li><li>• Requerimientos de mantenimiento relativamente altos (reemplazo de las mangas, etc.)</li><li>• A temperaturas elevadas se puede acortar la vida de la tela, así como en presencia de partículas ácidas o alcalinas y componentes gaseosos.</li><li>• La condensación de humedad y componentes alquitranados adhesivos pueden causar taponamiento o agrietamiento de la tela, o requerir aditivos especiales.</li><li>• El reemplazo de las telas requiere de protección respiratoria para el trabajador.</li><li>• La caída de presión es del orden de 4 – 10 in de agua.</li></ul>

## 2. CONTROL DE EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO

### 2.5 Precipitador electrostático (ESP)



Eficiencia hasta 98 % @ 1  $\mu\text{m}$

## 2. CONTROL DE EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO

### 2.5 Precipitador electrostático (ESP)

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"><li>• Eficiencia de recolección muy alta para partículas gruesas y finas, lograda con un gasto relativamente bajo de energía.</li><li>• Recolección en seco.</li><li>• Baja caída de presión (&lt;0,5 in de agua).</li><li>• Diseñados para operación continua con requerimientos mínimos de mantenimiento.</li><li>• Capacidad para operar a altas presiones o al vacío.</li><li>• Capacidad para operar a altas temperaturas.</li><li>• Capacidad para manejar en forma eficiente velocidades de flujo de gas relativamente altas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alto costo de capital.</li><li>• Muy sensible a cambios en las condiciones de la corriente gaseosa, especialmente el flujo, la temperatura, la composición del gas y las partículas (con su respectiva carga).</li><li>• Ciertas partículas son difíciles de recolectar debido a características de resistividad relativamente altas o bajas.</li><li>• Se requieren espacios grandes para su instalación.</li><li>• Riesgo de explosión al recolectar partículas o tratar gases combustibles.</li><li>• Se requieren medidas especiales de seguridad para proteger al personal de una descarga.</li><li>• Durante la ionización del gas, se produce ozono, por la descarga del electrodo cargado negativamente.</li><li>• Se requiere personal de mantenimiento altamente capacitado.</li></ul>

---

## 2. CONTROL DE EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO

### 2.5 Eficiencia de remoción

*Rendimiento para remoción de MP en el caso de biomasa*

<b>Tecnología</b>	<b>Variantes</b>	<b>Eficiencia de remoción (partículas 1 mm)</b>	<b>Concentración en chimenea (mg/m<sup>3</sup>)</b>
Ciclón	<ul style="list-style-type: none"><li>• Multi-ciclón</li><li>• Secos y húmedos</li></ul>	30-50%	230-120
Filtro mangas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Casa de bolsas</li></ul>	99%	7-4
Precipitador electrostático (ESP)	<ul style="list-style-type: none"><li>• ESP seco (combustión de madera)</li><li>• ESP Húmedo (emisiones de COV)</li></ul>	98%	7-4
Lavador húmedo		96%	15

---



## 2. CONTROL DE EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO

### 2.5 Eficiencia de remoción

*Rendimiento para remoción de MP en el caso de biomasa*

<b>Tecnología</b>	<b>Eficiencia de remoción PM<sub>10</sub></b>	<b>Eficiencia de remoción PM<sub>2.5</sub></b>
Ciclón	50%	5%
Ciclón de múltiples celdas	75%	10%
Precipitador electrostático (ESP)	95%	90%
Filtro mangas (con ciclón)	99%	99%
Lavador húmedo	99%	99%

---

## **4. OTRAS EMISIONES GASEOSAS EN LA CONVERSIÓN DE BIOMASA SÓLIDA**

- Maquinaria en campo: trituradoras, chipeadoras, cosechadoras, tractores, camiones para transporte.
  - Maquinaria en planta: tractores, palas cargadoras
  - Maquinaria en planta: secadoras.
  - Biomasa sólida en planta: olores
-

## 5. EMISIONES GASEOSAS EN LA CONVERSIÓN DE BIOGÁS

### 5.1 Combustión de biogás



Parámetro	Biogás *	Gas Natural	Gas Propano	Gas Metano	Hidrógeno
Poder calorífico (kWh/m <sup>3</sup> )	7	10	26	10	3
Densidad (t/m <sup>3</sup> )	1,08	0,7	2,01	0,72	0,09
Densidad relativa al aire	0,81	0,54	1,51	0,55	0,07
Límite explosividad (%)	6 - 12	5 - 15	2 - 10	5 - 15	4 - 80
Temperatura encendido (°C)	687	650	470	650	585
Máxima velocidad de encendido en aire (m/s)	0,31	0,39	0,42	0,47	0,43
Requerimiento teórico de aire (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> )	6,6	9,5	23,9	9,5	2,4

\* Composición 65% metano 35% dióxido de carbono.

---

## 5. EMISIONES GASEOSAS EN LA CONVERSIÓN DE BIOGÁS

### 5.2 Composición del combustible para biogás

Parámetro	Contenido (%)
CH <sub>4</sub>	50 – 75
CO <sub>2</sub>	25 – 45
H <sub>2</sub> O	2 – 7
O <sub>2</sub>	<2
N <sub>2</sub>	<2
NH <sub>3</sub>	< 1
H <sub>2</sub> S	20-20.000 ppm

H<sub>2</sub>S: Ácido sulfídrico. Gas extremadamente venenoso

## 5. EMISIONES GASEOSAS EN LA CONVERSIÓN DE BIOGÁS

### 5.3 Rango de emisiones gaseosas para biogás

Parámetro	Mínimo	Máximo	Unidad
CO <sub>2</sub>	83,6		kg/GJ *
CO	80	265	mg/MJ **
	256	310	mg/MJ ***
NO <sub>x</sub>	202	540	mg/MJ
SO <sub>2</sub>	19.2	25	mg/MJ

\*Biogás conteniendo 65% CH<sub>4</sub> y 35% CO<sub>2</sub>. \*\*Planta de generación eléctrica. \*\*\*Cogeneración.

Parámetro	Mínimo	Máximo	Unidad
COV	5	1.700	mg/Nm <sup>3</sup>
CH <sub>2</sub> O	8,7	14	mg/MJ
COVNM	10	21,2	mg/MJ

Formaldehido = 0,2 a 3,0 mg/s.

---

## **6. OTRAS EMISIONES GASEOSAS EN LA CONVERSIÓN DE BIOGÁS**

- Componente agrícola: trituradoras, cosechadoras, tractores, camiones caja para transporte.
  - Componente ganadera: palas cargadoras, tractores, camiones (cisterna y/o de sólidos) para transporte.
  - Maquinaria en planta: tractores, palas cargadoras.
  - Manejo de biomasa en planta: olores.
  - Aplicación de digestatos como fertilizantes: camiones cisterna y COV desde el digestato.
  - Antorcha
-

## 7. LÍMITES DE EMISIÓN EN ARGENTINA

- Ley 24051 (de residuos peligrosos). Dec. 831/93, Anexo II tabla 11 :

Parámetro	Desde Superficie (mg/s)	Altura Chimenea 30m (mg/s)
NO <sub>x</sub>	440	120.000
NH <sub>3</sub>	520	185.000
HCl	18	6.100
HAP	1.700	610.000

- Provincias:

**En general, sin normativa específica sobre emisiones**

- SE / ENRE:

**Sin marco normativo específico para los proyectos con biomasa**

Res. ENRE 13/2012, agentes MEM deben solicitarlos a la Secretaría de Energía

## 7. LÍMITES DE EMISIÓN EN ARGENTINA

- SE / ENRE:

**Criterio actual:** paralelo con las centrales existentes, a partir de la tecnología de las unidades de generación:

Resolución ENRE 121/2018 (Moto Generadores de GEED)

<b>Límites de emisión para MGs</b>	<b>NOx</b>	<b>CO</b>	<b>MPT *</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>HCT</b>
Límite de emisión (g/kWh)	6	3,5	0,15	NE	0,25

\* Exceptuado para combustible gaseoso

Resolución ENRE 13/2012 (TVs, **TGs** y CCs de GEED < 75 MW)

<b>Límites de emisión para TGs &lt; 25 MW</b>	<b>NO<sub>x</sub> (g/kWh) *</b>		<b>MPT (mg/Nm<sup>3</sup>) **</b>	
Combustible	<b>GN</b>	<b>GO</b>	<b>GN</b>	<b>GO</b>
Límite de emisión	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>20</b>

\* Res. SE Nº 1049/2012. \*\* Res. SE 108/2001. GN=Gas Natural, GO=GasOil

---



## 8. LÍMITES DE EMISIÓN EN OTROS PAÍSES

- **US EPA (Calderas > 2.9 MW):**

- CO entre 460 y 620 ppm @ 3% O<sub>2</sub>, para mediciones puntuales
- CO entre 310 y 390 ppm @ 3% O<sub>2</sub>, para promedio de 30 días
- MPT entre 13,6 y 49,9 g/MWh
- HCl 34,0 g/MWh

- **Canadá (MP):**

Jurisdicción	Potencia (P, MW)	Calderas existentes (mg/m <sup>3</sup> @ 11% O <sub>2</sub> )	Calderas nuevas (mg/m <sup>3</sup> @ 11% O <sub>2</sub> )
Quebec	P < 3 *	600	150
	3 < P < 10 *	340	150
	P > 10 *	100	70
	P > 3 **	100	70
Vancouver (BC)	P < 3	50	-
	P > 3	35	-

\* Biomasa forestal (madera). \*\*Biomasa lignocelulósica: residuos de papel y de agricultura

---

## 8. LÍMITES DE EMISIÓN EN OTROS PAÍSES

- Europa (Comisión europea 2015 para comb. sólidos):

Tipo de planta	Potencia (P, MW)	MP (mg/Nm <sup>3</sup> @ 6% O <sub>2</sub> )	NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> @ 6% O <sub>2</sub> )	SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> @ 6% O <sub>2</sub> )
Existente	1 < P < 5	50	650	200 * 300 **
	5 < P < 20	50		
	20 < P < 50	30		
Nueva	1 < P < 5	50	500	200 *
	5 < P < 20	30	300	
	20 < P < 50	20		

\* No exigible para combustión exclusiva de biomasa sólida de madera. \*\* Para biomasa de paja.

---

## Capacitación sobre aspectos ambientales de proyectos de bioenergía

### Europa:

País	P (MWh)		Límites de emisión (mg/m <sup>3</sup> @ 6% O <sub>2</sub> )					Observaciones
	Mínimo	Máximo	MP	NO <sub>x</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	C <sub>x</sub> H <sub>y</sub>	
Dinamarca	0,12	1	136	273	682	-	-	Residuos de la producción maderera
	1	5	55	273	682	-	-	
	5	10	55	273	852	-	-	
Suiza	0	0,07	-	469	7500	-	-	Si las emisiones de NO <sub>x</sub> superan 2500 g/h
	0,07	0,5	94	469	938	-	-	
	0,5	1	38	469	938	-	-	
	1	10	30	375	375	-	-	
Holanda	0	1	40	300	250	200	-	
	1	5	20	275	250	200	-	
Alemania	0,004	0,5	38	-	750	-	-	Desde 2015
	0,5	1	38	-	750	-	-	
	1	2,5	150	375	225	-	15	
	2,5	5	75	375	225	-	15	
	5	10	30	375	225	-	15	
Austria	0	0,4	79	263	1316	-	79	Desde 2015, P<0,4 MW
	0,05	0,35	225	375	1200	-	75	Plantas de combustión
	0,35	1	225	375	375	-	30	
	1	2	75	375	375	-	30	
	2	5	30	375	375	-	30	
Unión Europea	0	0,02	55	273	682	-	27	Calderas a biomasa, desde 2020
	0,02	0,5	55	273	682	-	27	
	1	5	20	300	-	200	-	Propuesta, a partir 2030
	5	10	25	300	-	200	-	Propuesta, a partir 2025

## 8. LÍMITES DE EMISIÓN EN OTROS PAÍSES

### Corporación Financiera Internacional - CFI:

*Guías sobre emisiones gaseosas. Cuenca de aire no degradada.*

Tecnología	Combustible	Potencia (MW)	MPT (mg/Nm <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	@ O <sub>2</sub>
Motores	Biogás	NE	50	NE	520	15%
Turbinas	Biogás	P > 50	50	*	152	15%
Calderas	Biogás	NE	50	400	240	3%
	Biomasa	50 < P < 600	50	900-1500	510-1100	6%
		P > 600		200-850		

\* Contenido de azufre en biogás no superior a 1%

*Guías sobre emisiones gaseosas. Cuenca de aire degradada.*

Tecnología	Combustible	Potencia (MW)	MPT (mg/Nm <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> )	@ O <sub>2</sub>
Motores	Biogás	NE	30	NE	400	15%
Turbinas	Biogás	P > 50	30	*	152	15%
Calderas	Biogás	NE	30	400	240	3%
	Biomasa	50 < P < 600	30	400	200	6%
		P > 600		200		

\* Contenido de azufre en biogás no superior a 0,5%.

---

## **9. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO**

- Significado central de los proyectos de bioenergía en su impacto sobre la reducción de los GEI.
  - Plan de Acción Nacional de Bosques y Cambio Climático
  - Plan de Acción Nacional de Energía y Cambio Climático
-

## **VII - AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS**

### **1. REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA CONVERSIÓN DE BIOMASA SÓLIDA**

#### **1.1 Sistemas de tratamiento del agua de caldera**

- Osmosis inversa: presión sobre membrana semipermeable
- Intercambio iónico: resinas capaces de capturar los minerales disueltos
- Destilación: condensado sin minerales disueltos

#### **1.2 Sistemas de enfriamiento**

- Enfriamiento con agua en ciclo cerrado: recirculación del agua de enfriamiento del condensador
  - Enfriamiento con agua en ciclo abierto : extracción de agua a baja temperatura desde una fuente natural
-

## **2. REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA CONVERSIÓN DE BIOGÁS**

### **2.1 Sistemas de enfriamiento**

- Las unidades de generación con biogás en general no utilizan condensador
  - Radiador + ventilador integrados a la unidad Motogeneradora
-

### **3. EFLUENTES LÍQUIDOS EN CONVERSIÓN DE BIOMASA SÓLIDA**

#### **Corrientes**

- agua de purga de la caldera,
- escape de la torre de refrigeración,
- aguas residuales del tratamiento de la ceniza,
- lixiviados y escurrimientos desde pilas de acopio de biomasa,
- aguas residuales del sistema de tratamiento de agua de caldera,
- lixiviados de acopios de cenizas y escorias,

#### **Contaminantes**

- rechazo desmineralizadores,
  - aceites lubricantes y auxiliares,
  - contaminantes depositados en los combustibles (a través de las aguas residuales del tratamiento de cenizas cuando es húmedo),
-



## 4. EFLUENTES LÍQUIDOS EN CONVERSIÓN DE BIOGÁS

### Limpieza del biogás previa a la combustión

- residuos en fase acuosa si se utilizan métodos externos al digestor, por ejemplo, en las torres de desulfuración (baja incidencia),
- agua proveniente de la deshumidificación del biogás (se puede re-inyectar al proceso)

### Otros

- lixiviados y escurrimientos desde pilas de acopio de biomasa,
  - aguas sanitarias y las aguas de alcantarillado
  - lixiviados del silaje de la materia verde utilizada como sustrato, debidos a su: bajo pH, corrosivo, oloroso y tiene un potencial de eutrofización elevado.
-

## **5. INTERACCIÓN CON AGUAS SUPERFICIALES**

### **5.1 Tomas de agua**

- Sistemas de refrigeración abiertos sin recirculación: exigen grandes cantidades de agua:
    - Competencia en uso para irrigación ?
    - Impacto de las tomas sobre organismos acuáticos capturados en las estructuras
  - Agua para el funcionamiento de la caldera, el eventual lavado húmedo de gases y el manejo de las cenizas
-

## 5. INTERACCIÓN CON AGUAS SUPERFICIALES

### 5.2 Vertido de agua de refrigeración

- En las aguas superficiales receptoras:
  - A temperatura elevada (sobre-temperatura), (normativa vigente)
  - Con biocidas / aditivos químicos ?
  - Evaluar capacidad de dilución del cuerpo receptor

### 5.3 Vertido de efluentes líquidos

- Definir calidad esperada de los efluentes (normativa vigente)
  - Evaluar capacidad de dilución del cuerpo receptor
-

## 5. INTERACCIÓN CON AGUAS SUPERFICIALES

### 5.4 Minimización de lagunas estercoleras

- Proyectos donde una fuente de biomasa proviene de residuos agropecuarios, **con captación permanente en origen:**
    - reduce el aporte continuo del efluente de las lagunas hacia las aguas superficiales, mejorando su calidad y minimizando los efectos de eutrofización
    - evita el desborde de esas lagunas ante lluvias extraordinarias o crecidas de ríos en la zona
    - reduce percolación al acuífero
-

## **6. INTERACCIÓN CON AGUAS SUBTERRÁNEAS**

### **6.1 Captación de agua subterránea**

- Posible uso del acuífero para agua de procesos

### **6.2 Infiltración al acuífero freático**

- Biomasa sólida:
    - lixiviados y escurrimientos desde pilas de acopio de biomasa/silaje,
    - lixiviados de acopios de cenizas y escorias
  - Biogás:
    - lixiviados desde lagunas de acopio de digestato
    - reducción de lixiviados desde lagunas estercoleras minimizadas/eliminadas
-

## **VIII - SUELOS**

### **1. RELACIÓN DE LOS PROYECTOS DE BIOMASA SÓLIDA CON LOS SUELOS**

- Silvicultura (fuera del alcance de la guía)
  - Mejora en la humedad media del suelo y en el crecimiento de biomasa forestal al gestionar adecuadamente los residuos de poda y retirarlos
  - Reducción del volumen requerido en los rellenos al reducir la biomasa verde a cenizas
-

## 2. RELACIÓN DE LOS PROYECTOS DE BIOGÁS CON LOS SUELOS

### 2.1 Recuperación de suelos por captación de residuos agropecuarios en origen

- Ventaja ambiental, al usar sustrato en la fermentación para obtener biogás
  - Eventual mejora por lagunas no impermeabilizadas o con filtraciones de contaminantes a los suelos y las napas (principalmente aumento de carga nitrogenada).
  - Liberación los terrenos ocupados por las propias lagunas eliminadas y por la presencia de residuos.
  - **Lagunas de acopio de digestatos**: acondicionado previo a su aplicación como fertilizante, por lo cual se cambia el uso del suelo en el sitio
-

## 2. RELACIÓN DE LOS PROYECTOS DE BIOGÁS CON LOS SUELOS

### 2.2 Impacto del uso final del digestato

- Reduce la producción, el transporte y el uso de químicos sintéticos.
- Aplicación sin control sobre los suelos podría liberar metano, óxido nitroso, COV y amoníaco (**temas abiertos**),
- Seguir la evolución de los sistemas microbianos en el suelo

### 2.3 Gestión ambiental de la aplicación de digestato como fertilizantes

- Analizar, preparar y presentar un **Plan de Aplicación (PA)**, conteniendo la metodología propuesta para el correcto funcionamiento del sistema suelo como cuerpo receptor de los nutrientes contenidos en el residuo estabilizado, sin generar efectos negativos en el ambiente.
-



## **2. RELACIÓN DE LOS PROYECTOS DE BIOGÁS CON LOS SUELOS**

### **2.3 Gestión ambiental de la aplicación de digestato como fertilizantes**

Contenidos mínimos del PA :

- caracterización del residuo estabilizado
  - destinos de aplicación posibles y acordes a la normativa vigente en el caso de suelos para producción de alimentos para humanos
  - transporte de residuos pecuarios en camiones cerrados y tapados
  - caracterización del suelo receptor, incluyendo su fragilidad ambiental, posición en el relieve, características fisicoquímicas, etc.
  - protocolo de aplicación del residuo estabilizado
  - restricciones de aplicación del residuo estabilizado: según localización respecto de cuerpos de agua y poblaciones, cobertura del terreno, pendientes, potencial de salinización, etc.
-

## IX - RESIDUOS

### 1. RESIDUOS DE LA CADENA FORESTO-INDUSTRIAL

Origen	Signo	Destino como <b>residuos</b>
Forestal	-	Acumulación in situ: riesgo de incendio, cambio balance hídrico, reduce salud del bosque
	-	Quema abierta: emisiones sin control, menor calidad de aire
	+/-	Degradación in situ: reinyección de nutrientes/emisiones de CH <sub>4</sub>
	-	Relleno: acumulación, emisiones de CH <sub>4</sub> y lixiviados
Aserradero	-	Relleno: acumulación, emisiones de CH <sub>4</sub> y lixiviados
	+	Materia prima para otros usos
	-	Quema abierta: emisiones sin control, menor calidad de aire

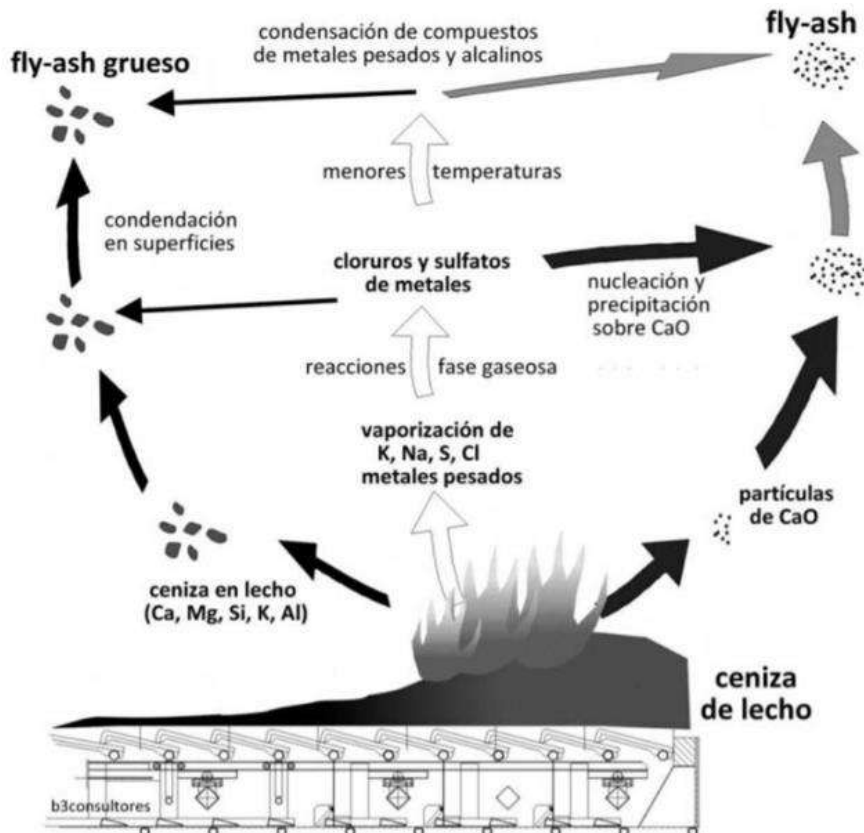
Origen	Signo	Destino como <b>combustible</b>
Forestal y Aserradero	-	Emisiones en la preparación y transporte
	+	Inversión y empleo
	+	Emisiones controladas, mejor calidad de aire
	+	Reducción de emisiones de GEI
	-	Cenizas: acumulación en relleno

---

## 2. CENIZAS

### 2.1 Aspectos generales

### 2.2 Mecanismos de formación de cenizas



### 2.3 Tipos de residuos debidos a las cenizas

#### Cenizas gruesas:

- Provenientes del proceso de combustión en la caldera,
- Valorizadas: si la composición química permite su uso como fertilizante o mejorador de suelos,
- Eliminadas: si se clasifican como residuo industrial o peligroso.

#### Cenizas finas o volantes

- Generadas en la operación del sistema de control de material particulado.
- Sistemas secos: pueden incorporarse a las cenizas gruesas para generar una única corriente de residuos.
- Lavadoras húmedas: forman un lodo que requiere acondicionamiento previo para ser dispuesto.

## 2. CENIZAS

### 2.4 Caracterización de cenizas

Cenizas gruesas:

Biomasa	Cenizas		
	Mínima	Máximo	Unidad
Chips de madera	8.000	14.000	mg/kg <sub>biomasa</sub>
Paja	40.000	120.000	mg/kg <sub>biomasa</sub>
Cereal	40.000	120.000	mg/kg <sub>biomasa</sub>

Matriz	Parámetro	Muestra A	Muestra B	Unidad
Pellets	Humedad	4,9	6,8	% p/p
	Sólidos volátiles a 950°C	99,5	99,6	% p/p
	Cenizas a 950°C	0,5	0,4	% p/p
Lixiviado de Cenizas	Arsénico	< 0,10	< 0,10	mg/l
	Níquel	< 0,10	< 0,10	mg/l
	Cobre	< 0,10	< 0,10	mg/l
	Cadmio	< 0,05	< 0,05	mg/l
	Cromo total	< 0,10	< 0,10	mg/l
	Plomo	< 0,50	< 0,50	mg/l

---

### **3. RESIDUOS PELIGROSOS**

- combustibles residuales,
  - sustancias químicas para el proceso, el agua y las aguas residuales,
  - productos químicos para el mantenimiento de equipos y de las instalaciones,
-

# **X - ASPECTOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y CULTURALES**

## **1. ASPECTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES**

- Generación eléctrica a partir de biomasa requiere más operadores por MW que una central con combustibles fósiles
  - Mano de obra necesaria para la industria de la producción del biocombustible sólido y su transporte, estimada en el doble de empleos equivalentes respecto de los requeridos en la planta de generación de energía
  - Posibles efectos de potenciación en la comunidad local:
    - Mejoramiento de infraestructura local
    - Apoyo en programas educativos orientados a las comunidades locales
    - Creación de fondos de desarrollo comunitario
    - Contratación de mano de obra local
    - Capacitaciones laborales para miembros de la comunidad
    - Asistencia técnica para emprendimientos locales
    - Inversiones directas en emprendimientos locales
    - Creación de alianzas comerciales con productores y emprendedores locales
-

## 2. PUEBLOS INDÍGENAS Y COMUNIDADES CAMPESINAS

- Proyectos terreno-extensivos (generación de biomasa): plantaciones dedicadas, biogás con silaje y forestales.
  - Potenciales riesgos sobre los pueblos indígenas
    - Imposición de servidumbres y adquisición de tierra para infraestructura complementaria.
    - Afectación de acceso a recursos/medios de subsistencia de campesinos e indígenas (afectación de fauna, deforestación).
    - Afectación de tierras de uso comunitario o su acceso.
    - Afectación por acceso a los recursos de biodiversidad (por ejemplo, para artesanías o medicinales).
    - Afectación a la salud (cenizas, emisiones tóxicas, uso de fertilizantes)
    - Molestias a la comunidad durante la construcción.
    - Requerimiento de grandes áreas para los diferentes procesos destinados a la obtención de energía de la biomasa. También las zonas de almacenamiento pueden ser particularmente extensas.
    - Afectación de recursos culturales (patrimonio arqueológico, religioso/sitios sagrados, histórico).
    - Afectación al acceso de instituciones de interés social.
  - **Medidas de mitigación**
-

## XI – OTROS IMPACTOS DE LA ACTIVIDAD

### 1. RUIDO

- Obtención y preparación de la biomasa primaria en campo.
- Transporte de la biomasa primaria a planta.
- **Acondicionamiento y manipuleo de biomasa en planta.**
- **Combustión de biomasa sólida o biogás.**
- Transporte de digestato y cenizas a destino final.





## **2. RADIACIONES NO IONIZANTES**

### **CEM (CAMPO ELECTROMAGNÉTICO)**

Planta:

- Equipos de generación y transformación

Exterior:

- Evacuación de energía eléctrica: estación transformadora y LMT/LAT

**Normativa:**

- $E < 3 \text{ kV/m}$
  - $B < 250 \text{ mG}$
-

### 3. SEGURIDAD DE PLANTA : BIOMASA SÓLIDA

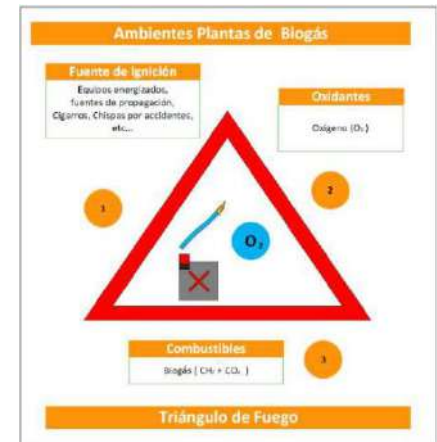
#### 3.1 Riesgo de incendio

- Depósitos de planta: potencial foco de incendio.
- Análisis de carga de fuego

### 4. SEGURIDAD DE PLANTA : BIOGÁS

#### 4.1 Explosividad del biogás


- Rango de explosión del metano en el aire: 4,4 a 17,0 % vol
- Etapa de diseño: sectores con atmósfera explosiva, fallas potenciales y medidas de protección



## 4. SEGURIDAD DE PLANTA : BIOGÁS

### 4.2 Presencia de sulfuro de hidrógeno

- Rango de explosión del H<sub>2</sub>S en el aire: 4,3 a 45,5 %vol
- H<sub>2</sub>S < 0.01 ppm: olor
- H<sub>2</sub>S = 10 ppm: límite laboral
- H<sub>2</sub>S > 500/1000 ppm: mortal

SULFURO DE HIDRÓGENO			ICSC: 0165 Abril 2000
CAS:	7783-06-4	Hidruro de azufre	
RTECS:	MX1225000	Ácido sulfhídrico	
NU:	1053	H <sub>2</sub> S	
CE Índice Anexo I:	016-001-00-4	Masa molecular: 34.1	
CE / EINECS:	231-977-3		

## **XII - RECOMENDACIONES PARA LA ELABORACIÓN**

### **DEL EIA**

#### **1. ESCALADO DE PLANTAS**

*Escalas sugeridas para planta de conversión de biomasa sólida*

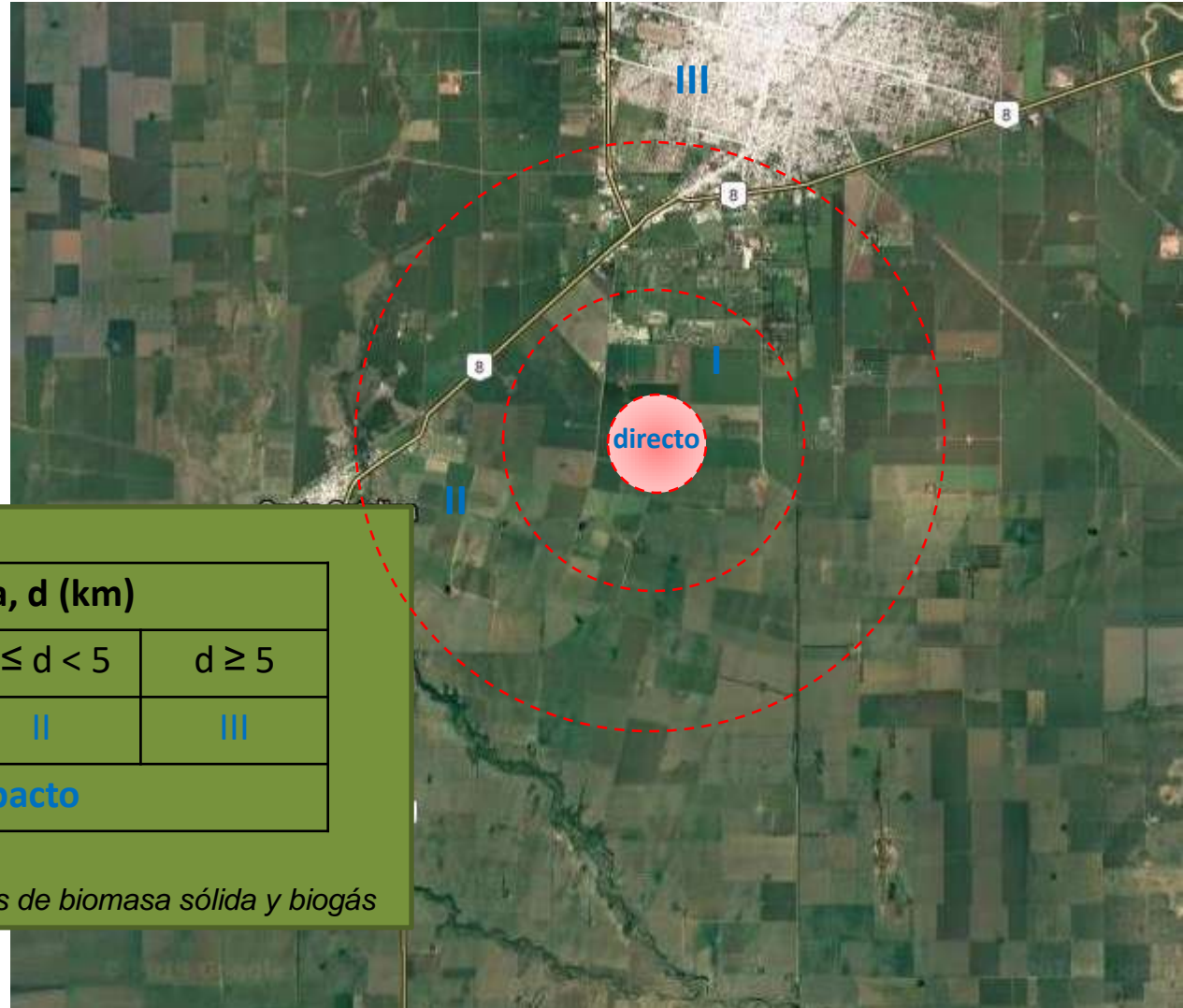
<b>Potencia P (MW)</b>		
Pequeño	Mediano	Grande
$P < 3$	$3 \leq P < 10$	$P \geq 10$

*Escalas sugeridas para planta de conversión de biogás*

<b>Potencia P (MW)</b>		
Pequeño	Mediano	Grande
$P < 0.25$	$0.25 \leq P < 1$	$P \geq 1$

---

## 2. ESCALADO DE ZONAS DE IMPACTO



Distancia crítica, d (km)			
$d < 0,5$	$0,5 \leq d < 2$	$2 \leq d < 5$	$d \geq 5$
directo	I	II	III
Zona de impacto			

*Escalas de zonificación para proyectos de biomasa sólida y biogás*

### 3. ALCANCE DEL INFORME TÉCNICO AMBIENTAL

Biomasa		Categoría por Potencia		
		Pequeño	Mediano	Grande
Zona de impacto	III	N/A	DIA	<b>EIA</b>
	II	DIA	<b>EIA</b>	<b>EIA</b>
	I	DIA	<b>EIA</b>	<b>EIA</b>

Biogás		Categoría por Potencia		
		Pequeño	Mediano	Grande
Zona de impacto	III	N/A	DIA	<b>EIA</b>
	II	N/A	DIA	<b>EIA</b>
	I	DIA	<b>EIA</b>	<b>EIA</b>

---

## 4. ETAPAS DEL PROYECTO

### 4.1 Etapa de construcción

- **Sector de almacenamiento de biomasa** (con parque de camiones):
    - Biomasa sólida: para proyectos de silaje de maíz o similar, grandes superficies para preparar el silo (impermeabilizadas). Para biomasa de residuos foresto-industriales, una estructura con techo, de dimensiones considerables por el gran volumen requerido.
    - Biogás: se requiere de sector de acopio de silaje/biomasa verde, y tanques para componentes como residuos agropecuarios.
  - **Unidad de combustión:**
    - Biomasa sólida: Caldera y turbogenerador.
    - Biogás: motogenerador (combustión interna) o turbina.
-

## 4. ETAPAS DEL PROYECTO

### 4.1 Etapa de construcción

- **Unidades de limpieza de gases:**

- Biomasa sólida: control de emisiones de MP  
control de NO<sub>x</sub> y/o SO<sub>2</sub> ?

- Biogás: unidades de desulfuración y deshumidificación,  
unidad de abatimiento de siloxanos  
control de NO<sub>x</sub> y/o CO ?

- **Sistema de enfriamiento:**

- Biomasa sólida: con agua a ciclo cerrado,  
con agua a ciclo abierto,  
con aire

- Biogás: en general no requiere.
-



## 4. ETAPAS DEL PROYECTO

### 4.1 Etapa de construcción

- **Sistema de tratamiento de agua de caldera:**
    - Biomasa sólida: osmosis inversa, intercambio iónico o destilación.
    - Biogás: no requiere
  - **Unidad de manejo de subproductos:**
    - Biomasa sólida: depósito de cenizas secas, de utilizar lavadores húmedos de gases de combustión, depósito de barros con cenizas volantes.
    - Biogás: tanques o lagunas de acopio de digestato.
-

## 4. ETAPAS DEL PROYECTO

### 4.1 Etapa de construcción

- **Sistemas de evacuación de energía:**
  - Generación de energía eléctrica: subestación eléctrica  
líneas de media/alta tensión
  - Generación de energía térmica: intercambiadores de calor  
piping

### 4.2 Etapa de abandono

- **Horizonte > 10 años**
  - **Similar a construcción**
-

## **4. ETAPAS DEL PROYECTO**

### **4.3 Etapa de operación**

VI - EMISIONES GASEOSAS, GEI Y OLORES

VII - AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS

VIII - SUELOS

IX - RESIDUOS

X - ASPECTOS ECONÓMICOS, SOCIALES Y CULTURALES

XI - RUIDO, VIBRACIONES, RADIACIONES NO IONIZANTES,  
IMPACTO VISUAL, BOSQUES NATIVOS

---

## 5. EMISIONES GASEOSAS

### 5.1 Sugerencia para límites de emisiones gaseosas en proyectos de bioenergía

*Límites de emisión orientativos para calderas con biomasa sólida*

<b>Categoría</b>	<b>Pequeño</b>	<b>Mediano</b>	<b>Grande</b>
MPT (mg/Nm <sup>3</sup> )	150	75	50
NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> @ 6% O <sub>2</sub> )	650	450	300
CO (mg/Nm <sup>3</sup> @ 6% O <sub>2</sub> )	600	500	400
SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> @ 6% O <sub>2</sub> )	200	200	200

---

## 5. EMISIONES GASEOSAS

### 5.1 Sugerencia para límites de emisiones gaseosas en proyectos de bioenergía

*Límites de emisión orientativos para motores y turbinas a biogás*

<b>Categoría</b>	<b>Pequeño</b>	<b>Mediano</b>	<b>Grande</b>
MPT (mg/Nm <sup>3</sup> )	-	-	-
NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> @ 15% O <sub>2</sub> )	-	200	200
CO (mg/Nm <sup>3</sup> @ 15% O <sub>2</sub> )	-	-	-
SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> @ 15% O <sub>2</sub> )	*	*	**

\* Contenido de azufre en biogás no superior a 1%

\*\* Contenido de azufre en biogás no superior a 1%, verificación por medición en chimenea con referencia 60 mg/Nm<sup>3</sup> @ 15% O<sub>2</sub>

---

## 5. EMISIONES GASEOSAS

### 5.1 Sugerencia para límites de emisiones gaseosas en proyectos de bioenergía

*Límites de emisión orientativos para calderas a biogás*

<b>Categoría</b>	<b>Pequeño</b>	<b>Mediano</b>	<b>Grande</b>
MPT (mg/Nm <sup>3</sup> )	-	-	-
NO <sub>x</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> @ 15% O <sub>2</sub> )	-	250	250
CO (mg/Nm <sup>3</sup> @ 15% O <sub>2</sub> )	-	-	-
SO <sub>2</sub> (mg/Nm <sup>3</sup> @ 15% O <sub>2</sub> )	*	*	200

\* Contenido de azufre en biogás no superior a 1%

---

## 5. EMISIONES GASEOSAS

### 5.2 Monitoreo de línea de base

- Objetivos:
    - Determinar si la cuenca está degradada (s/normas de calidad del aire),
    - Definir el nivel de contaminantes atmosféricos presentes, para luego evaluar la capacidad de recepción de las nuevas fuentes debidas al proyecto.
  - Parámetros:
    - **Biomasa sólida:** NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, MPS (con fracción carbonoso si supera 1 mg/cm<sup>2</sup>/mes)
    - **Biogás:** NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S
-

## 5. EMISIONES GASEOSAS

### 5.2 Monitoreo de línea de base

*Alcance del estudio de línea de base de calidad de aire*

Biomasa Sólida		Categoría por Potencia		
		Pequeño	Mediano	Grande
Zona de impacto	III	N/A	Estudio antecedentes	Estudio antecedentes y monitoreo
	II	Estudio antecedentes	Estudio antecedentes	Estudio antecedentes y monitoreo
	I	Estudio antecedentes	Estudio antecedentes	Estudio antecedentes y monitoreo

Biogás		Categoría por Potencia		
		Pequeño	Mediano	Grande
Zona de impacto	III	N/A	Estudio antecedentes	Estudio antecedentes
	II	N/A	Estudio antecedentes	Estudio antecedentes y monitoreo
	I	N/A	Estudio antecedentes y monitoreo	Estudio antecedentes y monitoreo



## **5. EMISIONES GASEOSAS**

### **5.3 Determinación de las emisiones de combustión**

#### Productos primarios

- garantías del fabricante (tecnología probada)
- factores de emisión para contaminantes atmosféricos

#### Productos secundarios

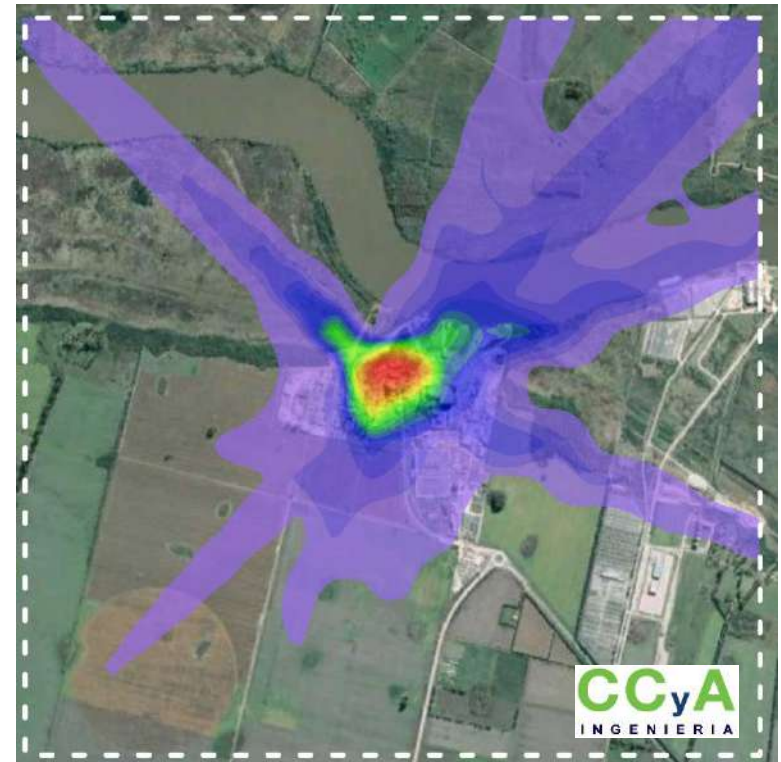
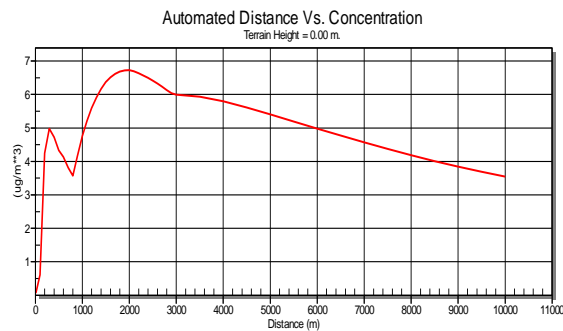
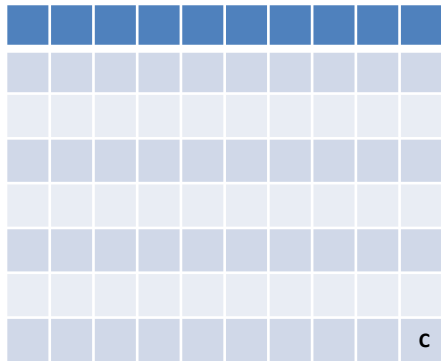
- caracterización elemental de la biomasa,
  - muestras representativas de la biomasa a utilizar en el proyecto,
  - cantidad suficiente para garantizar resultados estadísticamente confiables,
  - técnicas analíticas lo suficientemente precisas como para obtener resultados definitivos
-

## 5. EMISIONES GASEOSAS

### 5.4 Evaluación del impacto esperado en la calidad de aire

Aplicación de técnicas de modelado matemático (profesional especialista)

- Modelo analítico
- Modelo de sondeo
- Modelo de difusión
- CFD (casos críticos)



SIN: Res. ENRE 13/97

## 5. EMISIONES GASEOSAS

### 5.4 Evaluación del impacto esperado en la calidad de aire

*Esquema orientativo para modelado de calidad de aire*

Biomasa Sólida		Categoría por Potencia		
		Pequeño	Mediano	Grande
Zona de impacto	III	Analítico	Sondeo	Difusión
	II	Sondeo	Sondeo	Difusión
	I	Sondeo	Difusión	Difusión

Biogás		Categoría por Potencia		
		Pequeño	Mediano	Grande
Zona de impacto	III	Analítico	Sondeo	Difusión
	II	Analítico	Sondeo	Difusión
	I	Analítico	Difusión	Difusión

## 5. EMISIONES GASEOSAS

### 5.5 Monitoreo de emisiones gaseosas durante la operación

- Chimeneas del proyecto según los estándares técnicos (US EPA / IRAM)
- Proyectos de generación eléctrica al SIN: **normativa SE y ENRE**
- Proyectos no conectados al SIN:

Biomasa y Biogás		Categoría por Potencia		
		Pequeño	Mediano	Grande
Zona de impacto	III	Sin mediciones	Sin mediciones	<b>Anual</b>
	II	Sin mediciones	<b>Bianual *</b>	<b>Semestral</b>
	I	<b>Bianual *</b>	<b>Anual</b>	<b>Trimestral o superior</b>

\* cuenca no degradada

---

## 5. EMISIONES GASEOSAS

### 5.6 Monitoreo de calidad de aire durante la operación

- Proyectos no conectados al SIN:

#### Parámetros:

- **Biomasa sólida:** NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, MPS (con fracción carbonoso si supera 1 mg/cm<sup>2</sup>/mes)
- **Biogás:** NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S

#### Frecuencia/ alcance del análisis:

Biomasa y Biogás		Categoría por Potencia		
		Pequeño	Mediano	Grande
Zona de impacto	III	Sin mediciones	Modelado de calidad de aire	Modelado de calidad de aire
	II	Sin mediciones	Modelado de calidad de aire	<b>Semestral</b>
	I	Modelado de calidad de aire	Modelado de calidad de aire	<b>Trimestral o superior</b>

## **5. EMISIONES GASEOSAS**

### **5.7 Monitoreo de Inicio de Operación**

- Prueba de Desempeño en Emisiones (PDE)
    - Emisiones gaseosas por chimenea
    - Cenizas
    - Efluentes (sólidos, semisólidos, líquidos) del sistema de tratamiento de gases
    - Aguas de refrigeración / purga
    - Efluentes líquidos
    - Subproductos
  - Plan para la PDE
    - Corrientes a evaluar
    - Caracterización de combustibles y corrientes
    - Técnicas de muestreo y análisis
    - Cantidad y duración de los ensayos
    - Niveles de referencia, estándares y normativa a verificar
    - Esquema del informe técnico a presentar
-

## 5. EMISIONES GASEOSAS

### 5.5 Olores

- Lugar de almacenamiento seco, cubierto y tapado.
  - Control en el almacenamiento en bodegas con bio-filtros.
  - Transporte de biomasa que genera olores molestos en contenedores cerrados.
  - Técnicas de tratamiento de olores en planta de ser necesario.
  - **Respetar una distancia adecuada a los receptores sensibles,**
  - Proyectos grandes y receptores sensibles en Zona de Impacto I /  
Directa: estudios de línea de base de olores para determinar la calidad odorífera preexistente y monitoreos durante la operación
-

## 6. AGUAS

### 6.1 Límites de vertido

- **Normativa provincial.**

### 6.2 Monitoreo de línea de base

- Evaluar la capacidad de recepción y dilución de los efluentes por parte del cuerpo receptor: **monitoreo ?**

### 6.3 Captación de agua para procesos

- **Estudios hidráulicos** para la toma (aguas superficiales)
- **Estudios hidrogeológicos** (agua subterránea)

### 6.4 Evaluación del impacto esperado en la calidad de aguas

- **modelos matemáticos:** plumas térmicas y de contaminantes
-



## **6. AGUAS**

### **6.5 Monitoreo durante la operación**

- Agua de captación: calidad del agua para proceso, especialmente subterránea,
- Efluentes líquidos: s/normativa local vigente,
- Aguas subterráneas: red de freáticos,
- Aguas superficiales receptoras de efluentes.

## 7. SUELOS

### Proyectos de biomasa sólida:

- Modificación en la humedad del suelo y en el crecimiento de biomasa forestal al retirar los restos de poda para ser utilizados como biomasa sólida,
- Impacto de la aplicación de cenizas en silvicultura,
- Reducción del volumen requerido en los rellenos al reducir la biomasa verde a cenizas.

### Proyectos de biogás:

- Recuperación de suelos por captación de residuos agropecuarios en origen,
  - Eliminación de lagunas estercoleras,
  - Impacto del uso final del digestato como fertilizante.
-

## 8. RESIDUOS

### 8.1 Residuos sólidos

#### Proyectos de biomasa sólida:

- cenizas y escorias,
- polvo recolectado en sistema captación MP

#### Proyectos de biogás:

- lodo estabilizado

#### Proyectos de biomasa sólida y biogás:

- Residuos peligrosos: s/Normativa provincial
-

## 8. RESIDUOS

### 8.2 Cenizas

#### Proyectos de biomasa sólida:

- Fertilización forestal,
- Uso como árido para materiales de construcción,
- Enterramiento en rellenos sanitarios,

Parámetro	Signo	Efectos a evaluar
Cenizas	-	Emisiones de material particulado
	-	Costos de remoción, transporte
	-	Costos de disposición
	+	Estabilización de suelos
N	-	Emisiones de NO <sub>x</sub>
	-	Pérdida de nutrientes
S	-	Emisiones de SO <sub>x</sub>
	-	Corrosión
Cl	-	Formación de HCl, corrosión
	-	Potencial precursor de dioxinas y furanos
Ca	+	Reciclado como fertilizante
	+	Incremento temperatura de fusión de cenizas
Mg	+	Incremento temperatura de fusión de cenizas
K	-	Reducción temperatura de fusión de cenizas
	-	Formación de aerosoles
	-	Aumento de emisiones de MP fino
	+	Reciclado como fertilizante
Na	-	Reducción temperatura de fusión de cenizas
	-	Formación de aerosoles
	-	Aumento de emisiones de MP fino

## 9. GESTIÓN AMBIENTAL

- Agentes del MEM: **Sistema de Gestión Ambiental** (SGA) certificado, s/ Res. ENRE 555/01.
  - Contenidos mínimos:
    - manejo de residuos sólidos y semisólidos, efluentes líquidos y emisiones a la atmósfera,
    - prevención de emergencias ambientales,
    - monitoreo y registro de parámetros ambientales y de emisiones y vertidos de distinta naturaleza.
  - **Etapas EIA:** desarrollar un **Plan de Gestión Ambiental** (PGA), orientado a la implementación de las acciones que permitan mitigar y corregir los posibles impactos y efectos ambientales negativos ocasionados por el proyecto en sus distintas fases y potenciar y sostener en el tiempo de vida útil del proyecto los impactos positivos.
-

## 9. GESTIÓN AMBIENTAL

- Proyectos de menor envergadura: desarrollo de un manual de **Buenas Prácticas Ambientales** (BPA):
  - Biomasa primaria en campo y su transporte
  - Almacenamiento y manipulación en planta
  - Control de emisiones gaseosas
  - Cenizas / digestatos / efluentes líquidos

Biomasa		Categoría por Potencia		
		Pequeño	Mediano	Grande
Zona de impacto	III	BPA	BPA	PGA
	II	BPA	PGA	SGA
	I	BPA	PGA	SGA

Biogás		Categoría por Potencia		
		Pequeño	Mediano	Grande
Zona de impacto	III	BPA	BPA	PGA
	II	BPA	PGA	SGA
	I	BPA	PGA	SGA

---

---

**MUCHAS GRACIAS !!!**

**MARIELA BELJANSKY**

[mbeljansky@eco-energia.com.ar](mailto:mbeljansky@eco-energia.com.ar)

---