

# Comercialización de la tecnología de pirólisis

## Commercialization of pyrolysis technologies

### Autores



**Dagmar Zwebe**  
BTG Bioliquids BV  
www.btg-btl.com;  
office@btg-btl.com

### Palabras clave

Biomasa, pirólisis, biolíquidos

Biomass, pyrolysis, bioliquids

### Resumen

La biomasa se puede transformar en líquido a través de pirólisis rápida, un proceso en el que los materiales orgánicos se calientan rápidamente a 450 – 600 °C en ausencia de aire. Bajo estas condiciones se producen vapores orgánicos, gases permanentes y carbón vegetal. Los vapores se condensan para formar aceite de pirólisis. Este líquido limpio y uniforme se puede usar como una alternativa sostenible para los combustibles fósiles para la producción de químicos y energía renovable. La pirólisis rápida es un pretratamiento promisorio para transformar biomasa sólida de baja densidad, como por ejemplo racimos vacíos de palma de aceite, en un producto intermedio de alta densidad que puede ser una alternativa para los combustibles fósiles. El establecimiento de btg-btl es, entre otras cosas, el resultado de la implementación exitosa de una planta de pirólisis de 2 toneladas/hora en Malasia en 2005. Esta unidad demostrativa es capaz de convertir los racimos vacíos de la industria palmera en aceite de pirólisis. Actualmente btg-btl está desarrollando una planta de pirólisis a mayor escala (5 t/hora) en los Países Bajos con desechos de madera como materia prima (se espera que entre en funcionamiento en 2011). Basados en estas experiencias se está desarrollando un nuevo proyecto que busca implementar una planta de mayor escala alimentada con madera en los Países Bajos.

### Abstract

Biomass can be transformed into liquid through fast pyrolysis. Fast pyrolysis is a process in which organic materials are rapidly heated to 450-600°C in absence of air. Under these conditions, organic vapors, permanent gases and charcoal are produced. The vapors are condensed to Pyrolysis oil. This clean and uniform liquid can be used as a sustainable alternative to fossil fuels for the production of renewable energy and



chemicals. Fast pyrolysis is promising pre-treatment step to transform solid low-density biomass, such as EFB residues, into a high-density intermediate product that can be an alternative for fossil fuels. In this paper a review will be given on the development of the installation in Malaysia and current challenges and developments. The establishment of btg-btl is, among other things, a result of the successful implementation of a 2 ton/hr pyrolysis installation in Malaysia in 2005. This demonstration unit in Malaysia is able to convert Empty Fruit Bunch (EFB), residues from the Malaysian palm oil industry, into pyrolysis oil. Currently btg-btl is developing a larger scale (5 ton/hr) pyrolysis plant in the Netherlands with (waste-) wood as a feedstock (expected to be operational in 2011). Based on these experiences a new project is under development, implementing a larger scale installation fed with wood in the Netherlands.



## Introducción

La biomasa ofrece alternativas promisorias para productos fósiles. Su uso como combustible, para producir calor y/o electricidad, se está expandiendo rápidamente. Sin embargo, su aplicación a escala industrial se está quedando atrás. Esto se debe a cuatro problemas intrínsecos que se resumen en la sigla cede (Venderbosch, 2007):

1. Los contaminantes presentes. Generalmente se menciona a la ceniza, pero es igualmente importante saber que la biomasa contiene gran cantidad de agua y oxígeno.
2. La estructura varía para cada tipo de biomasa: húmeda/seca, densa/blanda, astillas/polvo, etc.
3. Su disponibilidad: en general está disponible en cantidades que varían entre 1 y 10 t/hora d.a.f.
4. Tiene baja densidad de energía por unidad volumétrica.

Para superar estas desventajas se puede seguir un enfoque indirecto, como por ejemplo, pretratamiento

en el sitio de recolección de la biomasa para crear un producto más denso y uniforme que pueda ser transportado y utilizado en forma más económica. La Tabla 1 muestra diversas opciones de pretratamiento.

Una de las alternativas más promisorias es la pirólisis rápida. El producto líquido, que contiene oxígeno, se puede utilizar como tal, por ejemplo, caldera y turbinas) y en otros químicos, o utilizar en otros procesos, como la producción de biocombustibles.

El interés en los biolíquidos ha crecido rápidamente en los últimos años debido a que:

1. Los combustibles líquidos ya se pueden utilizar en calderas y/o plantas de energía eléctrica existentes.
2. Actualmente se está desarrollando la aplicación en motores y turbinas. Estará disponible en el corto plazo.
3. Los biolíquidos se pueden utilizar como fuentes de energía no intermitentes y satisfacer la demanda actual de energía.

**Tabla 1.** Comparación de varias tecnologías de conversión de biomasa

Tecnología	Productos	Temp. (°C)	Estatus	Acople*	Emisiones	Flexibilidad de materia prima	Almacenamiento de producto	Transporte de producto
Pirólisis rápida	Vapor, electricidad, bioaceite	<600	Demo	No acoplado	Media	Alta	Fácil	Fácil
Gasificación	Syngas, vapor, electricidad	600-900	Demo	Acoplado	Alta	Baja	No es posible	No es posible
Combustión	Vapor, electricidad	600-900	Probada	Acoplado	Alta	Media	No es posible	No es posible
Torrefacción	Residuos torreficados	<350	Demo	No acoplado	Baja	Alta	Media	Media

\* ¿El uso del producto final es posible únicamente en el sitio o cerca de la planta (acople de producción y uso) o se puede separar la producción de la aplicación?

4. La producción de aceite de pirólisis es independiente en escala, tiempo y lugar de su utilización de la demanda real de calor y/o electricidad por lo que el proceso de conversión de la biomasa puede ser optimizado y continuo.
5. La licuefacción es un proceso de pretratamiento relativamente económico.
6. El proceso es flexible con relación a la alimentación de biomasa.
7. La planta de producción de aceite puede generar su propio calor y/o electricidad, es decir, que no requiere fuentes externas de energía.

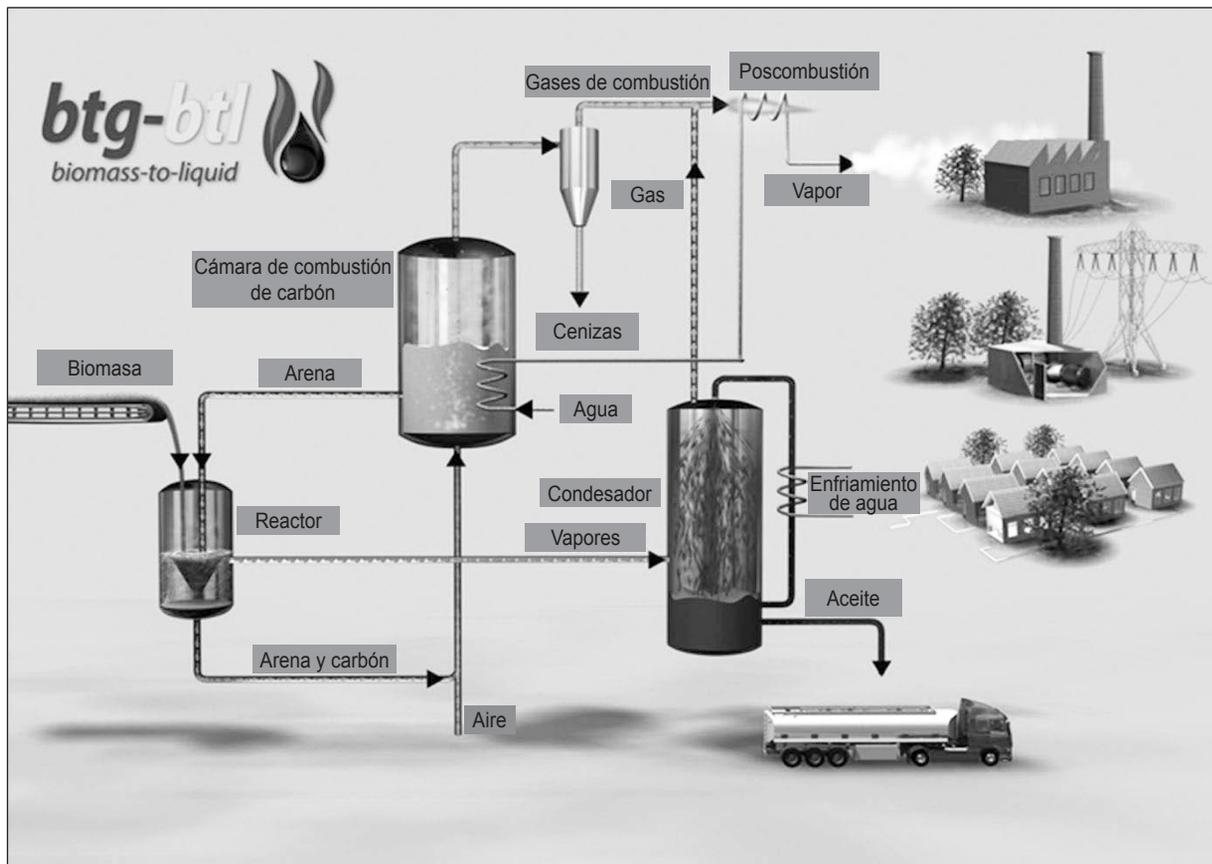
## Proceso de pirólisis de btg-btl

La pirólisis es el craqueo térmico de la biomasa a temperaturas que oscilan entre los 400 y los 600 °C, en ausencia de aire. Incluye el calentamiento rápido de la biomasa cuando se utiliza, por ejemplo, arena caliente, seguido por la condensación rápida de los vapores producidos.

Existen varias técnicas. Biomass Technology Group (btg) en Enschede (Países Bajos), uno de los pioneros, comenzó el desarrollo de pirólisis rápida a comienzos de la década del 90 como un producto colateral en la Universidad de Twente. btg lanzó un nuevo concepto de reactor de cono rotatorio en el que no se requieren gases inertes para la mezcla rápida de la biomasa y el material de lecho caliente.

Con el paso de los años, btg ha mejorado constantemente su tecnología de pirólisis y ha desarrollado soluciones innovadoras, entre las que se destacan el mejoramiento en la forma de hacer la mezcla, que incrementa considerablemente la eficiencia del proceso. Adicionalmente, ha proporcionado soluciones inteligentes para manejar la ceniza pegajosa derivada de la pirólisis. La Figura 1 muestra el proceso de manera simplificada.

Estos desarrollos dieron lugar a la primera unidad comercial del mundo de 50 toneladas/día de racimos vacíos de palma de aceite en Malasia (2005). El éxito



**Figura 1.** Diagrama simplificado del proceso. Comprende la cadena completa desde la recepción de los racimos vacíos, pasando por el almacenamiento, el pretratamiento, hasta llegar a la conversión.



obtenido en ese país dio lugar al desarrollo de una planta con capacidad para procesar 120 toneladas/día de residuos de madera en los Países Bajos.

## Pirólisis de racimos vacíos de palma de aceite en Malasia

En 2005, btg instaló una planta con capacidad para procesar 2 t/hora en Malasia utilizando, como materia prima, racimos vacíos de palma de aceite que hasta el momento se incineraban.

Los racimos vacíos se obtienen directamente de una planta de beneficio cercana, se prensan, se trituran, se secan y se convierten en bioaceite. El proceso, desde el momento del recibo hasta la producción de aceite, toma aproximadamente una hora. El calor requerido para secar los racimos vacíos (65% de humedad inicial) se toma de la unidad de pirólisis y existe un sistema de producción de vapor completamente integrado en la unidad de producción.

La Figura 2 presenta fotos de racimos vacíos y de la planta de pirólisis. Desde mediados de 2005 y durante dos años, la planta operó todos los días. A continuación se presentan los principales logros alcanzados:

1. Se producen más de un millón de litros de aceite, que requieren más de 5.000 toneladas de racimos vacíos de palma de aceite.
2. El aceite es quemado simultáneamente con otro combustible, reemplazando el diésel convencional, en un sistema de eliminación de desechos ubicado aproximadamente a 300 km del sitio.
3. El secado de racimos vacíos a 5% es posible utilizando el exceso de calor del proceso de pirólisis.
4. La calidad del aceite se puede controlar con las condiciones de operación.
5. La energía recuperada del proceso se puede utilizar efectivamente para secar los muy húmedos racimos vacíos y potencialmente para generar la electricidad requerida.
6. La máxima capacidad de la planta es de aproximadamente 1,7 t/hora (diseño de 2 t/hora) en operación diaria continua.

La experiencia con una materia prima tan difícil como los racimos vacíos mostró no solamente el potencial



Figura 2a. Racimos vacíos pretratados.



Figura 2b. Racimos vacíos de palma de aceite sin tratar.

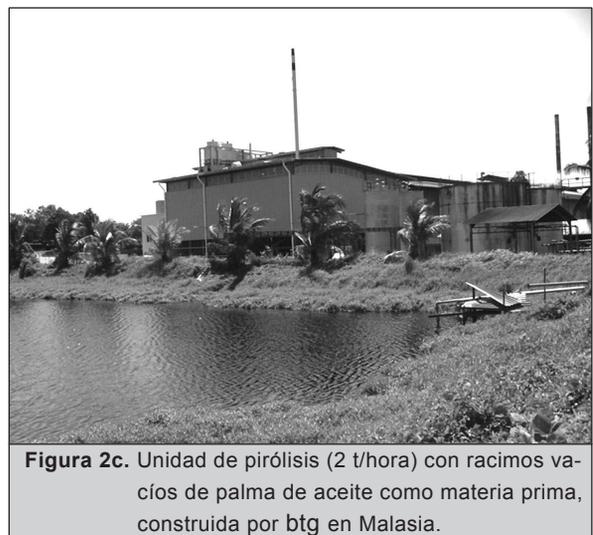


Figura 2c. Unidad de pirólisis (2 t/hora) con racimos vacíos de palma de aceite como materia prima, construida por btg en Malasia.

sino también los problemas críticos de la instalación. Estos problemas se solucionaron, en Malasia, hasta donde fue posible.

1. La combustión del carbón de racimos vacíos en lecho fluidizado tiene alto riesgo de obstrucción debido a la naturaleza específica de las cenizas (Ej. bajo punto de fusión).
2. Se requiere considerable pretratamiento de los racimos vacíos, con alto riesgo de erosión de los equipos, principalmente de las prensas y de las trituradoras.
3. El rendimiento de aceite es menor que el de la madera y el contenido de agua y ceniza es más alto.
4. El suministro de los racimos vacíos de las plantas de beneficio varía considerablemente entre 2 – 2,5 t/hora durante el día y 1 – 1,5 t/hora por la noche, y no es fácil almacenar grandes cantidades de racimos vacíos (secos y blandos). La disponibilidad continua de biomasa es de gran importancia para el proceso.
5. Con esta materia prima tan difícil, los operarios juegan un papel muy importante en el proceso. Por ello se requieren trabajadores calificados para lograr el buen funcionamiento de la planta.

Varios de estos problemas ya se han solucionado en Malasia y se adaptaron de los diseños originales. btg ganó mucha experiencia con esta compleja materia prima durante la operación en los primeros meses. Los racimos vacíos son de baja densidad (80 kg/m<sup>3</sup>), tienen una estructura fibrosa y la ceniza tiene bajo punto de fusión (700 °C). Modificando el sistema de alimentación, se superaron problemas como la baja densidad y la estructura fibrosa del material. Adicionalmente, optimizando las condiciones del proceso en la cámara de combustión se evitó la fusión de las cenizas y la tecnología de pirólisis se hizo más favorable que la quema directa o la gasificación debido a las temperaturas de proceso más bajas.

Considerando el estado del proceso de pirólisis al comienzo del diseño de la planta en el año 2004, el avance en Malasia ha sido significativo. A partir de una serie de experimentos iniciales en 2003 (ocho horas y máximo 100 kg por hora) el sistema se ha ampliado a 24 horas/día y se ha establecido un enlace directo entre la planta de beneficio y la de pirólisis.

## Tecnología y comercialización

La exitosa implementación de la unidad en Malasia, junto con la demanda del mercado, dio lugar al establecimiento de btg BioLiquids B.V. (nombre comercial btg-btl) de btg en 2007.

btg-btl se dedica a la promoción mundial de la tecnología de pirólisis rápida desarrollada por btg y a superar los retos que enfrentan muchos desarrolladores de tecnología, porque una nueva técnica no representa, necesariamente, garantía de éxito comercial para las organizaciones (Davidsson y Klofsten, 2003; Kakati, 2003). Por tanto, el *know-how* y el conocimiento comercial se obtienen con la contratación de expertos. Mientras tanto, btg-btl todavía disfruta de las capacidades y de las competencias de btg para construir plantas de pirólisis de alta calidad.

## Nuevos desarrollos

Uno de los retos para el desarrollo futuro es la integración de calor, junto con el mejoramiento general de la confiabilidad del sistema. El exceso de calor del proceso de pirólisis es más que suficiente para secar la biomasa y para generar electricidad y/o vapor de proceso. Si el diseño es adecuado, la electricidad generada puede satisfacer la demanda de energía de la planta, incluyendo pretratamiento y proceso, también se puede enviar a la red eléctrica local.

btg-btl decidió construir una planta demostrativa de pirólisis rápida a gran escala en Hengelo (Países Bajos) que tendrá una capacidad de 5 toneladas/hora y será alimentada con madera y desechos de madera. El proyecto, conocido con la sigla Empyro, es financiado por la Unión Europea. Durante su construcción se han producido nuevos desarrollos:

1. Se adoptó un enfoque de cadena para esta instalación a gran escala y se aseguró la participación de btg-btl en toda la cadena que comprende suministro y pretratamiento de biomasa, proceso de pirólisis, financiación y venta de aceite.
2. Se mejoró el control de la temperatura de la cámara de combustión para estabilizar el proceso continuo y optimizar el rendimiento y la calidad del aceite.