

# NUEVA GENERACIÓN DE BIODIGESTORES

para efluentes de palma, energía renovable y comercialización de certificados de carbono

## NEW GENERATION OF POME

Biogas Plants to Renewable Energy Generation and Carbon Certificate Merchandising

### AUTOR



**Philippe Conil**

BIOTEC  
35 avenue des Pinsons  
B-1410 Waterloo  
Bélgica  
www.bio-tec.net  
philippe.conil@skynet.be

### Palabras CLAVE

Biogás, palma de aceite, lagunas, biodiésel, aprovechamiento energético cuesco, ráquis, efluentes.

Palm oil mill effluent (Pome), ponds, biodiesel, energetic use of shells, empty fruit bunches, effluents.

Editado por Fedepalma.

### RESUMEN

La industria de la palma de aceite se está desarrollando de manera acelerada en todas las regiones tropicales del mundo. Una de las principales razones de este crecimiento está en las perspectivas de fabricación de biodiésel a partir del aceite, en competencia con el uso alimenticio. El incremento de los precios del petróleo ha cambiado de manera significativa la rentabilidad de algunos cultivos, a favor o en contra, y está redibujando el negocio agrícola en el mundo. La industria de la palma tiene numerosas particularidades que la convierten en un negocio específicamente energético, tal como la caña de azúcar:

- Rendimientos muy elevados de combustible líquido (aceite) (4 a 5 toneladas por hectárea por año)
- Autosuficiencia energética de las extractoras con la fibra (con sus calderas de fibra - biomasa y turbinas de vapor)
- Posibilidad adicional de aprovechamiento energético y agrícola del cuesco, del ráquis y de los efluentes

En esta presentación nos concentraremos sobre las posibilidades de valorización de los efluentes de las extractoras, y los avances en dicho aprovechamiento durante estos últimos años en América Latina. Los efluentes de palma son muy concentrados. La generación de efluente es del orden de 0,7 m<sup>3</sup> por toneladas de fruto, y su DQO cercana a los 70 kg por metro cúbico, para una carga cercana a los 50 kilos de DQO por tonelada de fruto procesado. No es un valor fijo y estándar como se esperaría, y varía según el tipo de palma, las prácticas de cosecha, la presión de las prensas, el tamaño de la extractora, y la cantidad de agua utilizada en los clarificadores y en el aseo. La carga por tonelada de fruto es menor en Asia que en América Latina, y usualmente menor en las extractoras grandes y organizadas que en las pequeñas. Para el tratamiento de los efluentes, casi todas las extractoras del mundo utilizan un sistema de lagunaje, que inicia con lagunas de enfriamiento y de recuperación del

aceite residual, y sigue con lagunas anaerobias (metanogénicas), lagunas facultativas y lagunas de pulimento. La mayor parte de la carga orgánica es procesada por las lagunas anaerobias (aproximadamente 90%). Las demás lagunas reunidas reducen la DQO en no más de 7 a 8% adicionales. Las extractoras colombianas pioneras en producción y utilización de biogás y bioabono (efluente tratado) han sido Palmeras del Llano (1987), Palmar Santa Elena (1991) y Palmeiras (1999), tres proyectos de Biotec<sup>1</sup>, los dos primeros con biodigestores de concreto de tipo “contacto” y el tercero con una laguna carpada (recubierta con geomembrana).

## SUMMARY

The oil palm industry is growing at a fast pace in all tropical regions around the world. One of the reasons for this growth is the prospect of producing biodiesel from palm oil, in addition to food uses. The increase in petroleum prices has significantly changed the profitability of some crops, either adversely or favorably, and it is reshaping the agricultural market worldwide. Like the sugarcane industry, the many particularities of the oil palm industry make it basically an energy business:

- Very high yield of liquid fuel (oil) (4 to 5 tons per hectare/year)
- Energy self-sufficient oil mills with biomass (fiber) boilers and steam turbines
- Additional possibility of agricultural and/or energetic use of shells, empty fruit bunches and effluents

In this presentation we will focus on the evaluation and use of oil mill effluents, and on relevant technological advances in the last few years in Latin America. Oil palm effluents are very concentrated. The generation of effluents is of about 0.7 m<sup>3</sup> per ton of fruit, with a COD of 70 kg per cubic meter, for a load of 50 kg of COD per ton of processed fruit. It is not a fixed or standard value and varies in accordance with the type of palm, harvesting practices, press pressure, mill size and the amount of water used in the clarifiers and cleaning tasks. The load per ton of fruit is lower in Asia than it is in Latin America, and it is usually lower in large well-organized mills than in smaller oil mills. Most oil mills worldwide use a pond system to treat effluents. The treatment starts in cooling and residual oil recovery ponds, followed by anaerobic ponds (methanogenic), facultative ponds and polishing ponds. Most of the organic load is processed in the anaerobic ponds (approx. 90%). The other ponds combined reduce the COD by no more than an additional 7 - 8%. The Colombian oil mills that have been pioneers in the production and use of biogas and biofertilizers (treated effluent) are Palmeras del Llano (1987), Palmar Santa Elena (1991) and Palmeiras (1999), three Biotec<sup>2</sup> Projects. The first two with contact-type concrete biodigesters and the third one with a covered pond (geomembrane pond liner).



## APLICACIONES Y LIMITACIONES

La biodigestión es el sistema “natural” de tratamiento de este tipo de efluentes, y genera en América Latina del orden de 20 a 25 m<sup>3</sup> de biogás por tonelada de fruto procesado.

Esto es la cantidad de biogás que libera a la atmósfera una laguna anaerobia que funcione correctamente. Pero pocas lagunas funcionan correctamente, varias de ellas con problemas de diseño y construcción, o carentes de sistemas precisos que faciliten su operación y mantenimiento; esto aunado a que son

1 Biotec es una empresa belga de tratamiento y valorización de los efluentes y desechos orgánicos especializada en el aprovechamiento energético y agrícola de los efluentes y residuos de la agroindustria en regiones tropicales. Tiene sede en Colombia desde 1986 ([www.bio-tec.net](http://www.bio-tec.net)).

2 Biotec is a Belgium company engaged in the evaluation and treatment of organic effluents and wastes, specialized in the energetic and agricultural use of effluents and wastes of the agro-industry in tropical regions. Biotec has maintained an office in Colombia since 1986 ([www.bio-tec.net](http://www.bio-tec.net)).



**Figura 1.** Eecopalsa, Honduras: Planta de Biogás de 1.2 MW.

usualmente consideradas como el patio trasero y pozo séptico de las extractoras, lo que no las hace dignas de atención a menos que las circunstancias lo apremien. Es común verlas acidificadas y con acumulación de problemas, obligando las extractoras a redireccionar los efluentes hacia otros sitios o construir lagunas nuevas.

Los biodigestores no son otra cosa que unas lagunas anaerobias bien manejadas. Pueden ser lagunas de tierra (con o sin impermeabilización inferior), tanques de concreto o tanques metálicos.

La operación de lagunas anaerobias o biodigestores no es difícil pero requiere de un mínimo de atención y mantenimiento. En particular, el control de la temperatura y caudal de entrada y el control del pH.



**Figura 2.** Palmas del Espino (Perú): Construcción de las lagunas.

La producción de lodo biológico es alta y al no purgarse este lodo se apelmaza en los biodigestores y es arrastrado hacia las lagunas siguientes, saturando finalmente el sistema.

El biogás es un combustible de manejo relativamente fácil, pero que debe ser depurado de su H<sub>2</sub>S para poder alimentar motores de combustión interna.

Los sistemas actuales de filtración biológica del H<sub>2</sub>S son muy prácticos y de bajo costos de operación y de mantenimiento.

Si bien los usos potenciales del biogás son numerosos, en la práctica las extractoras son relativamente auto-suficientes en energía térmica y eléctrica. En muchos casos no saben en qué poder usar este combustible.

En caso de convertir el biogás en electricidad mediante motores de gas, la producción de electricidad es del orden de 40 kWh por tonelada de fruto, o sea más o menos el doble del consumo de la extractora. Las principales opciones de aprovechamiento del biogás son:

as principales opciones de aprovechamiento del biogás son:

1. Combustible para las calderas de la extractora para economizar el cuesco (shell) y comercializarlo como combustible. En Malasia este cuesco tiene un valor de mercado del orden de 25 dólares por tonelada.
2. Combustible para las calderas de una refinadora o planta de biodiésel.
3. Electricidad para autoconsumo.



**Figura 3.** Eecopalsa (Honduras): Dos motores de biogás de 630 kW c/u.

4. Electricidad para venta a la Red.
5. Gas para vehículos (implica una depuración del CO<sub>2</sub> y una compresión a más de 250 bares).
6. Gas para campamentos o poblaciones.

Las principales opciones de manejo y aprovechamiento de los lodos son:

1. Ferti-irrigación sobre los cultivos aledaños de palma.
2. Cocompostaje con el ráquis.
3. Deshidratación en lechos de secado y aplicación del abono seco sobre la plantación.
4. Deshidratación mecánica y aplicación del abono seco sobre la plantación.

Las principales opciones de manejo de los efluentes tratados son:

1. Vertimiento al río.
2. Ferti-irrigación.

## EL CAMBIO COYUNTURAL (2005-2006)

### Acuerdo de Kyoto

Este biogás contiene 65% de metano que es uno de los gases de efecto invernadero regulado por el Protocolo de Kyoto por su impacto sobre el calentamiento global del planeta.

La captación de este biogás y su debida combustión permiten a las extractoras de aceite, o inversionistas

en plantas de tratamiento, aplicar a los mecanismos de desarrollo limpio del Protocolo de Kyoto, y comercializar en los países industrializados los certificados de reducción de emisiones de carbono.

Todas las extractoras de aceite tienen interés financiero en aplicar a estos mecanismos, para los cuales deben presentar un proyecto (PDD = Project Design Document) a Naciones Unidas (UNFCCC).

Estos "PDD" son complejos y difíciles de radicar, por la cantidad de consideraciones técnicas y de O&M que deben estar resueltas previamente a la implementación del proyecto.

Una vez un PDD validado por una empresa especializada (registrada por Naciones Unidas para este oficio) y ratificado por la UNFCCC, el propietario del proyecto puede empezar a comercializar los certificados, que le son pagados sobre una base anual, año vencido, después de una verificación de la debida captación y combustión del biogás, en cantidad y calidad. La prueba de esta combustión implica un cierto nivel de sofisticación y automatización del sistema, con consecuencias obvias sobre los costos de inversión y de O&M.

Para extractoras de menos de 100.000 toneladas al año, el sobre costo de la inversión y de la O&M, el desgaste administrativo y el costo relativo del procedimiento en sí pueden ser excesivos comparados con los ingresos esperados (20.000 t de CO<sub>2</sub>/año x 10 dólares/t = 200.000 dólares por año). Estos ingresos pueden en teoría ser asegurados por tres períodos de siete años cada uno, pero en la práctica el Protocolo de Kyoto tiene una vigencia hasta el año 2012, y si bien nadie se puede imaginar un retroceso en esta materia a cargo de los países desarrollados, en la práctica no se encuentran compradores para los años posteriores al 2012.

Para estas extractoras pequeñas existe la opción de agruparse en un proyecto común para reducir los costos unitarios de la tramitación e incrementar los precios de venta de los certificados, al tener una mayor cantidad de certificados para ofrecer en bloque.

### El petróleo vs biogás

El incremento del precio del petróleo en los años 2005 y 2006 ha cambiado radicalmente el valor económico del biogás y la visión de los industriales sobre él.



**Figura 4.** Eecopalsa (Honduras): Tea en operación nocturna.



El precio del kWh sin embargo no se ha modificado tanto. Tampoco el precio de compra a los pequeños productores independientes por parte de la Red.

El valor de la kilocaloría, kWh o kilojoule de biogás depende en su totalidad de las necesidades energéticas de la fábrica o posibilidades de comercialización. Si hay necesidades térmicas, este uso es por lo general el más rentable, pues la inversión es menor (adaptación de calderas), así como los costos de O&M. Por esta razón la mejor inversión financiera se presenta para extractoras que tienen refinadoras o plantas de biodiésel.

La generación de electricidad solo es rentable si se trata de una electricidad autoconsumida, o si el precio de compra por parte de la Red es superior a 6 centavos de dólar el kWh.

La generación de electricidad es mayor a las necesidades de la extractora, aún de las extractoras pequeñas que no disponen de turbina de vapor, salvo cuando ésta cuenta con algún procesamiento adicional, como una planta de extracción de aceite de palmiste.

Opciones de aprovechamiento de este biogás han de buscarse caso por caso. Puede también ser la alimentación de una población cercana para cocinar, o la depuración y compresión del biogás para su uso como gas vehicular, en los vehículos propios para empezar y para la venta a terceros en una segunda etapa, en sustitución de gasolina, que en todos los países suele ser el combustible más costoso.

## LOS INGRESOS POTENCIALES

(Una extractora de 100.000 toneladas de fruto por año puede captar al año 2 millones de m<sup>3</sup> de biogás, que representan:

1. Certificados: 20.000 t de CO<sub>2</sub>-equivalente (ingresos de 200.000 dólares/año)
2. Energía:
  - 330.000 galones de ACPM o gasolina por año (ingresos del orden de 500.000 dólares/año si se lograra valorizar todo este combustible al precio de 1,5 dólar/galón sustituido)
  - ó 4 millones de kWh al año (precio de sustitución: 480.000 dólar/año, a 0,12 dólares/kWh, si existiera mercado para tanta electricidad / precio de venta a la Red: 240.000 dólar/año, a 6 centavos el kWh).

## LOS REQUERIMIENTOS

### Adecuación de las lagunas existentes

Pocas veces convenientes para un tratamiento eficiente y sostenible de los efluentes o construir nuevas lagunas o tanques para la biodigestión

Esta adecuación del sistema de tratamiento requiere:

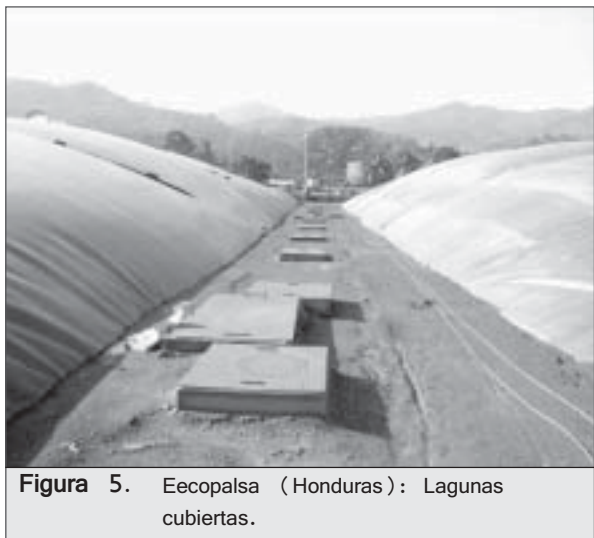
- Enfriamiento de los efluentes
- Movimiento de tierra (o construcción / montaje de tanques)
- Impermeabilización inferior de las lagunas-biodigestores
- Sistema eficiente de alimentación y de rebose de las lagunas (o tanques)
- Sistema práctico de manejo interno en las lagunas y purga de los lodos
- Sistema de manejo interno de lodos entre las diferentes lagunas
- Montajes eléctricos (bombeos, iluminación, tomas)
- Medición y direccionamiento de caudales
- Instrumentación

### Manejo del biogás

- Captación (carpa superior)
- Succión (sopladores)
- Conducción (tuberías)
- Filtración (H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>O)
- Sistemas de seguridad
- Tea
- Uso energético (calderas, motores, vehículos)
- Montajes eléctricos (equipos, instrumentación, posible generación)
- Instrumentación + PLC

Para una extractora de 100.000 t/año, que genera 200.000 a 700.000 dólares de ingresos brutos por año, la instrumentación y el control ya no son una opción sino una necesidad industrial. Más aún con las exigencias totalmente entendibles de las Naciones





**Figura 5.** Eecopalsa (Honduras): Lagunas cubiertas.

Unidas de verificación de la debida captación y combustión del biogás.

Estos requerimientos aumentan el valor de la inversión, pero permiten monitorear el sistema, que debe ser gestionado con el mismo cuidado que la molienda de la extractora, o con un cuidado aún mayor, por su peculiaridad (sistema biológico e instrumentado).

## LOS COSTOS

Para definir y presupuestar la adecuación de las lagunas existentes, o la construcción de lagunas nuevas, y para seleccionar y presupuestar el uso (aprovechamiento) del biogás, es indispensable un estudio inicial de factibilidad técnica y económica.

Algunos precios de referencia:

La planta que Biotec acaba de montar, y opera en Honduras para Eecopalsa (Energía Ecológica de Palcasa SA), dimensionada para 120.000 t/año, tuvo un costo total del orden de 1,7 millones de dólares (sin considerar la adecuación de las lagunas que estuvo a cargo de la extractora) para una generación de 1,2 MW para venta a la Red (en 34.500 V).

La planta que Biotec está montando en el Perú, para Palmas de El Espino, dimensionada para 300.000 t/año, tendrá un costo del orden de 1 millón de dólares, pero no genera electricidad sino que solo alimenta las calderas de la refinadora (en sustitución del fuel oil), de la extractora (en complementación de las fibras), y en el futuro de la planta de biodiésel.

Hay grandes economías de escala en la implementación de estos proyectos según el tamaño de la extractora.

## ALTERNATIVAS - AVANCES

Se ha logrado un quiebre en los costos de inversión con el aprovechamiento de las lagunas como biodigestores de bajo costo, con altos tiempos de retención hidráulica.

Implica por supuesto una adecuación sustancial de las lagunas existentes para lograr la sostenibilidad del sistema, o la construcción de lagunas nuevas.

En este caso, para captar el biogás, se procede a la "carpada" de dichas lagunas, o sea su recubrimiento superior con geomembranas de plástico impermeables al gas, y resistentes al medio y a los UV.

Existen opciones alternas de tanques metálicos de fácil montaje, para ciertas regiones planas cercanas al mar donde el nivel freático es alto y el suelo disponible escaso para conformación de terraplenes, como Indonesia o Papúa Nueva Guinea.

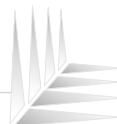
Para reducir los costos administrativos de importación de equipos, y facilitar el montaje de los sistemas de manejo y aprovechamiento de biogás, particularmente en las extractoras remotas, está la posibilidad de comprar unidades "contenerizadas" que incluyen tea, motores, generadores, paneles, instrumentación y PLC.

Biotec despacha sus plantas "contenerizadas" desde Europa, donde es más fácil conseguir la totalidad de estos equipos e instrumentos especializados.

Un sistema de control por telemetría permite controlar las plantas a distancia, monitorear a diario su operación, supervisar las alarmas y las reacciones del personal, y guiar las extractoras hacia la optimización de la operación.

Varias empresas e instituciones están trabajando por el momento en el uso del biogás como combustible para vehículos, en países donde la gasolina es en particular costosa.

Otro avance es poder comprar el sistema "llave en mano", o entregar a una empresa especializada una concesión del sistema sobre 15 o 20 años, descargándose así de la operación y del mantenimiento, y benefi-



ciándose en parte de los beneficios del sistema (porcentaje de los certificados, o energía a bajo precio).

## CONCLUSIONES

La valorización energética del biogás de los efluentes de las extractoras de aceite de palma es hoy día un negocio maduro, por el momento amplificado por la posibilidad de comercializar los certificados de carbono. En todo caso la rentabilidad depende mucho de las condiciones locales (lagunas existentes, condiciones de suelos y topografía, y necesidades

energéticas), por lo cual debe ser objeto de un análisis individual de cada extractora mediante estudio de factibilidad. Hay raramente dos soluciones iguales para extractoras diferentes.

El aprovechamiento del biogás contribuye a sanear las áreas de las lagunas, que se vuelven un centro de negocios, a asegurar en forma sostenible el tratamiento de los efluentes y a abrir la visión de las empresas hacia un manejo integral de los demás subproductos de la palma: lodos de lagunas, efluentes tratados y ráquis.