



Proyecto final de  
Ingeniería Industrial

## GENERACIÓN DE BIOGÁS EN UN ESTABLECIMIENTO AVÍCOLA

Autorías: Estrebou, Alan Michel

Lichtensztein, Tomás

Gerbaudo, Christian

Tutor o Docente Guía:

Ingeniero Industrial - Lezama, Juan Marcelo



## ***Dedicatoria***

---

*A mis padres que me acompañaron siempre durante toda la carrera, a todos mis conocidos que me ayudaron de alguna otra forma para que siga adelante y me enfoque principalmente en mis estudios, y a todas las demás personas que conocí gracias a la facultad.*

*Michel.*

*A todos los que me acompañaron, siempre o en algún momento, a lo largo de la carrera.*

*Christian.*

*A mis viejos, a mis hermanos, a mis amigos y por último pero no menos importante, al bicho. Servabo Fidem.*

*Tomás.*



## ***Resumen ejecutivo***

---

El presente proyecto analiza la rentabilidad y la posibilidad de aplicación de un sistema de biodigestión en un establecimiento avícola (dedicado a la producción de huevos). Comprende desde el tratamiento sustentable de los efluentes hasta la generación de energía mediante biogás y su posterior consumo y venta a la red eléctrica.

En primer lugar se describe el marco en el que se desarrolla el proyecto. Se caracteriza el proceso industrial y detalla el caso de aplicación en una empresa, mencionando los principales sistemas de generación de biogás utilizados y analizando la posibilidad de aplicación. Luego, se hace un análisis del mercado energético nacional de generación distribuida de energía, y la relación de estos factores con el proyecto.

Finalmente, se realiza un análisis económico y financiero del proyecto para dos biodigestores de distinta potencia: uno de 1 MW y otro de 2 MW. El resultado de este cálculo se completa con un análisis de sensibilidad, a fin de poder describir como se modifica la rentabilidad en función de varias variables.

## ***Executive summary***

---

This project analyzes the performance and the applicability of a biodigestion system in a poultry establishment (dedicated to the production of eggs). It extends from effluent treatment to biogas power generation and consumption and its subsequent sale to the grid.

First, the framework where the project will develop is described. The industrial process is characterized, and the application case in a company is described, mentioning the biogas generation systems and analyzing its applicability. Then, an analysis of both the national distributed energy market and the relationship of these factors to the project is done.

Finally, an economic and financial analysis of the project for two different power biodigestors is performed: one of 1 MW of power, and another one of 2 MW. The result of this calculation is completed with a sensitivity analysis, in order to describe how the performance changes as a function of different variables.

## ***Agradecimientos***

---

*A Marcelo Lezama, por su confianza en nosotros y su interés en nuestro trabajo.*

*A Marcos Daziano, por su aporte desinteresado y el tiempo invertido. También a todos los colaboradores, voluntarios e involuntarios, que nos brindaron su ayuda.*



## Índice

---

|           |                                                               |             |
|-----------|---------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>1.</b> | <b>CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO INDUSTRIAL AVÍCOLA.....</b>    | <b>2-1</b>  |
| 1.1       | Introducción a la industria.....                              | 2-1         |
| 1.2       | Mercado general.....                                          | 2-1         |
| 1.3       | Caso particular de aplicación .....                           | 2-2         |
| 1.4       | Regulaciones de la industria avícola .....                    | 2-7         |
| <b>2</b>  | <b>LA BIODIGESTIÓN ANAERÓBICA COMO FUENTE DE ENERGÍA.....</b> | <b>2-9</b>  |
| 2.1       | El proceso de biodigestión .....                              | 2-9         |
| 2.2       | Biodigestores.....                                            | 2-11        |
| 2.3       | Biogás .....                                                  | 2-15        |
| <b>3</b>  | <b>ANÁLISIS ENERGÉTICO.....</b>                               | <b>3-18</b> |
| 3.1       | Situación actual mercado energético Argentino.....            | 3-18        |
| 3.2       | Programa "GENREN".....                                        | 3-25        |
| 3.3       | Análisis energético básico de la empresa.....                 | 3-25        |
| <b>4</b>  | <b>INSTALACIÓN BIODIGESTOR .....</b>                          | <b>4-28</b> |
| 4.2       | Plan de inversiones.....                                      | 4-31        |
| 4.2.1     | Inversiones en activo fijo .....                              | 4-31        |
| <b>5</b>  | <b>ANÁLISIS ECONÓMICO.....</b>                                | <b>5-34</b> |
| 5.1       | Consideraciones .....                                         | 5-34        |
| 5.2       | Estados financieros .....                                     | 37          |
| 5.2.1     | Cuadro de resultados - biodigestor 2 MW .....                 | 37          |
| 5.2.2     | Fuentes y usos sin bache - biodigestor 2 MW.....              | 38          |
| 5.2.3     | Flujo de fondos y VAN - biodigestor 2 MW .....                | 39          |
| 5.3       | Valor Actual Neto (VAN).....                                  | 39          |
| 5.3.1     | Cuadro de resultados - biodigestor 1 MW .....                 | 40          |
| 5.3.2     | Fuentes y usos sin bache - biodigestor 1 MW.....              | 41          |
| 5.3.3     | Flujo de fondos y VAN - biodigestor 1 MW .....                | 42          |
| 5.4       | Valor Actual Neto (VAN).....                                  | 42          |
| <b>6</b>  | <b>ANÁLISIS DE ESCENARIOS Y SENSIBILIDAD .....</b>            | <b>43</b>   |
| <b>7</b>  | <b>FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....</b>                   | <b>49</b>   |
| <b>8</b>  | <b>CONCLUSIONES.....</b>                                      | <b>50</b>   |
| <b>9</b>  | <b>ANEXO .....</b>                                            | <b>51</b>   |
| <b>10</b> | <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>                                      | <b>52</b>   |



## 1. CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO INDUSTRIAL AVÍCOLA

### 1.1 Introducción a la industria

Entendemos por avicultura a la práctica de crianza, desarrollo y proceso de aves y sus derivados (como el huevo), por lo que tomamos como industria avícola a la producción destinada al consumo o venta para consumo. El aspecto industrial implica replicarlo a mayor escala de manera de ser rentable en términos económicos y de eficiencia.

### 1.2 Mercado general

Actualmente la industria se encuentra en un proceso de expansión, fomentada por el aumento de consumo del mercado interno. Los principales drivers del crecimiento son una mejor relación de precios entre la carne de vaca y de pollo, sumado a una abundante oferta de materia prima a buen precio. Por estos dos motivos, el consumo de huevo y el consumo de carne de pollo han crecido a lo largo de los últimos años. El primero viene en aumento a un promedio de 2% anual con un consumo de más de 225 huevos per cápita al año, mientras que el consumo de carne alcanzó un nivel de 40 kg al año per cápita. Las tendencias de los últimos años pueden observarse en los siguientes gráficos:

**Evolución de la producción e industrialización de huevos**

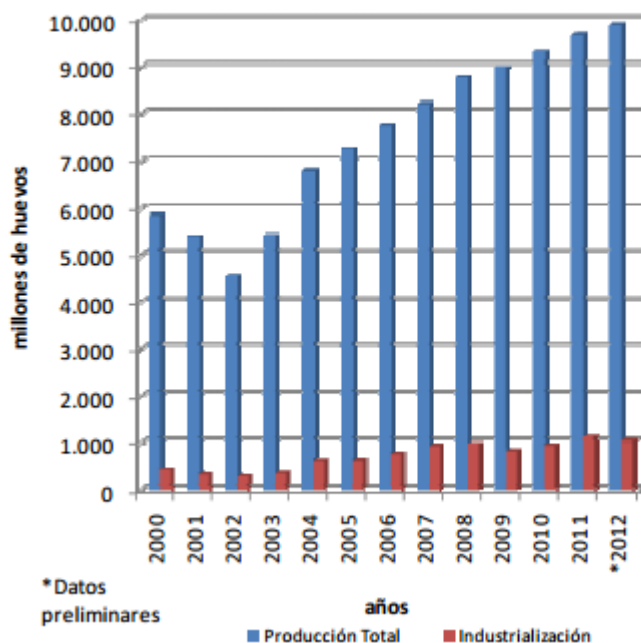


Gráfico 1.1: Evolución de producción de huevos en Argentina

**Evolución de la Producción Nacional de Carne Aviar**

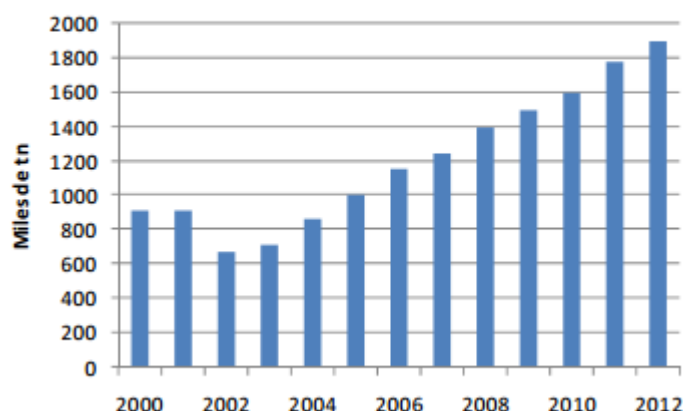


Gráfico 1.2: Evolución de producción de carne aviar en Argentina

Esto produce una expansión de la industria tanto en establecimientos avícolas como en el stock de ganado avícola. (Cabe destacar que las instalaciones para producción cárnica y para producción de huevo no son las mismas y que en principio se estudiará en el proyecto la aplicación de la biodigestión en los establecimientos dedicados a la producción de huevo. Sin embargo, el potencial de aplicación es el mismo al poseer mismos niveles de producción de guano de similares características, sólo que necesitan una instalación de biodigestores adaptada)

### 1.3 Caso particular de aplicación

El presente informe contempla la aplicación del proyecto en una empresa particular, a fin de tener una evaluación real y concreta de las posibilidades de aplicación. El caso de estudio es la unidad de producción de huevos de Kruger S.A.

La empresa es una Pyme de carácter agroindustrial que posee experiencia en diversos campos tales como diseño de semillas híbridas, fabricación de alimentos congelados, refinación de aceite, etc. Actualmente concentra su actividad en la producción de huevos, el arrendamiento de campos y una fábrica de aceite y harina de soja. Esta última es una planta de mediana escala con un nivel de molienda de 500 Tn/día y se encuentra en frente de la unidad avícola.

La unidad avícola consiste de 2 galpones de recría (en Arrecifes, Buenos Aires) y 8 galpones para la producción de huevos en Pergamino, provincia de Buenos Aires. Tiene un volumen de producción de 30.000 cajones al mes y cuenta con un stock de ponedoras de aproximadamente 480.000 cabezas (El cajón es la unidad de medida en la industria y consiste de 30 docenas de huevos). De esta manera, la empresa forma parte de las principales productoras de huevo del país

## 1.3.1.1 Proceso de producción

El proceso industrial de la fabricación de huevos consiste en la crianza y desarrollo de gallinas (denominadas “ponedoras”) en galpones especializados (“naves”) donde estas ponen huevos como parte natural de su ciclo de vida. El huevo es recolectado y se clasifica la producción.

A modo de esquema, podemos realizar el siguiente diagrama de producción y analizar sus partes:

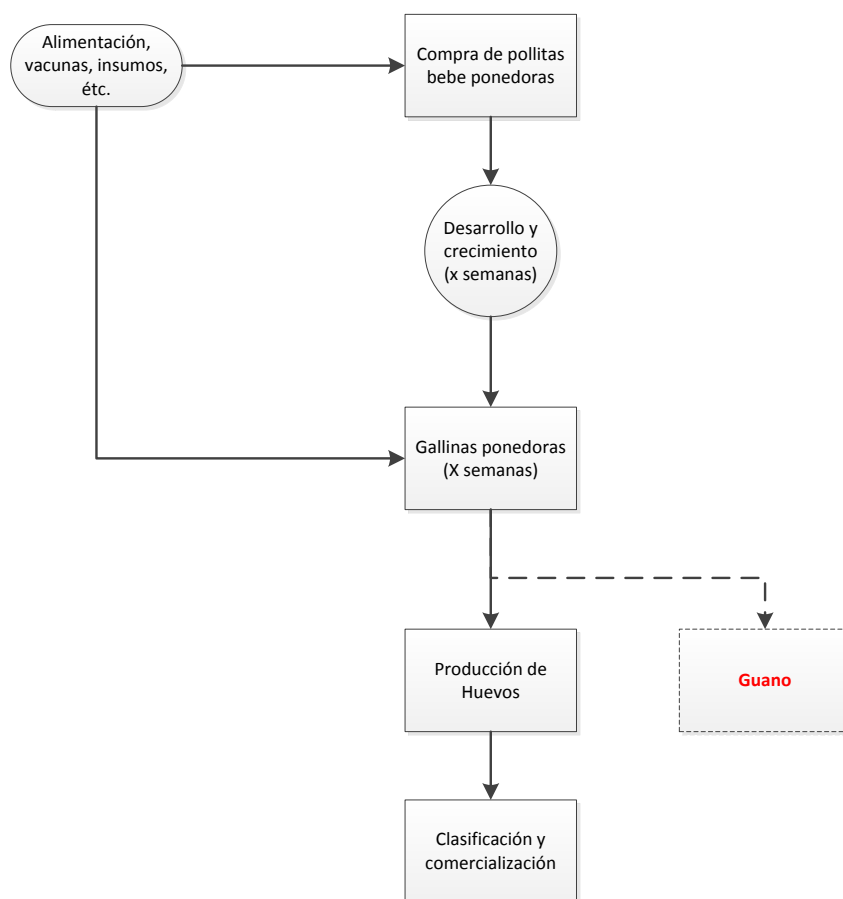


Gráfico 1.3: Esquema de proceso productivo del huevo

### 1.3.1.1.1 Alimento:

Las gallinas (tanto ponedoras como recria) consumen una dieta constituida por maíz, harina de soja y otros aditivos nutricionales. El alimento es el principal costo de la producción, alcanzando un 88% entre maíz (70%) y harina de soja (18%).

La logística de abastecimiento consiste en recibir los camiones con maíz y harina, cargarlo a los silos y proceder a la mezcla con los diversos aditivos para producir la fórmula necesaria según la etapa del ciclo de vida en la que se encuentre la gallina.

Cada ponedora consume en promedio 100grs/día de alimento.

### **1.3.1.1.2 Ponedoras:**

Las gallinas son el animal a cuidar y mantener para maximizar la producción de huevos. Para obtenerlas se compran a cabañas dedicadas a la cría quienes venden las pollitas bebé de 1 día de vida. Durante 2 meses se mantienen en galpones de recría, luego pasan a las naves convencionales de producción de huevos. Las principales razas de gallinas utilizadas son Hy Line W 36 y Lohman Lite.

### **1.3.1.1.3 Huevo:**

Es el producto de la producción de las gallinas. La tasa de producción es de 1 huevo cada 27 hs. Estos caen mediante pedientes a unos colectores, y son llevados mediante cinta transportadora a una sala de clasificación. Allí al huevo se le realizan los siguientes procesos:

- Inspección: eliminación de huevos no aptos mediante ovoscopio.
- Limpieza general
- Clasificación según tamaño
- Armado primario de packaging.

Finalmente el huevo está envasado, luego se procede a la palletización y despacho.

### **1.3.1.1.4 Guano:**

El guano es el excremento de los animales, este debe eliminarse ya que presupone un riesgo biológico y de seguridad. Salvo que dispongan de algún sistema integral de recolección, el guano de las gallinas cae al terreno por debajo del galpón y se acumula hasta que haya un recambio de gallinas de la nave, de manera que se puedan realizar tareas debajo de la nave.

La composición del guano varía según el animal y su alimentación. Por tratarse de gallinas ponedoras, con una alimentación basada en maíz, producen un guano “útil” para la biodigestión, en términos de riqueza de carbono y otros componentes. Sin embargo, también necesita aditivos para optimizar el proceso. La composición del guano se determina mediante ensayos de laboratorio. A continuación un resultado de un ensayo de rutina indicando los principales valores:

## GENERACIÓN DE BIOGÁS EN UN ESTABLECIMIENTO AVÍCOLA

|                                             |  |        |
|---------------------------------------------|--|--------|
| Guano de Ponedoras                          |  |        |
| Galpon N° 4                                 |  |        |
| Día de Muestreo: 23/03/09                   |  |        |
| Responsable: Guillermo Pellegrini/G Aguirre |  |        |
| Muestra N° 1                                |  |        |
| Resultados en Base Humeda                   |  |        |
| Humedad (estufa 100-105 °C)                 |  | 46,27% |
| Nitrogeno Kjendhalj                         |  | 1,12%  |
| Nitrogeno amoniacal                         |  | 0,36%  |
| Nitrogeno Total                             |  | 1,48%  |
| Ceniza (mufla 600°C 6 hs)                   |  | 36,88% |
| Calcio (ext s/cenizas)                      |  | 9,33%  |
| Fosforo (ext s/cenizas)                     |  | 2,46%  |
| Materia Organica                            |  | 63,12% |
| Materia Seca                                |  | 53,73% |
| Insolubles en HCl                           |  | 5,40%  |
| PH                                          |  | 8,77%  |

Tabla 1.1: Análisis de laboratorio de rutina para muestra de guano.

### 1.3.1.2 Layout

El Layout de una planta típica no presenta grandes complejidades. Necesita de unas 20 hectáreas donde instalar el establecimiento. La siguiente imagen corresponde a una vista aérea de la empresa donde aplicar el proyecto, pero es representativa de cualquier establecimiento avícola:



Imagen 1.1: Vista aérea de establecimiento avícola (caso de estudio).

En esta podemos destacar lo siguiente:

- Sala de clasificación, arriba a la derecha

## GENERACIÓN DE BIOGÁS EN UN ESTABLECIMIENTO AVÍCOLA

- 8 naves de ponedoras, con lugar para la construcción de una más. (El proveedor es la multinacional Big Dutchman, líder en prestación de servicios a la industria avícola y porcina.)
- Facilidades varias: tanques de agua, cintas transportadoras, etc.

Las naves son construcciones de 20 x 200 metros donde se albergan las ponedoras. Estas construcciones tienen las instalaciones necesarias para distribuir el alimento y el agua, así como también están diseñadas para colectar los huevos. La disposición de las aves en el interior se da según el siguiente formato:

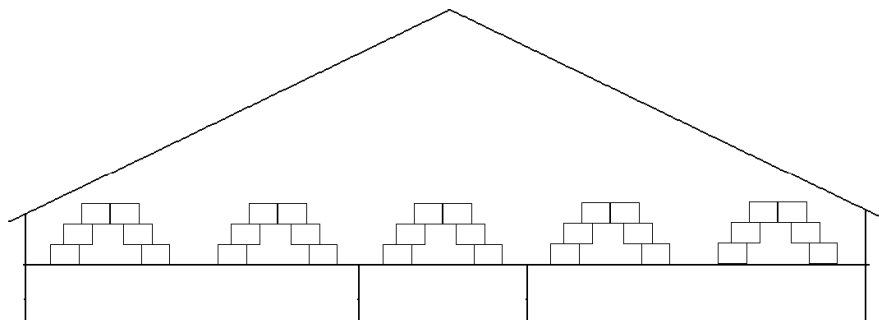


Gráfico 1.4: Corte transversal de una nave.

Este corte vertical es importante tenerlo en cuenta porque de aquí se habrá que recolectar el estiércol de los animales. Las gallinas están dispuestas en jaulas apiladas a lo largo de filas dentro de la nave.

### 1.3.1.3 Manejo de efluentes

El guano cae de las naves al piso, donde se apila lejos de los animales. Cuando la nave es vaciada por el recambio de ponedoras, se procede a retirar el guano, corriendo de las inmediaciones y dejándolo aparte. Dada la magnitud de la cantidad de material y que es un trabajo manual, involucra un costo y una ocupación de mano de obra que debe ser considerado.

De esta manera, cada 2 años se elimina el guano. Se puede vender ya que tiene algún valor como fertilizante (mejora los rindes de las cosechas). Sin embargo, su valor es escaso frente al costo de transporte, por lo que ya no es fácil como antes “regalarlo” a otra que se haga cargo de los costes de flete y de mano de obra para llevárselo. De esta manera la empresa costea la remoción y lo traslada a algún campo cercano.

### 1.3.1.4 Fuentes y consumos de Energía

Un establecimiento avícola tiene diversos centros de consumo y de obtención de energía.

Centros de consumo:

- Mantenimiento de las naves: los galpones requieren de iluminación, ventiladores funcionando, cintas transportadoras, etc, cuyo funcionamiento requiere de una alimentación eléctrica.
- Maquinaria pesada: Este rubro lo compone principalmente la máquina clasificadora, la cual es alimentada eléctricamente, su consumo es relativamente bajo.
- Otros: iluminación general, calefacción, sistemas informáticos, etc. El abastecimiento puede ser mediante la energía eléctrica de las líneas.

En resumen, el abastecimiento de energía no presupone un requerimiento vital o de gran costo en la producción avícola. Sin embargo es imposible producir si no se tiene alguna fuente convencional de abastecimiento (línea eléctrica, gas natural, fuel oil, etc).

Cabe destacar que dentro de la empresa la energía resulta relevante en otras operaciones. Frente al establecimiento avícola se encuentra la fábrica de harina de soja. Sus procesos requieren una utilización intensiva de energía (en las operaciones de laminado de semillas y secado). El consumo de este centro será tenido en cuenta en el análisis del proyecto.

Abastecimiento de energía:

Las principales fuentes de alimentación para una planta son las siguientes:

- Red eléctrica: es la más común, líneas eléctricas transportan energía a las empresas provenientes de cooperativas o distribuidoras.
- Gas natural: las industrias pueden tener conexión a la red de gas natural.
- Gas Oil (o fuel oil): es poco común debido a su alto costo, tiende a ser reemplazado por alguna de las otras tres.
- Otras: Consideramos la biomasa, calderas, etc.

En el caso de estudio, la empresa abastece a la avícola mediante la red eléctrica. Por el lado de la fábrica de harina de soja, también está conectada a la red eléctrica. Además utiliza biomasa en su caldera para utilizar vapor en sus procesos.

### **1.4 Regulaciones de la industria avícola**

La industria avícola tiene muchas regulaciones en materia ambiental y de bioseguridad. Portratarse de alimentos, animales vivos y grandes amontonamientos de animales, son necesarias las normas para garantizar seguridad y prevenir pérdidas por enfermedad. Para tener un marco normativo en el cual desempeñar la actividad, citamos los principales organismos que regulan la actividad (según lista Capia en su página de internet):

## GENERACIÓN DE BIOGÁS EN UN ESTABLECIMIENTO AVÍCOLA

- **SENASA:** Secretaría Nacional de Sanidad Animal, regula en material ambiental respecto de los animales y el ambiente de trabajo.
- **Sindicato:** El sindicato de los trabajadores rurales es UATRE. Si bien no regula de manera oficial, controla las condiciones de trabajo dado su “cercanía” con la actividad.
- **Ministerio de Trabajo:** aplica las mismas regulaciones como cualquier empleador.

## 2 LA BIODIGESTIÓN ANAERÓBICA COMO FUENTE DE ENERGÍA

### 2.1 El proceso de biodigestión

La Biodigestión o Digestión Anaeróbica consiste en un proceso biológico complejo desarrollado por microorganismos anaerobios, es decir, que trabajan en ausencia de oxígeno transformando la materia orgánica (residuos domésticos, estiércoles, efluentes industriales, restos de cosechas, etc.) en biogás o gas biológico y se obtiene un efluente biofertilizante o bioabono rico en nutrientes, está constituido por la fracción que no alcanza a fermentarse y por el material agotado. El biogás está compuesto principalmente por metano ( $\text{CH}_4$ ) y anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ), conteniendo otros gases en pequeñas concentraciones y vapor de agua.

La composición del biogás varía de acuerdo a distintos factores, siendo el más importante la composición de la materia prima. No solo tiene que ver con el tipo de material prima que sea (estiércol de un animal determinado, restos de animales, residuos vegetales, etc.) sino también de la alimentación recibieron los animales.

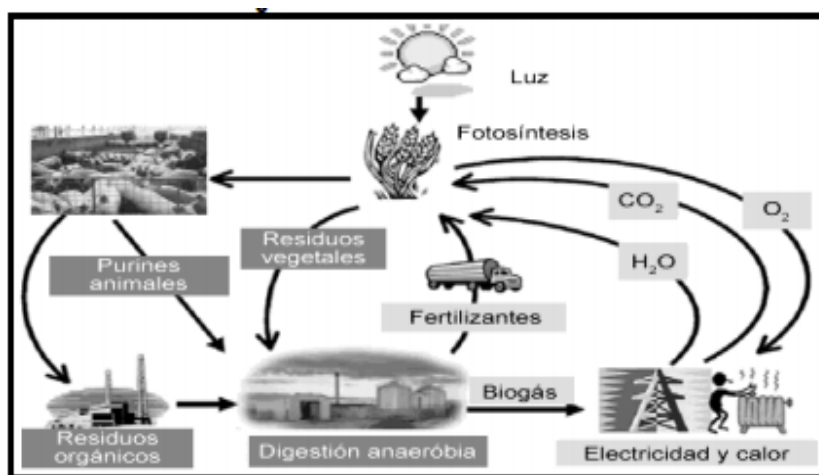


Figura 2.1: Ciclo de conversión de energía.

Mediante el biogás obtenido en el proceso se podrá utilizar para la generación de energía eléctrica o para combustión, obteniendo energía calórica.

#### 2.1.1.1 Condiciones para la biodigestión

1. La temperatura es muy importante para la producción de biogás, ya que los microorganismos que realizan la biodigestión disminuyen su actividad fuera de un rango específico de temperaturas. La temperatura en la cámara digestiva debe ser entre los  $20^{\circ}\text{C}$  y  $60^{\circ}\text{C}$ ; para optimizar el tiempo de producción es deseable mantener una temperatura entre los  $30^{\circ}\text{C}$  y  $35^{\circ}\text{C}$ . Es importante mantener la

## GENERACIÓN DE BIOGÁS EN UN ESTABLECIMIENTO AVÍCOLA

temperatura del proceso constante ya que las bacterias son muy sensibles a cambios imprevistos de temperatura.

2. El nivel de acidez determina como se desenvuelve la fermentación del material orgánico. El pH del material debe tener un valor entre 6.5 y 7.5. Al estar fuera de este rango neutro la materia orgánica corre el riesgo de pudrirse, ya que se aumenta la actividad relativa de los microorganismos equivocados; esto normalmente produce un olor muy desagradable.
3. El contenedor debe de estar perfectamente sellado para evitar que entre el oxígeno y de esta manera tener un procedimiento anaeróbico adecuado; también evita fugas del biogás.
4. Debe de contener entre el 80% y 90% de humedad.
5. Para lograr una descomposición eficiente, la materia orgánica debe de ser en tamaños pequeños pues entre más chica más rápida la producción del biogás.
6. Se deberá tener un equilibrio del carbono y el nitrógeno.

### 2.1.1.2 Etapas del proceso

Hay cuatro procesos biológicos y químicos elementales en las reacciones de digestión anaerobia.

- Hidrólisis
- Acidogénesis
- Acetogénesis
- Metanogénesis

En la mayoría de los casos la biomasa se hace de enormes polímeros orgánicos. Para que las bacterias en digestores anaerobios tengan acceso a la energía potencial de este material las cadenas deben ser rotas a partes más pequeñas. Estas partes, llamadas monómeros, como los azúcares ya están preparadas para las demás bacterias. El proceso de rompimiento de estas cadenas y su disolución en moléculas más pequeñas se llama hidrólisis. Por eso la hidrólisis de estas enormes cadenas es el primer paso para la digestión anaerobia. A través de la hidrólisis las complejas moléculas orgánicas se parten a azúcares, aminoácidos y ácidos grasos simples.

El acetato y el hidrógeno producidos en las primeras etapas pueden ser usados directamente por bacterias generadoras de metano. Otras moléculas como ácidos grasos volátiles con una longitud de cadena mayor a la del acetato deben pasar por un proceso de catabolización para ser transformados a compuestos que pueden ser usados por bacterias productoras de metano.

El proceso biológico de acidogénesis resulta de la ruptura de los componentes restantes por bacterias generadoras de ácido (fermentativas). Aquí los ácidos grasos volátiles se crean junto con amoníaco, dióxido de carbono, ácido sulfhídrico y otros subproductos. El proceso de acidogénesis es similar al proceso en el que la leche se vuelve agria.

La tercera etapa de la digestión anaerobia es la acetogénesis. En ésta las moléculas que se crearon por la acidogénesis son digeridos por bacterias productoras de acetatos, para producir en su mayor parte, ácido acético, como dióxido de carbono e hidrógeno. La etapa final de la digestión anaerobia es el proceso biológico de la metanogénesis. Aquí las bacterias productoras de metano usan los productos intermedios de las etapas previas y los convierten en metano, dióxido de carbono y agua. Estos componentes son la mayoría del biogas emitido por el sistema. La metanogénesis es sensible a pHs altos y bajos y ocurre entre pHs de 6.5 y 8. Las materias no digeribles para las bacterias que quedan y cualquier bacteria muerta permanecen como una parte de lo digerido.

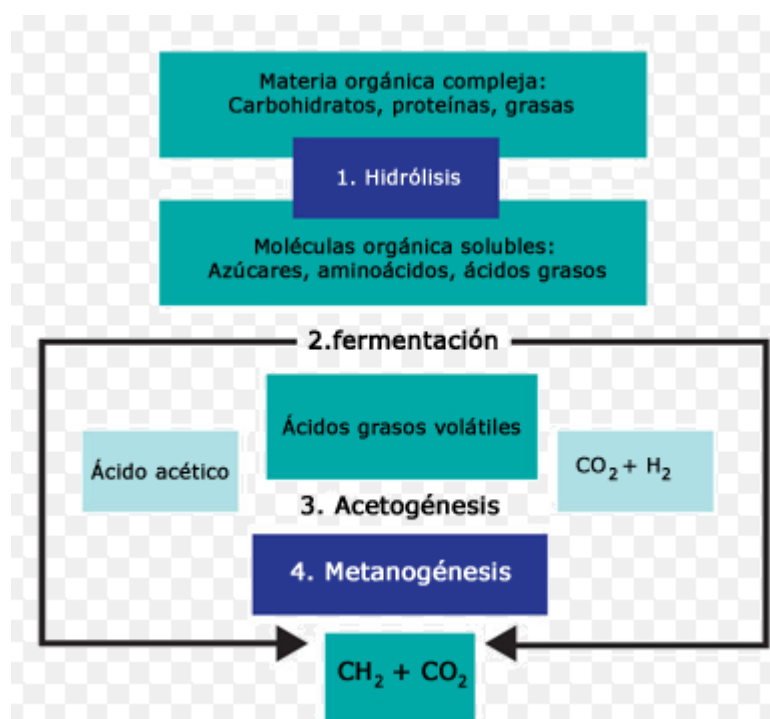


Gráfico 2.1: Procesos de la descomposición anaeróbica

## 2.2 Biodigestores

Un biodigestor es un contenedor hermético que permite la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas y facilita la extracción del gas resultante para su uso como energía. El biodigestor cuenta con una entrada para el material orgánico, un espacio para su descomposición, una salida con válvula de control para el gas (biogás), y una salida para el material ya procesado (bioabono).

### 2.2.1.1 Estructura de un biodigestor

Existen muchas variaciones en el diseño del biodigestor. Algunos elementos que comúnmente se incorporan son:

## GENERACIÓN DE BIOGÁS EN UN ESTABLECIMIENTO AVÍCOLA

- Cámara de fermentación: El espacio donde se almacena la biomasa durante el proceso de descomposición.
- Cámara de almacén de gas: El espacio donde se acumula el biogás antes de ser extraído.
- Pila de carga: La entrada donde se coloca la biomasa.
- Pila de descarga: La salida, sirve para retirar los residuos que están gastados y ya no son útiles para el biogás, pero que se pueden utilizar como abono (bioabono).
- Agitador: Desplaza los residuos que están en el fondo hacia arriba del biodigestor para aprovechar toda la biomasa.
- Tubería de gas: La salida del biogás. Se puede conectar directamente a una estufa o se puede transportar por medio de la misma tubería a su lugar de aprovechamiento.

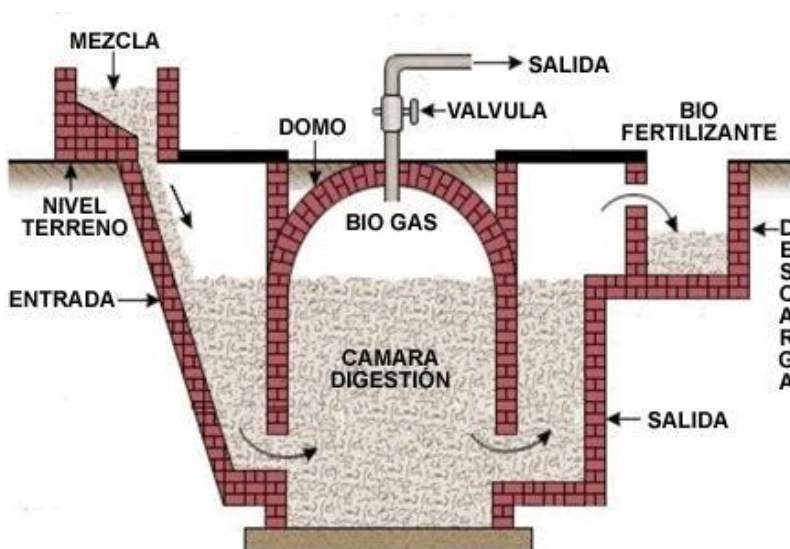


Figura 2.2: Esquema genérico de biodigestor

<http://vidaverde.about.com/od/Energias-renovables/a/Que-Es-Un-Biodigestor.htm>

### 2.2.1.2 Tecnología empleada en la biodigestión anaeróbica

Existen biodigestores muy diversos entre sí, con distintos costos y rendimientos. Hay algunos simples, de bajo costo de instalación pero que cuentan con un rendimiento pobre. A su vez, existen otros de alto rendimiento pero con gran costo inicial. El INTA clasifica a los biodigestores en los siguientes grupos:

|                          |                                            |
|--------------------------|--------------------------------------------|
| 1) Carga del sistema     | A - Sistema batch                          |
|                          | B - Sistema continuo o semicontinuo        |
| 2) Intesidad de mezcla   | A - Mezcla completa                        |
|                          | B - Mezcla parcial o nula                  |
| 3) Manejo del substrato  | A - Contacto anaeróbico                    |
|                          | B - UASB (Upflow anaerobic sludge blanket) |
|                          | C - Lecho fluidizado                       |
|                          | D - Filtro anaeróbico                      |
| 4) Manejo del bioquímico | A - Una etapa                              |
|                          | B - Dos etapas                             |

Tabla 2.1: Clasificación de biodigestores según criterios

### 2.2.1.3 Modelos de digestores más difundidos

Más del 80 % de las plantas de biogás difundidas en el mundo pertenecen a dos tipos de diseño, cuyos nombres derivan de los países en los cuales se realizaron los primeros modelos y posteriormente se les dio una difusión masiva. Estos modelos son el tipo Chino e Hindú.

#### 2.2.1.3.1 Modelo Chino:

Este tipo de digestor fue concebido respetando las condiciones imperantes en su país de origen. Su diseño responde a una maximización del ahorro de material sin entrar en el cálculo de la demanda de la mano de obra.

Su forma se asemeja a una esfera y el gas se almacena dentro de la campana fija a presión variable, la cual se obtiene desplazando el líquido en digestión hacia una cámara llamada de hidropresión.

Estos digestores se cargan en forma semicontinua realizándose una primera carga con material celulósico y estiércol, además del inóculo correspondiente, hasta un 70% de la capacidad luego se sigue cargando como un digestor continuo; a los 120 a 180 días se descarga en forma total y se reinicia el ciclo. Fuera de China generalmente se maneja estos digestores en forma continua.

## Modelo chino

30-60 días de retención

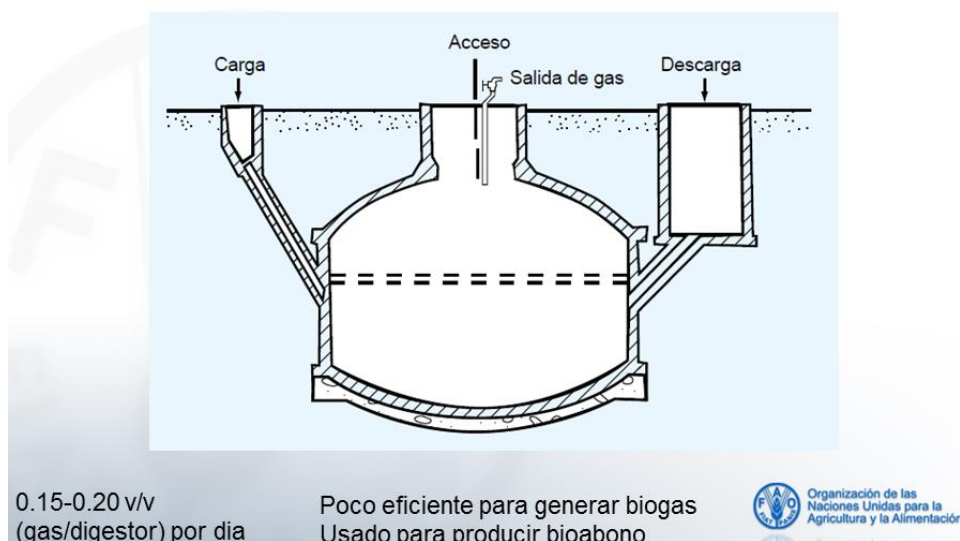


Figura 2.3: Esquema de biodigestor modelo chino.

### 2.2.1.3.2 Modelo Hindú:

Este tipo de digestor del cual han derivado infinidad de variaciones, posee una cámara de digestión de forma cilíndrica sobre la cual flota la campana gasométrica generalmente construida en hierro. La salida del efluente se efectúa por rebalse.

Este digestor funciona en forma continua realizándose por lo general una carga diaria o cada dos o tres días. El vaciado completo sólo se realiza en el caso de requerir alguna reparación o limpieza.

El gas gracias al gasómetro flotante se almacena a presión constante y volumen variable. Esta presión de salida puede ser incrementada con la adición de contrapesos.

Este digestor demanda un mayor gasto de materiales y la campana gasométrica es generalmente lo más caro del equipo. Su funcionamiento es muy sencillo y no presenta serios inconvenientes en el área rural.

## Modelo indiano

15-25 días de retención

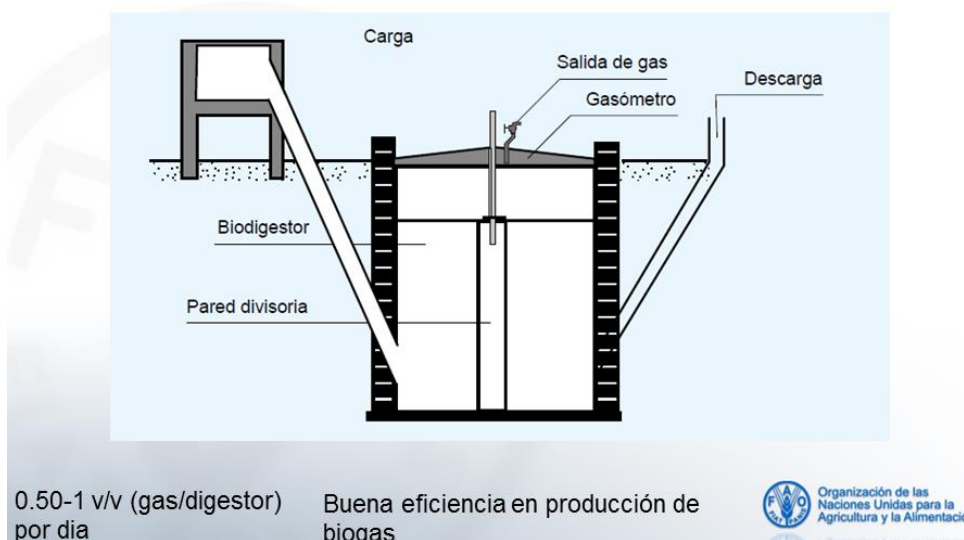


Figura 2.4: Esquema biodigestor modelo hindú.

### 2.3 Biogás

El biogás es un gas que se genera en medios naturales o en dispositivos diseñados para tal fin, como los biodigestores. Este gas es producido por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos y otros factores en ausencia de oxígeno.

La producción de biogás por descomposición anaeróbica es una manera muy útil para tratar residuos biodegradables, ya que produce un combustible de valor (biogás) además de generar un efluente que puede ser utilizado como abono (biól) ideal para utilizar en huertas orgánicas.

El poder calorífico promedio del biogás está entre 4.500 a 5.600 kilocalorías por m<sup>3</sup>. Si bien es menor que el poder calorífico del gas natural que está entre 8.800 a 10.200 kilocalorías por m<sup>3</sup>, su producción es totalmente natural y puede ser generado tanto en instalaciones industriales como domésticas.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>[www.rlc.fao.org/fileadmin/content/events/taller\\_tcp.../Biodigestor.ppt](http://www.rlc.fao.org/fileadmin/content/events/taller_tcp.../Biodigestor.ppt)

## GENERACIÓN DE BIOGÁS EN UN ESTABLECIMIENTO AVÍCOLA

|                            |                                                                                                               |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Composición                | 55 – 70% metano (CH <sub>4</sub> )<br>30 – 45% dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )<br>Trazas de otros gases |
| Contenido energético       | 6.0 – 6.5 kW h m <sup>-3</sup>                                                                                |
| Equivalente de combustible | 0.60 – 0.65 L petróleo/m <sup>3</sup> biogás                                                                  |
| Límite de explosión        | 6 – 12 % de biogás en el aire                                                                                 |
| Temperatura de ignición    | 650 – 750°C (con el contenido de CH <sub>4</sub> mencionado)                                                  |
| Presión crítica            | 74 – 88 atm                                                                                                   |
| Temperatura crítica        | -82.5°C                                                                                                       |
| Densidad normal            | 1.2 kg m <sup>-3</sup>                                                                                        |
| Olor                       | Huevo podrido (el olor del biogás desulfurado es imperceptible)                                               |
| Masa molar                 | 16.043 kg kmol <sup>-1</sup>                                                                                  |

Tabla 2.2: Atributos principales del biogás.

El biogás puede ser empleado como combustible en las cocinas, hornos, estufas, secadores, caldera u otros sistemas de combustión a gas debidamente adaptados para tal efecto. También es usado para iluminación y en grandes instalaciones se puede utilizar para alimentar un generador eléctrico.

| ESPECIE  | PESO VIVO | Kg ESTIERCOL / DÍA | 1Kg S.V.  | % CH <sub>4</sub> |
|----------|-----------|--------------------|-----------|-------------------|
| Porcinos | 50        | 4,5 - 6            | 340 - 550 | 65 - 70           |
| Vacunos  | 400       | 25 - 40            | 90 - 310  | 65                |
| Equinos  | 450       | 12 - 16            | 200 - 300 | 65                |
| Ovinos   | 45        | 2,5                | 90 - 310  | 63                |
| Caprinos | 40        | 1,5                | 110 - 290 | 60                |
| Aves     | 1,5       | 0,06               | 310 - 620 | 0                 |

Tabla 2.3: Generación (potencial) de biogás según especie.

### 2.3.1.1 Beneficios económicos y ambientales de la biodigestión

El biogás posee un gran valor energético y puede transformarse en electricidad y/o calor utilizando unidades de cogeneración. La electricidad producida puede ser consumida directamente en el establecimiento o como en otros países, alimentar la red pública. Al mismo tiempo, el calor generado puede aprovecharse para calentar establos, viviendas, edificios, así como en procesos industriales y también puede utilizarse para regular la temperatura del biodigestor. De esta manera el biogás se transforma en un biocombustible que, generado a partir de los propios desechos orgánicos de un productor agropecuario, permitirá desde un punto de vista sustentable, favorecer el desarrollo de un ambiente más sano minimizando el impacto ambiental que generan los residuos orgánicos, especialmente los estiércoles, por almacenamiento inadecuado y su

## GENERACIÓN DE BIOGÁS EN UN ESTABLECIMIENTO AVÍCOLA

aplicación como abono sin tratamientos previos, reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera, olores, enfermedades, y proliferación de vectores.

Desde un punto de vista económico, el productor puede ahorrar en gastos de tratamiento, almacenaje, transporte de residuos y a su vez, le permitirá disminuir los consumos energéticos pues estará usando su propia energía y de acuerdo a la materia prima disponible, podría alcanzar el total autoabastecimiento energético del establecimiento.

### 3 ANÁLISIS ENERGÉTICO

#### 3.1 Situación actual mercado energético Argentino

Actualmente vivimos en un país que cuenta con un grado de deficiencia energética. Esto se debe a diversos motivos, como por ejemplo, a un acelerado crecimiento económico en pocos años que no vino acompañado de un desarrollo de infraestructura acorde para sostener dicho crecimiento, lo que provocó un gran incremento de la demanda eléctrica.

A continuación describiremos brevemente el Mercado Energético Argentino, comenzando con un análisis del año 2013. Como se puede ver en la siguiente tabla, en el año 2013 se produjeron en Argentina 129.477 GWh de energía eléctrica, de los cuales 64,1% corresponden a fuentes térmicas (ciclos combinados, turbovapores, turbinas a gas y motores Diésel), 31,1% a energía hidroeléctrica, y 4.8% a nuclear, eólica y solar.

| (GWh)                         | Ene          | Feb          | Mar          | Abr         | May          | Jun          | Jul          | Ago          | Sep          | Oct          | Nov          | Dic          | Total         | Part. %       |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Hidro                         | 3391         | 2515         | 2928         | 2814        | 3021         | 2968         | 3710         | 3567         | 4257         | 3690         | 3622         | 3846         | 40330         | 31.1%         |
| Nuclear                       | 579          | 522          | 471          | 385         | 388          | 591          | 590          | 584          | 580          | 379          | 243          | 420          | 5732          | 4.4%          |
| <i>Ciclos Combinados</i>      | 4787         | 4195         | 4438         | 3934        | 4212         | 4397         | 4563         | 4598         | 3387         | 4261         | 4138         | 4751         | 51661         |               |
| <i>Turbovapores</i>           | 1239         | 1173         | 1215         | 1232        | 1275         | 1450         | 1574         | 1565         | 1506         | 1077         | 1228         | 1688         | 16221         |               |
| <i>Turbinas a gas</i>         | 1211         | 1469         | 859          | 1152        | 1421         | 1124         | 913          | 764          | 705          | 836          | 819          | 1605         | 12878         |               |
| <i>Motores Diesel</i>         | 220          | 263          | 139          | 122         | 243          | 126          | 171          | 133          | 137          | 128          | 159          | 351          | 2193          |               |
| Total Térmico Convencional    | 7457         | 7101         | 6651         | 6440        | 7150         | 7096         | 7222         | 7060         | 5735         | 6302         | 6344         | 8396         | 82953         | 64.1%         |
| Eólica + Solar                | 30           | 28           | 32           | 23          | 31           | 36           | 37           | 52           | 40           | 50           | 47           | 55           | 462           | 0.4%          |
| <b>Total Generación Local</b> | <b>11457</b> | <b>10166</b> | <b>10082</b> | <b>9662</b> | <b>10591</b> | <b>10691</b> | <b>11559</b> | <b>11263</b> | <b>10612</b> | <b>10422</b> | <b>10256</b> | <b>12716</b> | <b>129477</b> | <b>100.0%</b> |

Tabla 3.1: Generación de energía en el año 2013 por tipo<sup>2</sup>

Si se quiere entrar más en detalle a las energías renovables, se puede ver en la siguiente tabla como del año 2011 al 2012 hubo un aumento del 72% en la energía generada en GWh por fuentes renovables, mientras que del año 2012 al 2013 hubo una disminución del 8.9%. Esta disminución se explica por la disminución en la energía generada por dos fuentes: el biodiesel, y la energía hidroeléctrica en embalses con potencia instalada menor o igual a 30 MW. Pero también se puede apreciar que la energía generada por biogás viene en aumento.

<sup>2</sup> (CAMMESA)

## GENERACIÓN DE BIOGÁS EN UN ESTABLECIMIENTO AVÍCOLA

### ENERGÍA GENERADA [GWh]

| FUENTE DE ENERGÍA | AÑO 2011      | AÑO 2012      | AÑO 2013      |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| BIODIESEL         | 32.5          | 170.2         | 2.2           |
| BIOMASA           | 97.6          | 127.0         | 133.9         |
| EOLICO            | 16.0          | 348.4         | 447.0         |
| HIDRO <= 30MW     | 876.6         | 1069.2        | 895.8         |
| SOLAR             | 1.76          | 8.1           | 15.0          |
| BIOGAS            | 0.0           | 35.6          | 108.5         |
| <b>Total GWh</b>  | <b>1024.4</b> | <b>1758.5</b> | <b>1602.4</b> |

Tabla 3.2: Energía generada por fuentes renovables en Argentina.

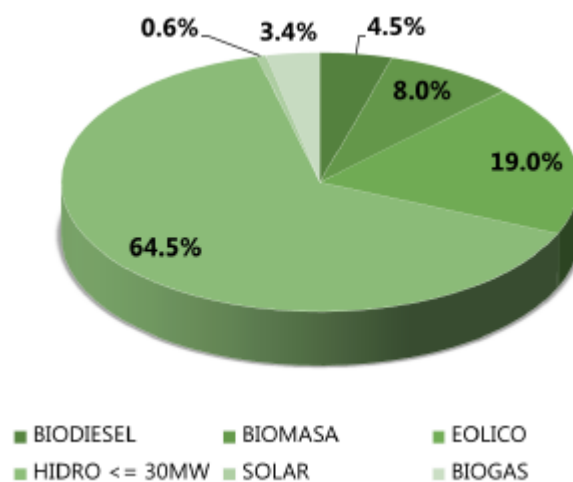


Gráfico 3.1: Energía generada por fuentes renovables año 2013 en Argentina.

En la tabla a continuación se puede observar tanto la demanda de energía del MEM (Mercado Eléctrico Mayorista) como su relación con la oferta de energía generada por fuentes renovables.

### DEMANDA ENERGÍA [GWh]

| FUENTE DE ENERGÍA        | AÑO 2011    | AÑO 2012    | AÑO 2013    |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Demanda MEM              | 116349.4    | 121293.2    | 125166.4    |
| <b>Ren MEM / Dem MEM</b> | <b>0.9%</b> | <b>1.4%</b> | <b>1.3%</b> |

Tabla 3.3. Relación entre oferta de fuentes renovables y demanda energética total.

## GENERACIÓN DE BIOGÁS EN UN ESTABLECIMIENTO AVÍCOLA

Con la Ley 26.190<sup>3</sup>, y su aplicación realizada a través de Programas como GENREN I y II y Permer, el Gobierno ha comenzado a dar grandes incentivos para desarrollar una política de Estado para el sector de las energías renovables.

La primera ley de incentivo a las nuevas fuentes de energía renovables en Argentina fue la 25.019<sup>4</sup>, modificada por la 26.190 (que a su vez se reglamenta a través del Decreto N° 562/09). Esta ley que establece como objetivo lograr hasta 2016 una contribución de las fuentes de energía renovables hasta alcanzar el 8 por ciento del consumo de energía eléctrica nacional.

Evidentemente todavía estamos lejos, pero al menos ese porcentaje viene en aumento.

### 3.1.1.1 El Mercado Eléctrico Mayorista

En el año 1992 se realizó una profunda reorganización eléctrica, cuya intención fue que el capital privado pase a ocuparse de la industria eléctrica, y el Estado Nacional se retire. De esta forma facilitó la competencia, independizando las distintas actividades en los generadores, transportistas, distribuidores, grandes usuarios y comercializadores.

Tanto la distribución como el transporte son actividades reguladas y requieren el otorgamiento de concesiones. Esto es así ya que presentan características monopólicas. De todas maneras, la expansión de la red de transporte es más dependiente de mecanismos del mercado.

Es importante destacar que los actores que están presentes en una etapa de la cadena eléctrica no pueden actuar en otra etapa. Esto tiene por objetivo asegurar que terceros puedan acceder libremente a la red, y esto debe ser garantizado también por los distribuidores si es que tienen capacidad disponible.<sup>5</sup>

### 3.1.1.2 Comercialización de la Energía

“La comercialización de la energía dentro del MEM se efectúa a través de tres formas diferentes:

- **Mercado Spot:** Donde los precios varían en forma horaria de acuerdo a los requisitos y la disponibilidad de equipos que haya en cada momento. El ingreso de máquinas para abastecer la demanda se hace con un orden prioritario de costos, es decir entran en servicio primero las más económicas hasta cubrir la potencia más la reserva y las que no son requeridas quedan sin operar. En este

---

<sup>3</sup> (Ley 26.190, 2007)

<sup>4</sup> (Ley 25.019, 1998)

<sup>5</sup> (CAMMESA)

mercado existe un reconocimiento para la energía en función de los costos de combustible y otro para la potencia que representa los costos fijos.

- **Mercado Estacional:** Se definen dos períodos semestrales en el año, con fechas de comienzo el 1º de mayo y 1º de noviembre relacionados con las épocas de hidraulicidad. En cada período estacional se define un precio estabilizado de la energía, en función de lo que se espera costará durante esos seis meses. Los distribuidores pueden comprar a ese precio y las diferencias que surgen con respecto a los precios reales que se produjeron en el Mercado Spot, se cargan al período siguiente.
- **Mercado a Término:** Se establece entre generador y distribuidor o gran usuario con la firma de un contrato. Se determinan las condiciones de entrega de la energía y de pago, como así también los plazos de vigencia y los resarcimientos de una de las partes por incumplimiento de la otra. Los precios se pactan libremente.”<sup>6</sup>

“El precio marginal horario, ofertado por los productores, es el que les paga a los generadores eléctricos el mercado spot y su precio previsto promedio es el precio base a partir del cual se calcula el precio de venta a los distribuidores por sus compras en el mercado spot. Los distribuidores pagan un precio diferencial dependiendo de su localización en el sistema, que refleja la contribución a las pérdidas en la red de transporte.

Distribuidores y generadores eléctricos pagan a los transportistas un cargo fijo por conexión y capacidad de la red de transporte y participan de las transacciones de potencia reactiva.

Como el precio pagado por los distribuidores se fija independientemente de la retribución real de los generadores y transportistas, se ha creado un fondo de estabilización para atender los desfases financieros.”<sup>7</sup>

Para este trabajo nos vamos a focalizar en la venta de energía al Mercado Eléctrico mediante contratos a término.

### 3.1.1.3 Mercado de usuarios finales

“El mercado de los usuarios finales también es segmentado en un tramo regulado y otro abierto a la competencia. En el segmento regulado se garantiza el monopolio al distribuidor que ostenta la concesión, imponiéndosele la obligación de satisfacer toda la demanda que le sea requerida dentro de los términos de su contrato de concesión.

---

<sup>6</sup> (Secretaría de Energía)

<sup>7</sup> (CAMMESA)

## GENERACIÓN DE BIOGÁS EN UN ESTABLECIMIENTO AVÍCOLA

Los contratos de concesión deben especificar las obligaciones de los concesionarios en cuanto a la calidad técnica y comercial del servicio. La obligación asumida por la empresa no está sujeta a la disponibilidad de energía en el MEM, y el Estado Nacional no asume ningún compromiso para solucionar eventuales déficit futuros de producción.”<sup>8</sup>

### 3.1.1.4 ENRE

“La supervisión y regulación general de la industria eléctrica está en manos del Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE), creado por ley en el ámbito de la SE como ente autárquico.

Entre sus principales funciones se destaca:

1. Controlar el cumplimiento de los contratos de concesión
2. Prevenir conductas anticompetitivas, monopólicas o discriminatorias.
3. Participar en el proceso de selección de los concesionarios.
4. Organizar y aplicar el régimen de audiencias públicas para esclarecer los conflictos entre las partes
5. Velar por la protección del medio ambiente y la seguridad pública en las actividades del sector.”<sup>9</sup>

### 3.1.1.5 CAMMESA

CAMMESA es la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima.

Sus funciones incluyen:

- Coordinar la operación centralizada del Sistema Interconectado Nacional para garantizar seguridad y calidad.
- Ejecutar el despacho económico para aportar economía y racionalidad en la administración del recurso energético.
- Administrar el Mercado Eléctrico Mayorista (supervisar el funcionamiento del mercado a término, planificar las necesidades de potencia y optimizar su aplicación) asegurando transparencia por medio de la participación de todos los agentes involucrados y el respeto a las reglamentaciones respectivas.

Todo esto apunta a que los precios en el mercado spot se determinen en base al costo marginal de producción y transporte del sistema, y a que al mismo tiempo se maximice la calidad y seguridad de los suministros.

Aunque tiene un propósito público, es una empresa de gestión privada. El 80% de sus acciones está en poder de los Agentes del Mercado Eléctrico Mayorista, y el restante

---

<sup>8</sup> (CAMMESA)

<sup>9</sup> (CAMMESA)

20% del ministerio público, el cual representa el interés general de la población. El 80% mencionado está conformado por los (1) Agentes Generadores, (2) Transportistas, (3) Distribuidores y (4) Grandes Usuarios, divididos en partes aproximadamente iguales.<sup>10</sup>

### **3.1.1.5.1 Generadores**

“Su costo de generación está dado por el costo de operación más el costo de transporte desde su nodo de conexión hasta el mercado. Cuanto más alejado del centro de carga y cuanto menos confiable es el vínculo de transporte, más cara se vuelve la energía exportada desde ese nodo.

El generador también recibe una remuneración por la potencia puesta a disposición del sistema, ya sea operable o reserva fría. Esta remuneración tiene un componente variable que aumenta cuando mayor es el riesgo que la demanda no sea abastecida dentro del sistema. Para garantizar la tolerabilidad técnica del sistema se remuneran también servicios adicionales como la regulación de frecuencia y el control de la tensión.

Aquellos Generadores que no poseen ningún contrato, venden toda su producción al Mercado Spot recibiendo por la misma los precios que rijan en el mismo hora a hora. Cuando un Generador posee contratos de abastecimiento con un Distribuidor o con un Gran Usuario Mayor, cobra en cada hora por su producción como se describe: Hasta el nivel de su contrato su generación será considerada en el Mercado a Término.

Cuando su nivel de generación está sobre o bajo los valores del contrato, las diferencias se comercializan en el Mercado Spot como excedentes o faltantes de contrato a los valores vigentes en dicha hora en ese Mercado.”<sup>11</sup>

### **3.1.1.5.2 Transportistas**

Los Transportistas vinculan eléctricamente todos los nodos del SADI (Sistema Argentino de Interconexión).

Se define como Función Técnica de Transporte (FTT) al servicio de vinculación que cumplen las instalaciones eléctricas que forma parte del SADI o las que están conectadas a éstas o con instalaciones conectadas a estas últimas, en cuanto a que comunican físicamente a compradores con vendedores entre sí y con el Mercado Eléctrico Mayorista.

A pesar de que se define a los Transportistas como los que relacionan eléctricamente a la demanda con la oferta (la generación), la Función Técnica de Transporte no es llevada a cabo únicamente por los Transportistas, sino que cualquier Agente del Mercado Eléctrico Mayorista puede cumplir Función Técnica de Transporte.

---

<sup>10</sup> (CAMMESA)

<sup>11</sup> (CAMMESA)

Todas las instalaciones que cumplen la Función Técnica de Transporte están alcanzadas por el Principio de Libre Acceso. Éste permite que cualquier Agente del MEM que esté conectado directa o indirectamente al Sistema Argentino de Interconexión pueda comprar su energía eléctrica a cualquiera que la venda en el Mercado Eléctrico Mayorista. Esto es de fundamental importancia dado que el modelo que se ha implantado en el país, es un modelo basado en la competencia, en la apertura de la economía y en la privatización de todos los sectores del negocio eléctrico. Los diferentes actores del mercado deben competir entre ellos en cada uno de los distintos sectores del negocio.<sup>12</sup>

### **3.1.1.5.3 Distribuidores**

Existen contratos de concesión que otorga el Estado Nacional a los distribuidores que son reconocidos como agentes del MEM. En estos contratos, la obligación de suministrar (a riesgo de ser severamente penalizado) le impone al distribuidor la necesidad de garantizar niveles de suministro adecuados para atender su demanda.

En el mercado, esa garantía puede obtenerse a través de contratos a término en condiciones de cantidad y precios libremente pactados con los generadores. Aquella porción de la demanda de los distribuidores que no está sujeta a relaciones contractuales en el Mercado a Término, se canaliza a través de un Precio Estacional estabilizado cada tres meses. Los contratos a término, a su vez, añaden mayor estabilidad a las actividades futuras de los generadores, brindando estímulos para la expansión de la capacidad de generación y transporte.<sup>13</sup>

### **3.1.1.5.4 Grandes usuarios**

“Los consumidores de energía eléctrica pueden comprar para abastecer su suministro de dos formas:

- 1) a través del distribuidor de su área (forma tradicional)
- 2) directamente a un Generador o Comercializador reconocido.

De optar por la segunda alternativa el usuario debe cumplir con las condiciones requeridas para ingresar al MEM como Agente del mismo.”<sup>14</sup> De todas maneras estas características no son relevantes para el estudio realizado.

---

<sup>12</sup> (CAMMESA)

<sup>13</sup> (CAMMESA)

<sup>14</sup> (CAMMESA)

## 3.2 Programa "GENREN"

### 3.2.1.1 Licitación de generación eléctrica a partir de fuentes renovables

El programa GENREN, el cual se implementa a través de ENARSA, tiene como objetivo el desarrollo de generación eléctrica a partir de fuentes renovables, mediante la incentivación de inversiones en ese rubro.

ENARSA licita la compra de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables por 1.000 MW, compuestos por 500 megavatios eólicos, 150 megavatios térmicos a partir del uso de biocombustibles, 120 megavatios a partir del uso de residuos urbanos, 100 megavatios de biomasa, 60 megavatios de pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, 30 megavatios de geotermia, 20 megavatios de origen solar y 20 megavatios a partir de biogás.

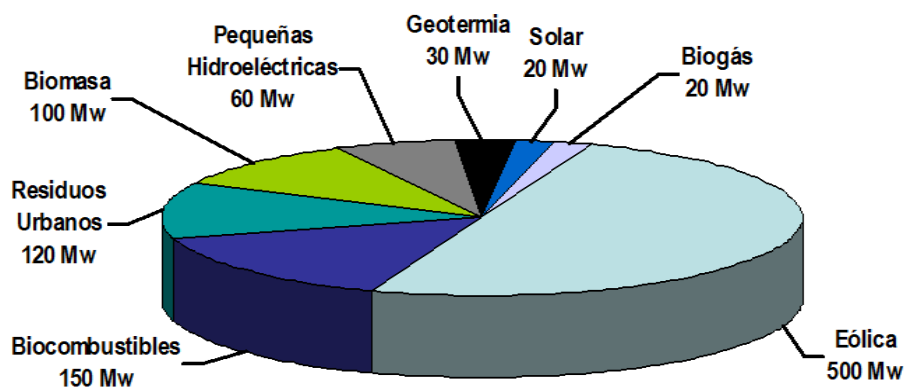


Gráfico 3.2: Potencia a licitar según Programa GENREN.

Esta energía generada se entrega por ENARSA al Mercado Eléctrico Argentino a través de contratos de compra de energía por un plazo de 15 años.<sup>15</sup>

## 3.3 Análisis energético básico de la empresa

### 3.3.1.1 Consumo eléctrico

La empresa estudiada tiene dos puntos de consumo de energía:

- naves avícolas: consume aproximadamente 90 KW (aproximadamente 65 MWh por mes), y el costo es de \$37800/mes, lo cual arroja un valor de 581 \$/MW en pesos argentinos, y tomando una cotización aproximada del dólar a 8 \$/USD<sup>16</sup>, un valor de aproximadamente 73 dólares estadounidenses por megavatio hora.

<sup>15</sup> (Ministerio de Planificación Federal, 2009)

<sup>16</sup> Al 1ro de Mayo del 2014

- aceitera: consume energía eléctrica para abastecer los motores de la fábrica, los cuales trabajando al 100% estarían moliendo 15 mil toneladas de soja por mes, lo cual consume 1 MW (720 MWh por mes), y su costo es de aproximadamente:

$$\frac{156243 \$}{4300 \text{ Tonsoja}} \times 15000 \text{ Tonsoja} = 545033 \$^{17}$$

Por ende, el costo de MWh termina siendo de 756 pesos argentinos, lo cual al día de la fecha es equivalente a 94 dólares estadounidenses.

### 3.3.1.2 Compra de energía eléctrica

Actualmente la empresa le compra la energía eléctrica a dos cooperativas que están en la zona.

La primera se encuentra aproximadamente a 20 km, y es la Cooperativa Eléctrica Limitada Pergamino (CELP).

La segunda se encuentra a 6 km y es la Cooperativa de Obras, Servicios Públicos y Otros Servicios de Manuel Ocampo Limitada.

### 3.3.1.3 Venta de energía

Para tener una estimación del precio al que se podría vender la energía eléctrica, tendremos en cuenta los valores que ENARSA le adjudicó al Proyecto “Central Buen Ayre”, el cual es un proyecto de generación de energía eléctrica a partir de la utilización de biogás de relleno sanitario como combustible, y además información de profesionales de la industria consultados. Como ya fue mencionado antes, estos contratos son a término, y el precio al que se vende la energía se establece en un valor fijo en dólares.

En este caso, la tarifa fijada fue de 124 U\$/MWh<sup>18</sup>. De todas maneras, según información de profesionales del mercado, lo que se está pagando actualmente es 105 USD/MWh, lo que a priori nos daría un margen menor al que se podría haber obtenido si se consiguiera un contrato con el primer valor mencionado.

Es importante aclarar que no se puede vender energía a 105 dólares mientras que la compramos a un valor menor. Por lo que sólo se podría llegar a vender el excedente de energía, después de usarla para el auto suministro.

---

<sup>17</sup> La última factura corresponde a un mes de producción muy interrumpida y a baja potencia, por eso se hace este ajuste

<sup>18</sup> (Ponte, 2012)

## GENERACIÓN DE BIOGÁS EN UN ESTABLECIMIENTO AVÍCOLA

De todas maneras éste no es el precio de venta final, ya que siempre que se vende energía al sistema eléctrico, se tiene que pagar una tasa al intermediario, la cual es del 4%.

Por último, lo que faltaría sería conectar el biodigestor al sistema eléctrico para poder vender la energía al SIN. Para esto se cuenta con un medidor electrónico trifásico bidireccional para medir tanto la energía entrante como la saliente. Su costo es de 300 dólares, lo cual resulta ser prácticamente despreciable frente al costo de adquisición del biodigestor.

## 4 INSTALACIÓN BIODIGESTOR

Los equipos y los métodos de producción de biogás varían en función del proveedor de tecnología que se contrate. Estas empresas ofrecen diversas soluciones para la instalación de los sistemas de biodigestión. Siempre que el sistema a implementar cumpla con las exigencias de eficiencia y de potencia generada, se pueden aceptar variaciones en materiales, equipos, etc.

A continuación, se listan los elementos principales que requiere el sistema de generación de energía. Partiendo de una experiencia similar en la instalación de un biodigestor, adaptamos los equipos e instalaciones para las dimensiones de este proyecto:

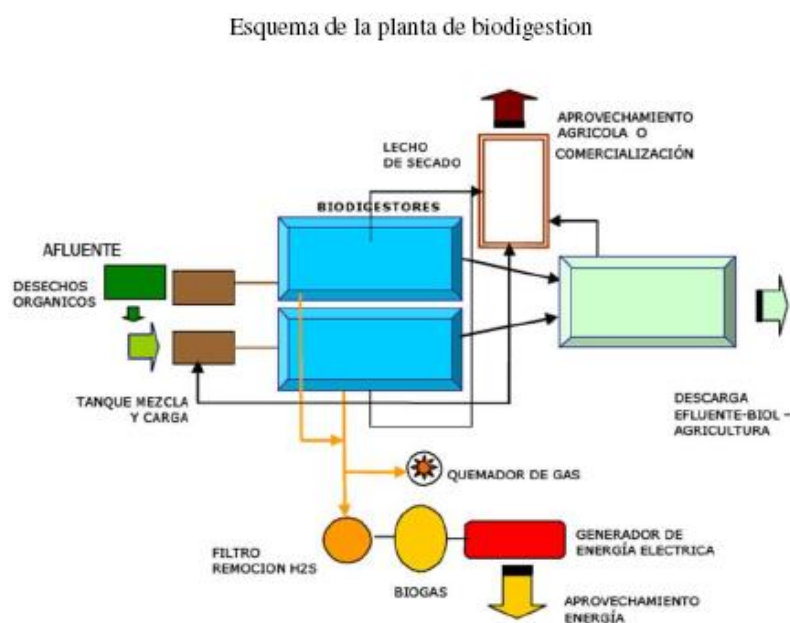


Imagen 4.1: Esquema de biodigestor a instalar.

El esquema representa cómo es el proceso de producción de energía en un sistema de biodigestión. Para un funcionamiento sin complicaciones se requiere de una extensión de terreno libre de alrededor de 2 hectáreas. En el proceso se identifican los siguientes equipos:

### 4.1.1.1 Colector de guano de ponedoras

El guano, el cual actualmente cae desde las naves al piso, debe ser recolectado y llevado al tanque de alimentación. Esto podría realizarse fácilmente si un operario recolecta el material acumulado durante unos días en el piso y lo transporta. Sin embargo, exponer

el guano al aire por mucho tiempo modificaría sus propiedades, tales como humedad y % de carbono.

Es por esto que el colector de guano debe ser un sistema de canaletas y cintas transportadoras de manera tal de recolectar las excretas de las aves todas las naves. El diseño y funcionamiento varía según la nave donde se aplique. Algunas características no pueden variar, como por ejemplo el hecho de que el guano debe llevarse sin demoras al tanque de mezcla para no perder humedad. Tampoco puede ser de cualquier material, deberán utilizarse materiales plásticos que resistan la corrosión del guano.

### **4.1.1.2 Tanque de mezcla y alimentación**

Los tanques de mezcla reciben todos los inputs para el proceso. Reciben el guano de las naves proveniente del colector y también se añade en esta etapa el agua y la materia verde que sea necesaria para balancear el proceso. También se realiza el mezclado para que el material que ingrese al biodigestor sea lo más homogéneo posible. Este mezclado puede ser manual o automatizado. La construcción del tanque de mezcla puede ser mediante hormigón armado, con un volumen determinado por los ciclos de carga planeados. Este tanque se conecta al biodigestor mediante tuberías, las cuales permiten el pasaje de material gracias a una válvula.

### **4.1.1.3 Biodigestores**

El tanque biodigestor es donde se producen los procesos químicos de descomposición de la materia en biogás y en el abono restante (también llamado bio abono). Este tanque puede ser una excavación en la tierra o una construcción sobre nivel (como una batería de hidrocarburos). Más allá del sistema a elegir es probable que se utilice una construcción de hormigón armado y recubierto internamente con membrana, sea EPDM o algún otro polímero resistente a las reacciones químicas que se producen dentro.

El tanque, ya sea uno o varios, debe constar con ciertos equipamientos. Para mantener el sistema homogéneo y para poder mezclar las cargas que ingresan con la carga del tanque, se necesitan agitadores. Estos son mezcladores, compuestos por aspas de hierro galvanizado (deberán cambiarse debido a la corrosión), accionadas mediante un motor eléctrico ubicado fuera del tanque. Por otro lado, en caso de que la temperatura ambiente aleje del óptimo al proceso (que se produce entre 25°C y 35°C), es necesaria la instalación de un sistema de calefacción. A priori, no resulta necesario en la Argentina, salvo que se realice un proyecto así en la Patagonia. También puede ser necesaria la instalación de bombas de lodo, para sacar el lecho que se pueda formar en el fondo del biodigestor y llevarlo al lecho de secado, esto se determina según la composición del guano a ingresar, por ejemplo, si tiene mucha arenilla. Prevemos la instalación de 4 bombas de extracción de lodos. Finalmente, el digestor requiere de instalaciones varias, tales como válvulas de seguridad, mangueras conectadas en el techo para la extracción del biogás y tuberías para la descarga hacia el lecho de secado de lodos.

### **4.1.1.4 Tanque de descarga**

Este tanque recibe las descargas del biodigestor, permitiendo que entren en este último más materia nueva con capacidad de descomposición y liberación de gas. El volumen de este tanque queda determinado según los ciclos del proceso que se elijan, principalmente, cada cuanto se vacía el tanque de descarga.

Este material es el llamado bioabono, puede utilizarse como fertilizante orgánico de excelentes propiedades. Los líquidos pueden utilizarse para recircularlos al biodigestor y reducir el consumo de agua. Los lodos que decantan al fondo también deben ser extraídos con bombas y llevados al lecho de secado. El tanque no está sometido a grandes cargas, por lo que puede construirse sólo con membranas y algún refuerzo exterior, no necesita ser cubierto pero es aconsejable para evitar ingreso de agua al digestor en caso de lluvias.

### **4.1.1.5 Lecho de secado de lodos**

El bioabono resultante es muy buen fertilizante y se puede comercializar, o darle un uso propio. Cualquiera sea su destino, será necesario transportarlo. Dado que es un 90% agua, los costos de transporte serían muy elevados si no se secase primero. El lecho de secado de lodos permite la deshidratación y la carga para transporte. La construcción no tiene grandes requerimientos, puede utilizarse hormigón y una membrana para evitar filtraciones. Se completa con un sistema de filtración de lixiviados para eliminar los líquidos. Se estima que un 10% del peso procesado en el biodigestor se transforma en bioabono seco.

### **4.1.1.6 Sistema de purificación de biogás y almacenamiento**

El biogás producido puede contener hasta un 1% de sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ). Este gas es corrosivo dentro de los equipos mecánicos y principalmente dentro del generador de energía eléctrica. También es causante de malos olores. Para mitigar esto, se instala a la salida del biodigestor un filtro de  $H_2S$ , puede construirse mediante fibra de vidrio o PVC.

El biodigestor produce gas constantemente. Es aconsejable su almacenamiento para afrontar variaciones en la demanda (sobreconsumo o si no se puede utilizar todo lo producido) e incluso en la producción (si se está realizando mantenimiento, por ejemplo). El tanque se dimensiona en función de la tasa de consumo del generador y de la tasa de producción de biogás. La construcción puede ser de cualquier material que resista la presión, junto con una membrana que evite pérdidas.

### **4.1.1.7 Quemadores**

Como la producción es constante, en caso de no poder utilizar o almacenar el biogás debe expulsarse del sistema, liberando metano ( $CH_4$ ) a la atmósfera. Con un muy bajo costo, se puede instalar un quemador (antes del filtro de  $H_2S$ ) para liberar de esta forma los productos de la combustión (dióxido de carbono -  $CO_2$ ). De esta manera, se eliminan

los riesgos de tener una salida de gas en la planta y se reduce el impacto ambiental (el efecto del CH<sub>4</sub> en el calentamiento global es 25 veces mayor que el del CO<sub>2</sub>).

### **4.1.1.8 Generador de energía eléctrica**

El generador es un equipo especialmente diseñado para la utilización de biogás, es decir, gases pobres en metano. Es uno de los principales costos a afrontar y se debe procurar que la eficiencia y el mantenimiento sean los mejores posibles ya que determina gran parte de los resultados del sistema. En un principio, el sistema está diseñado para una producción ideal de 2MW de potencia.

## **4.2 Plan de inversiones**

Se detallan a continuación cuales son las inversiones necesarias para iniciar el proyecto. Se parte del estimado de 2 MM USD por cada 1 MW de potencia generado para proyectos de generación de energía a partir de biogás. A partir de este estimado descompone el presupuesto en sus factores principales.

### **4.2.1 Inversiones en activo fijo**

Como toda obra civil, se observa que la mayoría es debido a las instalaciones a construir y los equipos a comprar. El plazo normal de una obra de esta envergadura es de 6 meses, contando con una dotación de unas 10 a 20 personas.

Se lista a continuación los componentes principales para el costo de construcción e instalación de los equipos:

## GENERACIÓN DE BIOGÁS EN UN ESTABLECIMIENTO AVÍCOLA

| Detalle de costos estimados para la instalación de sistemas de biogás de 2MW                |        |          |                       |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|-----------------------|-----------------|
| Concepto                                                                                    | Unidad | Cantidad | Costo unitario (Us\$) | Costo (Us\$)    |
| <i>Mano de obra e instalaciones</i>                                                         |        |          |                       |                 |
| Instalación de colectores de guano en nave                                                  | u      | 8        | \$ 45,000.00          | \$ 360,000.00   |
| Construcción tanque de alimentación                                                         | u      | 1        | \$ 70,000.00          | \$ 70,000.00    |
| Construcción biodigestor                                                                    | u      | 1        | \$ 750,000.00         | \$ 750,000.00   |
| Construcción tanque de descarga                                                             | u      | 1        | \$ 70,000.00          | \$ 70,000.00    |
| Construcción lecho de secado de lodos                                                       | u      | 1        | \$ 100,000.00         | \$ 100,000.00   |
| Construcción tanque de almacenamiento de biogás                                             | u      | 1        | \$ 200,000.00         | \$ 200,000.00   |
| Instalación cañerías                                                                        | m      | 100      | \$ 100.00             | \$ 10,000.00    |
| <i>Maquinar y bienes a adquirir</i>                                                         |        |          |                       |                 |
| Equipos para colectores de guano                                                            | u      | 8        | \$ 50,000.00          | \$ 400,000.00   |
| Mezcladore/Agitadores                                                                       | u      | 5        | \$ 15,000.00          | \$ 75,000.00    |
| Válvula de seguridad                                                                        | u      | 4        | \$ 5,000.00           | \$ 20,000.00    |
| Filtro H <sub>2</sub> S                                                                     | u      | 2        | \$ 13,750.00          | \$ 27,500.00    |
| Quemador de gas                                                                             | u      | 1        | \$ 7,500.00           | \$ 7,500.00     |
| Bombas de succión (para lodos)                                                              | u      | 6        | \$ 15,000.00          | \$ 90,000.00    |
| bombas de succión (lixiviados)                                                              | u      | 2        | \$ 7,500.00           | \$ 15,000.00    |
| Materiales varios (cañerías, accesorios y válvulas)                                         | total  | 1        | \$ 100,000.00         | \$ 100,000.00   |
| Generador eléctrico 2MWh                                                                    | u      | 1        | \$ 2,500,000.00       | \$ 2,500,000.00 |
| <i>Subtotal</i>                                                                             |        |          |                       |                 |
|                                                                                             |        |          |                       | \$ 4,795,000.00 |
| Conexión generador                                                                          | total  | 1        | 10000                 | \$ 10,000.00    |
| Otros                                                                                       |        |          |                       |                 |
| (Transporte, capacitación, diseño, supervisión, contingencias, etc). Aprox 10% de subtotal. | %      | 10       |                       | \$ 490,000.00   |
| <i>Total</i>                                                                                |        |          |                       |                 |
|                                                                                             |        |          |                       | \$ 5,295,000.00 |

Tabla 4.1: Composición de costes de instalación (valores estimados, en pesos argentinos).

El presupuesto anterior contempla las obras necesarias para la construcción de un sistema de generación de energía. A esto debe agregarse las obras varias que son necesarias para conectar el generador a los centros de consumo de energía de la empresa, así como también la conexión al punto de subida del SIN.

Estas obras comprenden, principalmente, cableados y transporte de energía, desde la avícola hasta la fábrica de aceite de soja y desde la avícola hasta el punto de subida. Se requiere un medidor electrónico trifásico bidireccional para medir tanto la energía entrante como la saliente. Su costo total estimado es de 10.000 USD.

### 4.2.1.1 Mano de obra

El funcionamiento del biodigestor está automatizado. Estos sistemas pueden funcionar sin mano de obra, ya que sólo es necesaria su participación en tareas puntuales día por medio. Sin embargo, es necesario contar con conocimiento en el tema, para evitar pérdidas en el rendimiento de la producción de energía.

Las tareas se pueden cumplir con tiempo ocioso de algún operario, no es necesaria la contratación de personal adicional, ya que cualquier establecimiento avícola cuenta con

## GENERACIÓN DE BIOGÁS EN UN ESTABLECIMIENTO AVÍCOLA

personal contratado. Por este motivo es que no se imputarán costos de mano de obra directa al proyecto.

## 5 ANÁLISIS ECONÓMICO

### 5.1 Consideraciones

#### 5.1.1.1 Costo de lo vendido

Este costo de lo vendido está comprendido por el costo de la materia verde, el cual es de 50 USD/ton. Este precio incluye campo más siembra.

#### 5.1.1.2 Gastos administrativos y de comercialización

No se consideran, ya que como se mencionó anteriormente se está realizando un análisis diferencial, y al no tener que contratar empleados extras ni incurrir en algún otro gasto, son nulos.

#### 5.1.1.3 IVA

El IVA se liquida mensualmente y el valor del mismo sale de una diferencia entre el crédito y débito. La alícuota correspondiente al rubro eléctrico es del 27%.

#### 5.1.1.4 Tasa de cambio

Dado que las inversiones a realizar tienen costos atados a moneda extranjera (dólares estadounidenses) debió proyectarse la tasa de cambio para los años futuros:

| 2014 | 2015 | 2016  | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  | 2021  | 2022  | 2023  | 2024  | 2025  |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 8.03 | 9.63 | 10.99 | 11.86 | 12.58 | 13.21 | 13.86 | 14.56 | 15.28 | 16.05 | 16.85 | 17.70 |

Tabla 5.1: Evolución de la tasa de cambio utilizada (peso - dólar).

#### 5.1.1.5 Gastos financieros

Utilizamos el crédito otorgado por Banco Nación para el Sector Agropecuario<sup>19</sup>, a una TNA de 17,5% y TEA de 18,97%. El porcentaje a financiar de la inversión en el biodigestor es del 60%.

#### 5.1.1.6 Tasa de descuento

El análisis del costo de capital tiene como fin determinar si la inversión que se propone tiene mayor rendimiento de lo que se podría obtener invirtiendo la misma suma de dinero en el sistema financiero, lo que al fin y al cabo significa analizar el costo oportunidad que genera usar ese capital en la inversión.

La tasa de descuento que se emplea en el proyecto es el WACC (Weighted Average Cost of Capital). El mismo se obtiene mediante la siguiente fórmula:

---

<sup>19</sup> (Crédito sector agropecuario)

$$WACC = \frac{E}{D + E} (r_e) + \frac{D}{D + E} (r_d)(1 - t)$$

Where:  
 E = market value of equity  
 D = market value of debt  
 $r_e$  = cost of equity  
 $r_d$  = cost of debt  
 t = corporate tax rate

(5.1)

Fórmula 5.1: Cálculo del WACC

Se obtienen los siguientes valores para cada año:

|         | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ke acum | 1.19 | 1.41 | 1.67 | 1.97 | 2.33 | 2.75 | 3.24 | 3.82 | 4.50 | 5.30 | 6.24 |

Tabla 5.2: Costo del capital por año.

#### 5.1.1.7 Costo del capital propio

La metodología elegida para obtener el costo del capital fue la del modelo CAPM (o Capital Asset Pricing Model). Este método consiste en calcular el costo que tiene el capital que se invierte como el rendimiento de una inversión de similar riesgo en el mercado. Se usa la siguiente fórmula:

$$r_e = r_f + \beta(r_m - r_f)$$

where

$r_e$  = Required Return on Equity  
 $r_f$  = Risk-free Rate  
 $r_m$  = Market Return  
 $\beta$  = Stock Beta  
 $(r_m - r_f)$  = Equity Risk Premium

(5.2)

Fórmula 5.3: Cálculo del costo del capital propio.

Adicionalmente a la fórmula mostrada debe adicionarse un riesgo asociado al país, en este caso Argentina.

##### 5.1.1.7.1 Risk-Free Rate

Se tomó la tasa de los bonos del tesoro de los EE.UU. a 10 años como la tasa libre de riesgo, por ser los Estados Unidos la economía más representativa del mundo, asumiendo que el riesgo que entre en default es nulo. El rendimiento de esta tasa se calcula como el promedio aritmético de los años 2002 a 2012..

El resultado obtenido fue una tasa del 2.66% (para el período 2002-2012).

### **5.1.1.7.2 MarketReturn**

Para considerar el retorno del mercado, se consideró el índice S&P 500, identificado como uno de los índices bursátiles más confiables de estados unidos.

También se utilizó como dato el promedio de los últimos 10 años alcanzando un valor de 6.04 %.

### **5.1.1.7.3 Riesgo País**

Como la empresa tiene actividad en el mercado local, es necesario sumar el riesgo país de la Argentina a la tasa libre de riesgo de Estados Unidos, para así obtener la tasa libre de riesgo en la Argentina. El riesgo país utilizado en el proyecto fue de 690.

### **5.1.1.7.4 Beta**

Para calcular el Beta apalancado primero se tuvo que desapalancar el Beta obtenido desde la fuente de información. Esto se realiza dado que se cuentan con distintas estructuras financiera y distinto impuesto a las ganancias.

Se tomaron los valores del rubro “Environmental&WasteServices” dado que es el que más se aproxima a la industria en estudio. El beta desapalancado es de 0.8.

Una vez desapalancado se volvió a apalancar el Beta según la estructura financiera de la empresa y se obtuvo un valor de 0.97.

## 5.2 Estados financieros

### 5.2.1 Cuadro de resultados - biodigestor 2 MW

| Cuentas                    | 2015              | 2016              | 2017              | 2018              | 2019              | 2020            | 2021           | 2022             | 2023             | 2024             | 2025             |
|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Ventas                     | 6,037,662         | 6,892,707         | 7,433,654         | 7,887,351         | 8,279,973         | 8,690,046       | 9,126,293      | 9,579,990        | 10,059,862       | 10,565,909       | 11,098,131       |
| Costo de lo vendido        | -843,626          | -963,099          | -1,038,684        | -1,102,078        | -1,156,938        | -1,214,236      | -1,275,192     | -1,338,586       | -1,405,637       | -1,476,345       | -1,550,711       |
| Intereses                  | -6,321,989        | -5,619,546        | -4,917,102        | -4,214,659        | -3,512,216        | -2,809,773      | -2,107,330     | -1,404,886       | -702,443         | 0                | 0                |
| Amortizaciones             | -5,099,314        | -5,099,314        | -5,099,314        | -5,099,314        | -5,099,314        | -5,099,314      | -5,099,314     | -5,099,314       | -5,099,314       | -5,099,314       | -5,099,314       |
| <b>Utilidad antes IG</b>   | <b>-6,227,267</b> | <b>-4,789,252</b> | <b>-3,621,447</b> | <b>-2,528,701</b> | <b>-1,488,495</b> | <b>-433,278</b> | <b>644,457</b> | <b>1,737,204</b> | <b>2,852,468</b> | <b>3,990,249</b> | <b>4,448,105</b> |
| IG                         | 2,179,543         | 1,676,238         | 1,267,507         | 885,045           | 520,973           | 151,647         | -225,560       | -608,021         | -998,364         | -1,396,587       | -1,556,837       |
| <b>Utilidad después IG</b> | <b>-4,047,724</b> | <b>-3,113,014</b> | <b>-2,353,941</b> | <b>-1,643,656</b> | <b>-967,522</b>   | <b>-281,631</b> | <b>418,897</b> | <b>1,129,182</b> | <b>1,854,104</b> | <b>2,593,662</b> | <b>2,891,268</b> |

Tabla 5.3: Cuadro de resultados del proyecto (expresado en pesos).

## GENERACIÓN DE BIOGÁS EN UN ESTABLECIMIENTO AVÍCOLA

### 5.2.2 Fuentes y usos sin bache - biodigestor 2 MW

| Fuentes                     | 2015              | 2016              | 2017              | 2018              | 2019              | 2020              | 2021              | 2022              | 2023              | 2024              | 2025              |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Aportes de capital          | 24,680,682        |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Ahorro interno de energia   | 7,592,634         | 8,667,891         | 9,348,156         | 9,918,701         | 10,412,441        | 10,928,126        | 11,476,727        | 12,047,271        | 12,650,732        | 13,287,109        | 13,956,402        |
| Ventas                      | 6,037,662         | 6,892,707         | 7,433,654         | 7,887,351         | 8,279,973         | 8,690,046         | 9,126,293         | 9,579,990         | 10,059,862        | 10,565,909        | 11,098,131        |
| Créditos no renovables      | 37,021,023        |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| IVA positivo                | 0                 | 3,021,257         | 3,498,497         | 1,836,244         | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 |
| <b>Total Fuentes</b>        | <b>75,332,000</b> | <b>18,581,855</b> | <b>20,280,306</b> | <b>19,642,295</b> | <b>18,692,414</b> | <b>19,618,171</b> | <b>20,603,019</b> | <b>21,627,261</b> | <b>22,710,594</b> | <b>23,853,018</b> | <b>25,054,532</b> |
| Usos                        | 2015              | 2016              | 2017              | 2018              | 2019              | 2020              | 2021              | 2022              | 2023              | 2024              | 2025              |
| Inversión en activo fijo    | 50,993,144        |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Δ Activo de Trabajo         |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| IVA negativo                | 8,355,998         | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 |
| Costo total de lo vendido   | 843,626           | 963,099           | 1,038,684         | 1,102,078         | 1,156,938         | 1,214,236         | 1,275,192         | 1,338,586         | 1,405,637         | 1,476,345         | 1,550,711         |
| Aplicaciones de la utilidad | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 |                   |
| IG/impuesto activos         | -2,179,543        | -1,676,238        | -1,267,507        | -885,045          | -520,973          | -151,647          | 225,560           | 608,021           | 998,364           | 1,396,587         | 1,556,837         |
| Cancelación de deudas       | 10,024,091        | 9,321,648         | 8,619,205         | 7,916,761         | 7,214,318         | 6,511,875         | 5,809,432         | 5,106,989         | 4,404,545         | 3,702,102         | 0                 |
| <b>Total de Usos</b>        | <b>68,037,316</b> | <b>8,608,509</b>  | <b>8,390,382</b>  | <b>8,133,794</b>  | <b>7,850,283</b>  | <b>7,574,464</b>  | <b>7,310,184</b>  | <b>7,053,596</b>  | <b>6,808,546</b>  | <b>6,575,035</b>  | <b>3,107,548</b>  |
| <b>Fuentes - Usos</b>       | <b>7,294,684</b>  | <b>9,973,346</b>  | <b>11,889,924</b> | <b>11,508,501</b> | <b>10,842,131</b> | <b>12,043,707</b> | <b>13,292,836</b> | <b>14,573,666</b> | <b>15,902,048</b> | <b>17,277,983</b> | <b>21,946,984</b> |

Tabla 5.4: Tabla de fuentes y usos de dinero del proyecto (expresado en pesos).

### 5.2.3 Flujo de fondos y VAN - biodigestor 2 MW

|                          | 2015       | 2016      | 2017      | 2018    | 2019    | 2020    | 2021    | 2022      | 2023      | 2024      | 2025      | 2026    |
|--------------------------|------------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| FF netos en USD          | -2,165,130 | 1,035,607 | 1,081,464 | 970,598 | 861,800 | 911,915 | 959,000 | 1,001,146 | 1,040,665 | 1,076,773 | 1,302,240 | 186,315 |
| FF netos dolares TOR     | -2,165,130 | 1,035,607 | 1,081,464 | 970,598 | 861,800 | 911,915 | 959,000 | 1,001,146 | 1,040,665 | 1,076,773 | 1,302,240 | 186,315 |
| FF descontado en dolares | -1,792,435 | 706,099   | 605,037   | 445,299 | 325,631 | 286,630 | 254,284 | 227,218   | 204,646   | 185,106   | 223,865   | 32,029  |

Tabla 5.5: Flujo de fondos final del proyecto (expresado en dólares).

### 5.3 Valor Actual Neto (VAN)

A partir del flujo de fondos se puede calcular el VAN y TOR del proyecto:

- VAN del inversor=1.703.408 USD
- TOR=45,44%

Como el valor actual neto del proyecto es positivo, en estas condiciones el proyecto se aprobaría.

Todos los análisis anteriores han sido hechos para el caso del biodigestor de 2 MW. Pero también vamos a analizar el caso de un biodigestor de menores dimensiones (1 MW), para comparar su rentabilidad respecto al anterior.

## GENERACIÓN DE BIOGÁS EN UN ESTABLECIMIENTO AVÍCOLA

### 5.3.1 Cuadro de resultados - biodigestor 1 MW

| Cuentas                    | 2015              | 2016              | 2017              | 2018              | 2019              | 2020              | 2021              | 2022              | 2023              | 2024              | 2025              |
|----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Ventas                     | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 |
| Costo de lo vendido        | -421,813          | -481,549          | -519,342          | -551,039          | -578,469          | -607,118          | -637,596          | -669,293          | -702,818          | -738,173          | -775,356          |
| Intereses                  | -4,109,293        | -3,652,705        | -3,196,117        | -2,739,528        | -2,282,940        | -1,826,352        | -1,369,764        | -913,176          | -456,588          | 0                 | 0                 |
| Amortizaciones             | -3,314,554        | -3,314,554        | -3,314,554        | -3,314,554        | -3,314,554        | -3,314,554        | -3,314,554        | -3,314,554        | -3,314,554        | -3,314,554        | -3,314,554        |
| <b>Utilidad antes IG</b>   | <b>-7,845,660</b> | <b>-7,448,809</b> | <b>-7,030,013</b> | <b>-6,605,122</b> | <b>-6,175,964</b> | <b>-5,748,025</b> | <b>-5,321,915</b> | <b>-4,897,023</b> | <b>-4,473,961</b> | <b>-4,052,727</b> | <b>-4,089,910</b> |
| IG                         | 2,745,981         | 2,607,083         | 2,460,505         | 2,311,793         | 2,161,587         | 2,011,809         | 1,862,670         | 1,713,958         | 1,565,886         | 1,418,454         | 1,431,469         |
| <b>Utilidad después IG</b> | <b>-5,099,679</b> | <b>-4,841,726</b> | <b>-4,569,508</b> | <b>-4,293,329</b> | <b>-4,014,376</b> | <b>-3,736,216</b> | <b>-3,459,244</b> | <b>-3,183,065</b> | <b>-2,908,075</b> | <b>-2,634,273</b> | <b>-2,658,442</b> |

Tabla 5.6: Cuadro de resultados del proyecto (expresado en pesos).

### 5.3.2 Fuentes y usos sin bache - biodigestor 1 MW

| Fuentes                     | 2015              | 2016              | 2017              | 2018              | 2019              | 2020              | 2021              | 2022              | 2023              | 2024              | 2025              |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Aportes de capital          | 16,042,443        |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Ahorro interno de energia   | 7,592,634         | 8,667,891         | 9,348,156         | 9,918,701         | 10,412,441        | 10,928,126        | 11,476,727        | 12,047,271        | 12,650,732        | 13,287,109        | 13,956,402        |
| Ventas                      | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 |
| Créditos no renovables      | 24,063,665        |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| IVA positivo                | 0                 | 1,573,263         | 1,852,818         | 2,102,748         | 244,676           | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 |
| <b>Total Fuentes</b>        | <b>47,698,742</b> | <b>10,241,154</b> | <b>11,200,973</b> | <b>12,021,449</b> | <b>10,657,117</b> | <b>10,928,126</b> | <b>11,476,727</b> | <b>12,047,271</b> | <b>12,650,732</b> | <b>13,287,109</b> | <b>13,956,402</b> |
| Usos                        | 2015              | 2016              | 2017              | 2018              | 2019              | 2020              | 2021              | 2022              | 2023              | 2024              | 2025              |
| Inversión en activo fijo    | 33,145,544        |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Δ Activo de Trabajo         |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| IVA negativo                | 5,773,505         | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 |
| Costo total de lo vendido   | 421,813           | 481,549           | 519,342           | 551,039           | 578,469           | 607,118           | 637,596           | 669,293           | 702,818           | 738,173           | 775,356           |
| Aplicaciones de la utilidad | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 |
| IG/impuesto activos         | -2,745,981        | -2,607,083        | -2,460,505        | -2,311,793        | -2,161,587        | -2,011,809        | -1,862,670        | -1,713,958        | -1,565,886        | -1,418,454        | -1,431,469        |
| Cancelación de deudas       | 6,515,659         | 6,059,071         | 5,602,483         | 5,145,895         | 4,689,307         | 4,232,719         | 3,776,131         | 3,319,543         | 2,862,955         | 2,406,366         | 0                 |
| <b>Total de Usos</b>        | <b>43,110,539</b> | <b>3,933,538</b>  | <b>3,661,321</b>  | <b>3,385,141</b>  | <b>3,106,189</b>  | <b>2,828,028</b>  | <b>2,551,057</b>  | <b>2,274,877</b>  | <b>1,999,887</b>  | <b>1,726,085</b>  | <b>-656,113</b>   |
| <b>Fuentes - Usos</b>       | <b>4,588,202</b>  | <b>6,307,616</b>  | <b>7,539,653</b>  | <b>8,636,307</b>  | <b>7,550,929</b>  | <b>8,100,098</b>  | <b>8,925,670</b>  | <b>9,772,394</b>  | <b>10,650,845</b> | <b>11,561,024</b> | <b>14,612,514</b> |

Tabla 5.7: Tabla de fuentes y usos de dinero del proyecto (expresado en pesos).

### 5.3.3 Flujo de fondos y VAN - biodigestor 1 MW

|                          | 2015       | 2016    | 2017    | 2018    | 2019    | 2020    | 2021    | 2022    | 2023    | 2024    | 2025    | 2026    |
|--------------------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| FF netos en USD          | -1,426,431 | 654,967 | 685,780 | 728,364 | 600,195 | 613,316 | 643,935 | 671,320 | 697,015 | 720,489 | 867,044 | 278,737 |
| FF netos dolares TOR     | -1,426,431 | 654,967 | 685,780 | 728,364 | 600,195 | 613,316 | 643,935 | 671,320 | 697,015 | 720,489 | 867,044 | 278,737 |
| FF descontado en dolares | -1,162,257 | 402,399 | 583,893 | 583,862 | 435,642 | 397,050 | 368,787 | 338,341 | 307,985 | 278,304 | 334,914 | 107,668 |

Tabla 5.8: Flujo de fondos final del proyecto (expresado en dólares).

## 5.4 Valor Actual Neto (VAN)

- VAN del inversor= 2.976.588 USD
- TOR=45,79%

Como el valor actual neto del proyecto es positivo, en estas condiciones el proyecto se aprobaría.

## 6 **ANÁLISIS DE ESCENARIOS Y SENSIBILIDAD**

Para analizar correctamente los cambios que pueden acontecer en el VAN debido a diversos escenarios se estudiara la distribución probabilística de las siguientes variables:

- Precio pagado para compra de energía
- Costo materia verde
- Riesgo país Argentina

Como el VAN será medido en Dólares, no se tendrá en cuenta el tipo de cambio como variable que pueda beneficiar o perjudicar el VAN en el futuro. La inflación tampoco será tomada en cuenta ya que no interviene en el proyecto, al no haber costos “nacionales”, como por ejemplo, la mano de obra.

Otro punto a remarcar es que no se asume como variable del proyecto el precio al cual se vendería la energía. Esto es así ya que este precio es fijado de antemano por contrato. No ocurre lo mismo con el precio pagado de energía eléctrica, ya que puede cambiar mes a mes de acuerdo a diversas circunstancias que se analizaran a continuación.

Se utilizan las siguientes distribuciones:

### **Precio pagado compra energía**

El precio al cual se pagara la electricidad en el futuro no dependerá del tipo de cambio ya que esta en Dólares, al igual que el VAN. Se eligió una distribución de probabilidad normal con valor medio de U\$\$ 90, el cual resulta ser el valor actual pagado a cooperativas y que se viene manteniendo en el tiempo. El tipo de distribución responde al hecho de que en el lapso de 10 años es posible que aumente la demanda energética del país, provocando un aumento del precio. También podrá suceder que aumente la oferta energética con la incorporación de centrales eléctricas actualmente en construcción, lo que provocaría una baja en el precio. Para balancear estos efectos contrapuestos se utilizara una distribución que le asigne igual probabilidad de que aumente el precio a que baje.

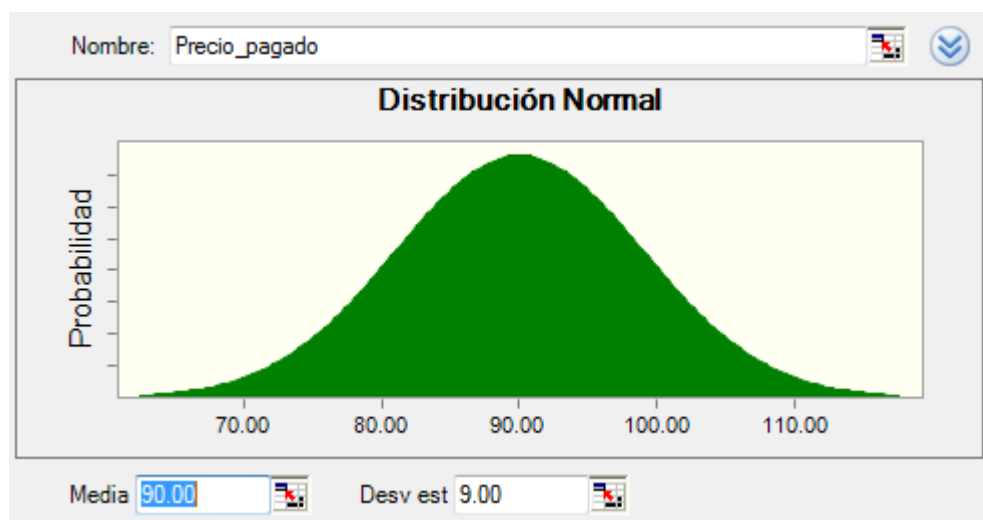


Gráfico 6.1: Distribución asignada a la variable precio pagado.

Como se observa en el gráfico, lo más probable es que el precio de la electricidad este entre U\$\$ 75 y U\$\$ 105.

### Costo materia verde

Resulta muy difícil estimar el precio que puede llegar a tener en un futuro este cultivo ya que no está claramente relacionado con alguna actividad específica. Se puede decir que tendrá una correlación pequeña con el costo del flete, además de estar correlacionado con otras variables como pueden ser el volumen de Biogás obtenido a nivel nacional o algún otro uso que se le dé a este cultivo.

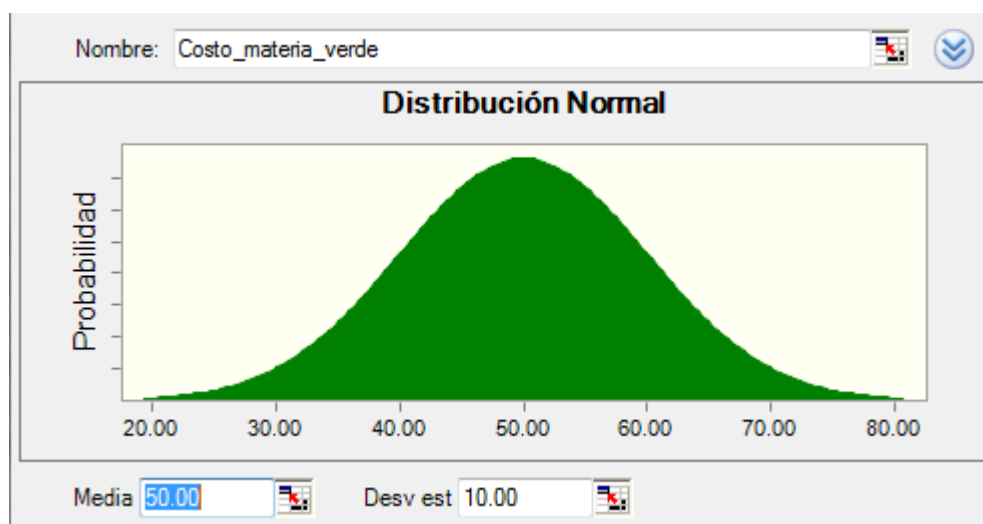


Gráfico 6.2: Distribución asignada a la variable costo materia verde.

## Riesgo país

Teniendo en cuenta las diversas fluctuaciones económicas que vienen aconteciendo desde hace unos cuantos años resulta muy difícil conocer qué valor tendrá el riesgo país en un futuro. Por eso se eligió una distribución uniforme con extremos muy lejos entre sí.

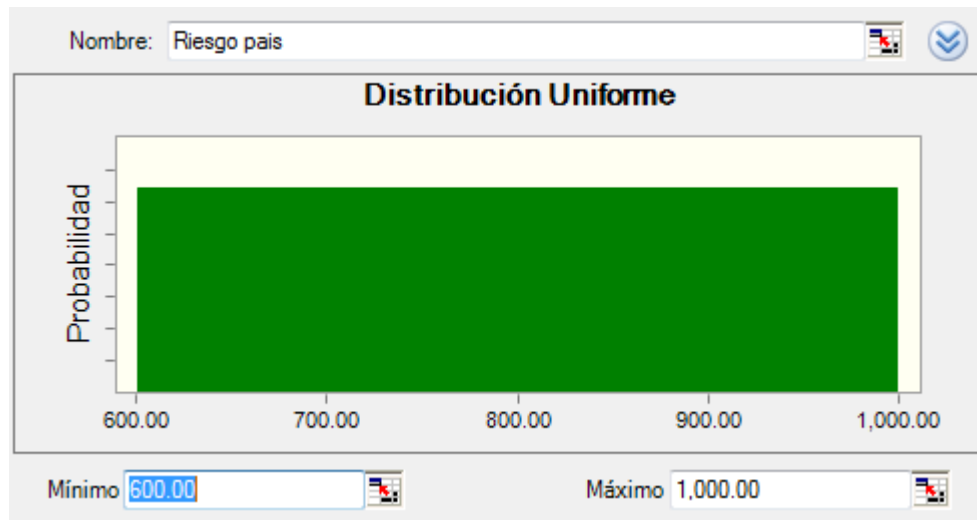


Gráfico 6.3: Distribución asignada a la variable riesgo país.

## Biodigestor 2 MW

Para este biodigestor se utilizara una parte de la energía generada para cubrir las necesidades energéticas de la aceitera ubicada enfrente al criadero avícola y la otra parte se utilizara para venderla a la red a un precio acordado en el inicio del proyecto. A continuación se observa el grafico del VAN obtenido en función de las distribuciones de probabilidades mencionadas anteriormente.

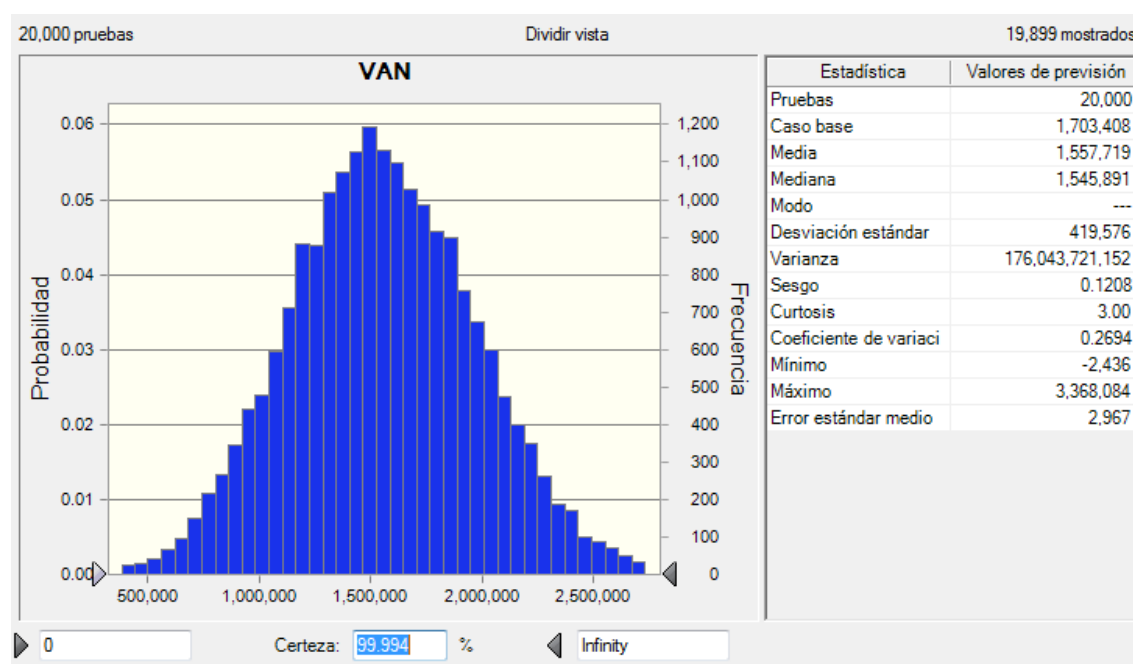


Gráfico 6.4: Distribución obtenida para VAN de proyecto.

Como se observa en la gráfica, la distribución de probabilidad para el VAN en Dólares se asemeja a una normal con media de aproximadamente un millón y medio de Dólares. Además, se obtiene casi un 100% de certeza de que el VAN será positivo independientemente del valor que tomen las distintas variables analizadas anteriormente.

Según los valores obtenidos, es altamente recomendable realizar el proyecto ya que hay poca probabilidad de obtener un VAN negativo. Sin embargo, cabe aclarar que se obtuvo este valor de VAN suponiendo que antes de comenzar a implementar el proyecto se acuerda un precio de venta de energía a la red. Si al realizar el contrato con la cooperativa no se logra acordar el precio mediante el cual se realizaron los cálculos, el VAN sufrirá una gran modificación.

## Biodigestor 1 MW

Se realizó el mismo análisis que para el otro biodigestor pero ahora teniendo en cuenta que lo que se fabrique de energía no se venderá, sino que alcanzara justo para cubrir las necesidades de la planta aceitera en su totalidad.

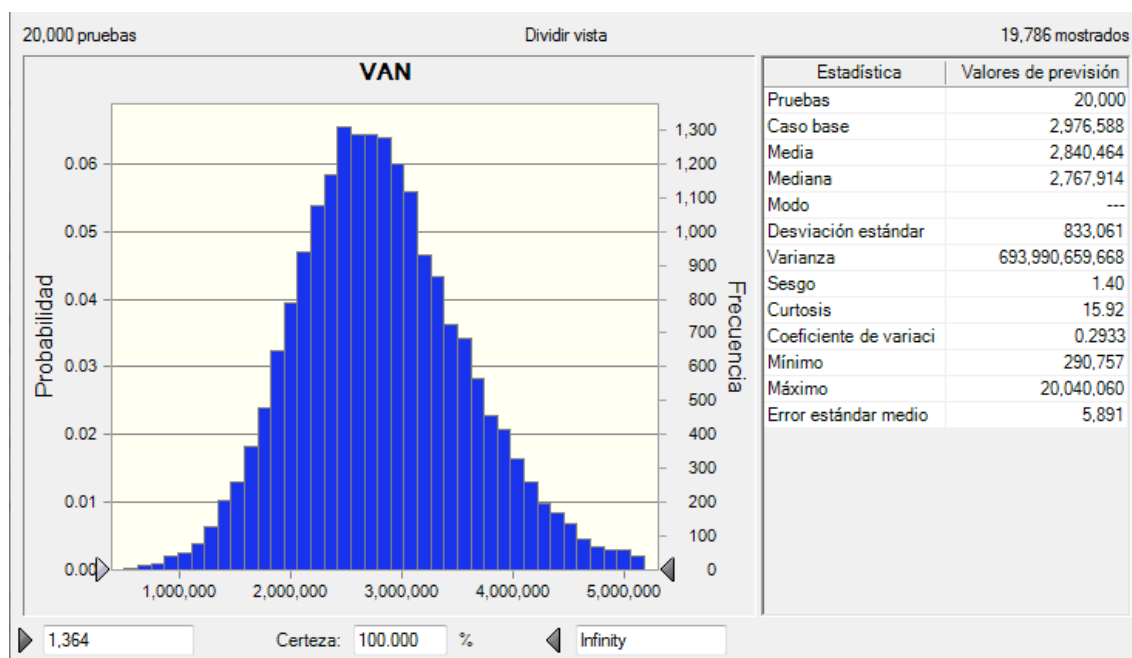


Gráfico 6.5: Distribución obtenida para VAN de proyecto.

Como se observa en la gráfica, el VAN se asemeja a una distribución de probabilidad normal con media de aproximadamente dos millones ochocientos mil Dólares. Hay un 100% de certeza de que el VAN sea mayor a cero.

#### 6.1.1.1 Análisis de sensibilidad

Mediante la utilización de una función de la herramienta *CrystalBall* se logró establecer cómo afecta la variación de cada una de las variables al VAN. Como era de esperarse, el precio pagado de energía resulta por lejos la variable más significativa del proyecto a tener en cuenta. Luego le siguen el costo del cultivo a mezclar con el guano y el riesgo país, ambas se correlacionan negativamente con el VAN, ya que si disminuyen, el VAN aumenta y viceversa.

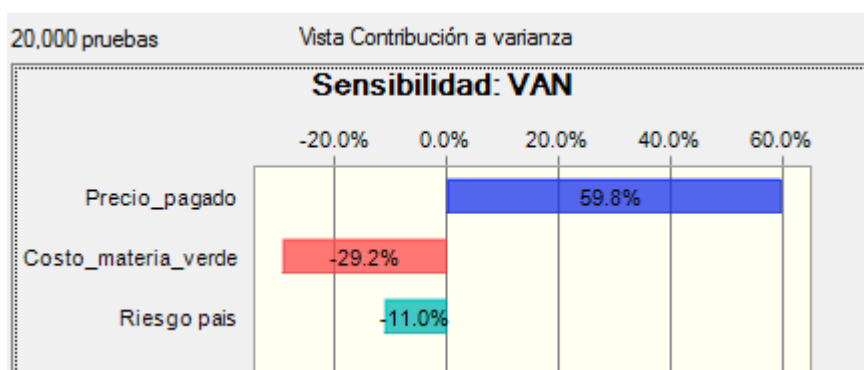


Gráfico 6.5: Sensibilidad del proyecto a la variación de las variables.

La conclusión más fuerte que se saca de este análisis es que la variable riesgo país no resulta del todo importante para el proyecto. De este modo, el proyecto se beneficia notablemente al poder acotar la variación del VAN causada por esta variable, que posiblemente en un futuro cercano experimente cambios fuertes.

De este grafico se concluye que para acotar la distribución del VAN se debería hacer algún contrato con la cooperativa que vende la energía para de este modo prefijar de antemano el precio a pagar de energía. Sin embargo, no es posible realizar este convenio porque la cooperativa no los acepta, salvo que se negocie pagar un precio muy alto.

### **6.1.1.2 Análisis final sobre los gráficos**

A priori, si se analizan los resultados obtenidos para ambos biodigestores se observa que la mejor alternativa sería utilizar un biodigestor de 1 MW al tener mayor media de VAN y mayor certeza de que el VAN será positivo independientemente de los escenarios futuros. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, esta elección puede cambiar drásticamente si se logra firmar el contrato para vender energía a un precio superior al que se mencionó en el presente trabajo.

Cabe recordar que el análisis realizado en el presente trabajo corresponde para una planta particular que presenta características particulares ya descritas. Por lo tanto, sería ilógico suponer que todos los proyectos de biodigestión son rentables.

## 7 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Este informe expone los resultados que se pueden obtener mediante la utilización y comercialización de energía proveniente de biogás. Sin embargo, para robustecer la veracidad de los resultados, resulta necesario profundizar y validar las hipótesis y demás supuestos que no fueron alcanzados dentro de los límites de este estudio.

Cabe destacar que para continuar con la investigación de la factibilidad del biogás en establecimientos avícolas, los principales puntos claves sobre los cuales se debe allanar el terreno son los siguientes:

- *Factibilidad técnica del rendimiento energético del guano de gallinas ponedoras.* En este punto, diversas fuentes consultadas tomaron posiciones opuestas en el tema. Personas con experiencia en el tema destacan la alimentación especial de las ponedoras como un atributo distintivo que mejora las propiedades del guano, mientras que otros declaran que no llega a niveles aceptables para este tipo de proyecto. Como posible solución, se recomienda llevar a cabo un análisis de laboratorio que determine el poder calorífico del guano, de manera tal de definir la capacidad del material para liberar metano, y así poder validar el rendimiento energético. Gran parte de la factibilidad de este proyecto depende de este resultado, ya que impacta directamente en la producción y las ventas. (De obtener resultado por encima de XX, el proyecto se volverá aún más alentador).
- *Desarrollo de un mercado energético de biogás.* El análisis realizado da por concretadas las ventas de energía y productos derivados. Si bien se ha verificado la factibilidad de ventas con las cooperativas de energía (y hasta se han estimado posibles costos de intermediario), el “mercado” que generan los sistemas de biodigestión es amplio y requiere de la participación de varios actores. Se debe constatar la posibilidad de encontrar compradores para el subproducto de la biodigestión: el bioabono. De la misma manera, se debe asegurar la disponibilidad de los inputs del proceso (químicos, proveedores de tecnología, materias primas), que no son de compleja fabricación, pero su utilización aún no está extendida.

## **8 CONCLUSIONES**

Dadas las condiciones enunciadas, el primer biodigestor es el que resulta favorecido en este análisis, debido a que al precio de venta actual de energía determinado por el programa GENREN. Comparándolo con el costo de comprar energía, no resulta conveniente aumentar la escala del proyecto, sino simplemente utilizar el biodigestor seleccionado para disminuir los costos actuales por compra de energía.

En medida que el análisis de sensibilidad compara mayores precios de energía, la rentabilidad aumenta para el segundo caso, donde hay ingresos de venta de energía. Esta característica, se puede contrastar y verificar en la realidad: los bajos precios de la energía en Argentina desalientan la realización de proyectos de generación de energías renovables.

A modo de cierre, podemos destacar la utilidad de encontrar un precio de equilibrio para un biodigestor de 2MW. Definir que los precios actuales no son rentables, pero que sí lo son con un moderado aumento, dan noción de la magnitud de los cambios que son necesarios para tornar volver beneficios estos proyectos. De esta manera, en caso de darse un cambio en el entorno, la toma de decisión puede verse favorecida por los contenidos de este informe.

**9 ANEXO**

## 10 **BIBLIOGRAFÍA**

CAMMESA. (s.f.). *Distribuidores*. Recuperado el 15 de Abril de 2014, de <http://portalweb.cammesa.com/pages/institucional/agentes/distribuidores.aspx>

CAMMESA. (s.f.). *Generadores*. Recuperado el 15 de Abril de 2014, de <http://portalweb.cammesa.com/pages/institucional/agentes/generadores.aspx>

CAMMESA. (s.f.). *Grandes Usuarios*. Recuperado el 15 de Abril de 2014, de <http://portalweb.cammesa.com/pages/institucional/agentes/grandesUsuarios.aspx>

CAMMESA. (s.f.). *Informe anual CAMMESA 2013*. Recuperado el 15 de Abril de 2014, de [http://www.cammesa.com/archcount.nsf/LinkCounter?OpenAgent&X=InformeAnual\\*2013\\*Vannual13.zip&L=/infoanu.nsf/WInforme+Anual/BFF8619E1BFA201603257CC50048291E/\\$File/Vannual13.zip](http://www.cammesa.com/archcount.nsf/LinkCounter?OpenAgent&X=InformeAnual*2013*Vannual13.zip&L=/infoanu.nsf/WInforme+Anual/BFF8619E1BFA201603257CC50048291E/$File/Vannual13.zip)

CAMMESA. (s.f.). *MEM*. Recuperado el 15 de 4 de 2014, de <http://portalweb.cammesa.com/pages/institucional/agentes/mem.aspx>

CAMMESA. (s.f.). *Misión, Valores y Servicios*. Recuperado el 15 de Abril de 2014, de <http://portalweb.cammesa.com/Pages/Institucional/agentes/mision.aspx>

CAMMESA. (s.f.). *Transportistas*. Recuperado el 15 de Abril de 2014, de <http://portalweb.cammesa.com/pages/institucional/agentes/transportistas.aspx>

Ley 25.019. (26 de Octubre de 1998). REGIMEN NACIONAL DE ENERGIA EOLICA Y SOLAR. Boletín Oficial.

Ley 26.190. (2 de Enero de 2007). REGIMEN DE FOMENTO NACIONAL PARA EL USO DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGIA DESTINADA A LA PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA. Boletín Oficial.

Ministerio de Planificación Federal. (20 de Mayo de 2009). *Programa “GENREN”: Licitación de Generación Eléctrica a partir de Fuentes Renovables*. Recuperado el 15 de Abril de 2014, de [http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion\\_institucional/discursos/genren.ppt](http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_institucional/discursos/genren.ppt)

Ponte, P. (Diciembre de 2012). CENTRAL BUEN AYRE YA GENERA ENERGIA ELECTRICA A PARTIR DE BIOGAS. *Futuro Sustentable*, 18.

Secretaría de Energía. (s.f.). *FUNCIONAMIENTO Y ORGANIZACIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO ARGENTINO*. Recuperado el 15 de Abril de 2014, de <http://proyectoargentino.org.ar/ELECTRICIDAD/electric.htm>

Gening. *MODELOS, EQUIPAMIENTO, MONTAJE Y DISEÑO DE BIODIGESTORES*. Recuperado el 15 de Abril de 2014, de <http://www.gening.com.ar/download/modelos-de-biodigestores.pdf>

Enarsa. PROGRAMA “GENREN”. Recuperado el 15 de Abril de 2014, de <http://www.argentinaeolica.org.ar/portal/images/stories/Programa%20completo.pdf>

Secretaría de Agricultura,  
Ganadería y Pesca. CARNE AVIAR Y HUEVOS. Recuperado el 15 de Abril de 2014, de <http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/revista/pdfs/58/POLLOORIGINAL.pdf>

Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Pesca. BOLETIN AVICOLA. Recuperado el 15 de Abril de 2014, de [http://64.76.123.202/site/ganaderia/aves/02-informes/\\_archivos/000002-Anuarios/130500\\_Anuario%202012%20\(Abril%202013\).pdf](http://64.76.123.202/site/ganaderia/aves/02-informes/_archivos/000002-Anuarios/130500_Anuario%202012%20(Abril%202013).pdf)

Universidad Autónoma de Entre Ríos. ¿QUÉ ES LA BIODIGESTIÓN?. Recuperado el 15 de Abril de 2014, de <http://fcyt.uader.edu.ar/web/system/files/QU%C3%89%20ES%20LA%20BIODIGESTI%C3%93N.pdf>

Instituto de Ingeniería Rural I.N.T.A. Castelar. MANUAL PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS. Recuperado el 15 de Abril de 2014, de [http://inta.gob.ar/documentos/manual-para-la-produccion-de-biogas/at\\_multi\\_download/file/Manual%20para%20la%20produccion%20de%20biogas%20del%20IIR.pdf](http://inta.gob.ar/documentos/manual-para-la-produccion-de-biogas/at_multi_download/file/Manual%20para%20la%20produccion%20de%20biogas%20del%20IIR.pdf)

Energizar. BIOGAS. Recuperado el 15 de Abril de 2014, de [http://www.energizar.org.ar/energizar\\_desarrollo\\_tecnologico\\_biogas.html](http://www.energizar.org.ar/energizar_desarrollo_tecnologico_biogas.html)

Village Energy. TECNOLOGÍA VE. Recuperado el 15 de Abril de 2014, de <http://www.villageenergy.org/sp/tecnologas-de-digestion.html>