

Diseño de producción conjunta biodiesel - bioetanol

Viatcheslav Kafarov ^{*a}, Karina Ojeda^a, Eduardo Sánchez^a

(a) *Universidad Industrial de Santander, Colombia*
kafarov@uis.edu.co

(Recibido: Junio 30 de 2006 - Aceptado: Octubre 06 de 2006)

RESUMEN

Se evalúa una nueva tecnología de producción conjunta de biodiesel (200.000 litros/día) y bioetanol (300.000 litros/día) a partir de recursos completamente renovables como el aceite de palma africana y la caña de azúcar. Estos dos procesos se efectuaron de manera conjunta aprovechando los residuos como el bagazo de caña y residuos de palma en la cogeneración de energía. Se utilizó HYSYS® 3.1 para simular el proceso y obtener información sobre los requerimientos energéticos y las dimensiones de los equipos necesarios para lograr la producción deseada.

PALABRAS CLAVE: Bioetanol, biodiesel, caña de azúcar, palma africana.

Design of joint bio-diesel bio-ethanol production

ABSTRACT

A new joint bio-diesel (200,000 liters/day) and bio-ethanol (300,000 liters/day) production technology is evaluated as of completely renewable resources like African palm oil and sugarcane. These two processes were carried out in joint manner by taking advantage of residues like sugarcane baggasse and African palm residues in the cogeneration of energy. The HYSYS® 3.1 was used to simulate the process and gather information on the energy requirements and the dimensions of the equipment needed to achieve the desired production. ...

KEYWORDS: Bio-ethanol, bio-diesel, sugarcane, African palm.

1. INTRODUCCIÓN

El incremento de los precios del petróleo ha favorecido el estudio y desarrollo de combustibles renovables a nivel mundial. Tradicionalmente la obtención de biodiesel se logra por la reacción de aceites vegetales con metanol, cuyo uso presenta diversos inconvenientes, entre ellos, tendría que importarse debido a que no existe producción nacional; proviene de una fuente de energía no renovable como el gas natural; es venenoso y existen fuertes restricciones a su uso ya que es uno de los principales componentes en la preparación de drogas ilícitas.

En Colombia, la producción de biocombustibles se ha desarrollado debido a una serie de incentivos legales, mediante la implementación de leyes que establecen el uso de bioetanol y biodiesel en mezclas con los combustibles de origen fósil, como una estrategia para frenar la dependencia hacia el petróleo y aprovechar los beneficios ambientales que el uso de estos combustibles proporciona. La Ley de Alcoholes Carburantes [1] (Ley 693 de 2001) estipula que a partir del 2005 las gasolinas colombianas deben estar oxigenadas con un 10% de alcohol de la caña de azúcar y otras fuentes potenciales. En la actualidad existen 5 destilerías en el valle del río Cauca que suman una capacidad de producción de 1 millón de litros diarios que equivale al 57% de la demanda y hay proyectos para el montaje de más destilerías en otras regiones del país.

El bioetanol y el biodiesel proporcionan una fuente renovable de energía que revitaliza las economías rurales y genera empleo al favorecer la implementación de un nuevo sector en el ámbito agrícola. Con esto, se puede esperar un impacto positivo sobre el medioambiente, y en consecuencia en la salud de las personas que habitan las ciudades. Los efectos positivos sobre el medio ambiente se deben a que los biocombustibles son compuestos biodegradables, reducen la emisión de gases tóxicos de los vehículos tradicionales, reducen el efecto invernadero y el uso de sus residuos como fuente de energía para cogeneración y disminuye el consumo de combustibles fósiles contaminantes.

Todos estos beneficios indican que la producción y procesamiento del bioetanol y del biodiesel representan una gran oportunidad de negocio tanto para el sector agroindustrial como para el resto del país.

1.1. Producción de Bioetanol

El bioetanol es elaborado a través de la fermentación de productos con alto contenido de carbohidratos como la papa [2], hemicelulosa como la madera blanda [3], inclusive celulosa [4] o residuos de papel [5], melazas azucareras, maíz [6, 7], almidón de trigo, almidón de papa, almidón de yuca y por hidrólisis y fermentación de residuos celulósicos [8, 9, 10].

La caña de azúcar, en sus diferentes variedades es el cultivo que ofrece una mayor cantidad de materia prima para obtener bioetanol en Colombia, actualmente se encuentran cultivadas alrededor de 200.000 Ha [11].

Luego de los procesos de tratamiento, obtención y separación, se obtiene etanol anhidro, el cual es apto para ser mezclado con la gasolina y posee las características necesarias para ser usado como materia prima para la producción conjunta de biodiesel a partir de aceite de palma.

En Colombia se encuentran en operación cinco destilerías con capacidades de producción entre los 150.000 - 300.000 litros/día de bioetanol a partir de caña de azúcar.

1.2. Producción de Biodiesel

El biodiesel se produce a partir de la conversión de los triglicéridos presentes en los aceites vegetales como los obtenidos a partir de palma de aceite, soya, higuera, colza, girasol y ricino [12,13] en ésteres de metilo o etilo a través de un proceso llamado transesterificación. En este proceso, las tres cadenas de ácidos grasos de cada molécula de triglicérido reaccionan con el alcohol en presencia de un catalizador básico para obtener los ésteres etílicos o metílicos que forman el biodiesel y la glicerina, la cual, formada durante el proceso, puede ser purificada y utilizada en las industrias farmacéutica, cosmética y de alimentos.

Las propiedades físicas y químicas del biodiesel dependerán directamente del aceite o grasa del cual provengan y del alcohol que se emplee para su elaboración.

En Colombia es empleado el aceite proveniente de la Palma Africana para la obtención de biodiesel. Fedepalma [14] proyecta, que para el año 2020 estarán cultivadas 743.000 Ha, con una producción de 5,5 ton/Ha de aceite crudo.

Nuestro país ocupa el cuarto lugar en producción a nivel mundial de aceite de palma; es exportador, ya que el mercado interno está saturado. Se producen aproximadamente 1.520 toneladas diarias, de las cuales se exporta aproximadamente un 24%.

En la siguiente tabla se presenta el perfil de ácidos grasos del aceite de palma proveniente de diferentes variedades en Colombia [15].

Tabla 1. Perfil de Ácidos grasos

Parámetro	Elaeis Guineensis	Elaeis Oleífera	Híbrido
Mirístico	0.10	0.5	0.64
Palmitico	39.92	27.1	31.0
Estearico	4.92	2.0	4.22
Oléico	42.53	47.5	52.3
Linoléico	10.37	14.1	11.82
Linolénico	0.95	0.6	0.22

2. DESARROLLO DEL DISEÑO

La simulación del proceso se realizó con el software HYSYS®. Algunos de los componentes fueron elaborados con la herramienta “Hypo Manager” ya que no se encontraban en la base de datos del simulador.

El esquema planteado para el proceso de producción conjunta de biodiesel - bioetanol se presenta en la figura 2. En él se incluye el proceso de elaboración de 300.000 litros diarios de etanol anhidro, destinándose un 80% de la producción para su uso como carburante y el 20% restante como materia prima para la producción de 198.720 litros/día de biodiesel.

El proceso de producción de bioetanol comienza con un tratamiento preliminar que incluye procesos de molienda de la caña de azúcar, clarificación y filtrado que permita la obtención de azúcares fermentables [16].

Para la simulación del proceso se usaron como base de cálculo 167 toneladas de caña/h para producir los 12.5 m³/h de bioetanol correspondientes a una producción de 300.000 litros/día.

Los productos de la fermentación son separados; el CO₂ obtenido en esta etapa es llevado a una columna de absorción en la cual es removido. El etanol obtenido durante la fermentación es llevado a etapas de destilación y rectificación en las

cuales se concentra hasta alcanzar el punto azeotrópico.

A continuación se presentan algunos resultados obtenidos durante el proceso de rectificación del etanol.

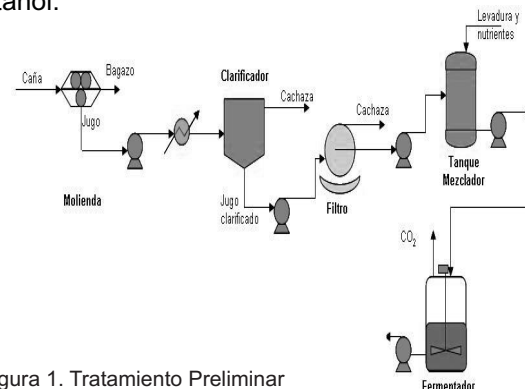


Figura 1. Tratamiento Preliminar

Tabla 2. Condiciones de la corriente a la salida del fermentador

Stream Name	Fermentados
Vapour / Phase Fraction	0.02770
Temperature [C]	30.000
Pressure [kPa]	101.33
Molar Flow [kgmole/h]	5980.2
Mass Flow [kg/h]	1.1641e+005
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	120.00
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-2.872e+005
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	14.841
Heat Flow [kJ/h]	-1.7173e+09
Liq Vol Flow @Std Cond [m3/h]	114.47
Fluid Package	VLE - Basis
Mole Fractions	
Ethanol	0.026900
H2O	0.946411
CO2	0.026600
Methanol	0.000027
Acetic Acid	0.000003
1-Propanol	0.000009
2-Propanol	0.000009
1-Butanol	0.000007
3-M-1-C4ol	0.000021
2-Pentanol	0.000005
Glycerol	0.000007

El etanol obtenido después de la rectificación debe someterse a una etapa de deshidratación a través de proceso con tamices moleculares para obtener bioetanol anhidro, el cual puede utilizarse como materia prima en la producción de biodiesel, ya que la presencia de agua en el proceso de transesterificación favorece la formación de jabones, dificultando así la adecuada producción de biodiesel.

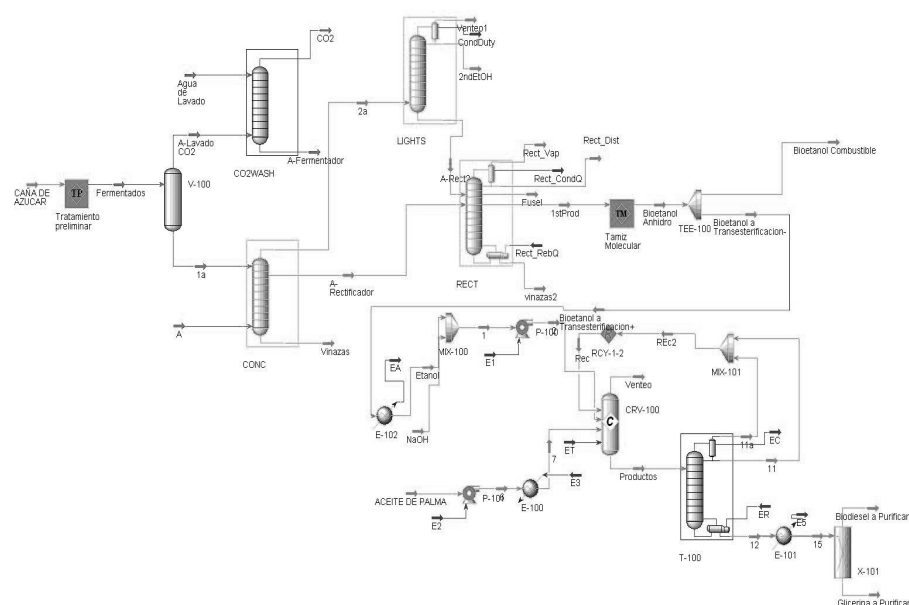


Figura 2. Proceso de producción conjunta biodiesel- bioetanol

Tabla 3. Condiciones de la corriente de etanol a la salida del Rectificador

Stream Name	1st Product
Vapour / Phase Fraction	0.00000
Temperature [C]	78.100
Pressure [kPa]	101.33
Molar Flow [kgmole/h]	236.74
Mass Flow [kg/h]	10130
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	12.600
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-2.711e+005
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	57.709
Heat Flow [kJ/h]	-6.4175e+07
Liq Vol Flow @Std Cond [m3/h]	12.423
Fluid Package	VLE - Basis
Mole Fractions	
Ethanol	0.883100
H2O	0.116900

Tabla 4. Condiciones de Bioetanol Anhidro

Stream Name	ANHYDROUS
Vapour / Phase Fraction	0.00000
Temperature [C]	78.092
Pressure [kPa]	101.33
Molar Flow [kgmole/h]	231.48
Mass Flow [kg/h]	10032
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	12.501
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-2.709e+005
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	58.150
Heat Flow [kJ/h]	-6.2697e+07
Liq Vol Flow @Std Cond [m3/h]	12.352
Fluid Package	VLE - Basis

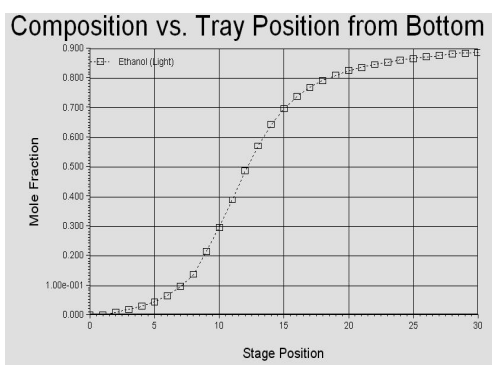


Figura 3. Perfil de composición de etanol en el Rectificador

Tabla 5. Características del Bioetanol

Stream Name	ANHYDROUS
Vapour / Phase Fraction	0.00000
Temperature [C]	78.092
Pressure [kPa]	101.33
Molar Flow [kgmole/h]	231.48
Mass Flow [kg/h]	10032
Std Ideal Liq Vol Flow [m3/h]	12.501
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-2.709e+005
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	58.150
Heat Flow [kJ/h]	-6.2697e+07
Liq Vol Flow @Std Cond [m3/h]	12.352
Fluid Package	VLE - Basis

3. CONCLUSIONES

Con el desarrollo de este trabajo se planteó un esquema del proceso de producción conjunta de bioetanol y biodiesel, se encontraron condiciones de producción del proceso a partir caña de azúcar y palma africana, dos de las materias primas de mayor potencial para la producción de biocombustibles en Colombia.

El diseño desarrollado permitió obtener un proceso de producción de 300.000 litros/día de bioetanol, de los cuales el 20 % fue utilizado como materia prima para la transesterificación de 190.000 litros/día de aceite de palma para producir 198.720 litros/día de biodiesel.

La simulación presenta muchas ventajas, ya que permite realizar el análisis de sensibilidad de parámetros, la actualización inmediata de las condiciones de proceso ante las variaciones que puedan surgir y el escalado de los resultados obtenido al proceso industrial.

La producción conjunta de bioetanol y biodiesel permitirá enlazar ambas agroindustrias, al tiempo que se obtiene un nuevo combustible que disminuye la dependencia del petróleo en momentos donde la futura importación de este recurso es inminente. Además, cuando la cultura del uso de biocombustibles se haya consolidado a nivel nacional, se obtendrán amplios beneficios de tipo ambiental y una importante reducción de la contaminación por causa de los gases de combustión despididos por los motores de los autos. El biodiesel obtenido, al ser un combustible totalmente "bio", incrementa aún más las ventajas ambientales que tradicionalmente ofrecen los biocombustibles.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ley 693, *Ley de alcoholes carburantes*, Diario Oficial No. 44.564, septiembre 27 de 2001.
- [2] A. Satkofsky, *Evaluation of a biomass entrepreneur*, BioCycle, vol. 43, pp. 37-9, 2002.
- [3] M. A. Schneegurt, J. C. Jain, J. A. Menicucci, *Biomass byproducts for the remediation of wastewaters contaminated with toxic metals*, Environmental Science & Technology, vol. 35, pp. 3786 - 3791, 2001.
- [4] K. Martin, *Why solid waste managers should look at the ethanol option*, BioCycle, Vol. 41, No. 2, 2000.
- [5] G. Parkinson, *Ethanol: cheaper processes*, Chemical Engineering, vol. 109, pp. 35 - 39, 2002.
- [6] S. Tally, *Making biofuel from corn stover*, BioCycle, 43, 11, ABI/INFORM Global, pp. 62, Noviembre de 2002.
- [7] J. M. F. Johnson, D. Reicosky, B. Sharratt and M. Lindstrom, *Characterization of soil amended with the by-product of corn stover fermentation*, Soil Science Society of America Journal, vol. 68, No. 1, pp. 139, Jan/Feb 2004.
- [8] <http://www.monografias.com/trabajos14/biocarburantes/biocarburantes.shtml>
- [9] R. Swoboda, *Corn cellulose on the menu*, Wallaces Farmer, 127, 11, BI/INFORM Trade & Industry, pp. 20, Aug. 2002.
- [10] Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), *Cartilla energías renovables: descripción, tecnologías y usos finales*, Ministerio de Minas y Energía, República de Colombia.
- [11] ASOCAÑA (Asociación Colombiana de cultivadores de caña de azúcar), *Informe anual*, disponible en: www.asocana.com.co, 2004.
- [12] J. M. Stell, *Ethanol 101*, Oil & Gas Journal, vol. 102, No. 2, p. 15, Jan 12, 2004.
- [13] Anonymous, *Purdue fuels university transportation fleet with soy biodiesel*, Journal of Resource, vol. 11, No. 4, pp. 4, May 2004.
- [14] FEDEPALMA, disponible en: www.fedepalma.org
- [15] COLCIENCIAS, *Influencia de las condiciones edafoclimáticas, el manejo agronómico, procesamiento y transporte sobre la caracterización físico-química y la calidad del aceite de palma colombiano, informe final*, proyecto código 7262-07-217-99, 2004.
- [16] CENICAÑA, disponible en: www.cenicana.org