

Reseña de modificaciones para las mejoras en el proceso de producción de biodiésel en la Planta Piloto del Departamento de Ingeniería Química

José Andrés Hernández^a, Gamaliel Zambrano^b y Cristian Rossi^c

Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería y Centro de Procesos Industriales, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala

^a jahernandez@uvg.edu.gt

^b zambrano@uvg.edu.gt

^c crossi@uvg.edu.gt

RESUMEN: El biodiésel se ha convertido en una opción atractiva para muchas empresas guatemaltecas que desean desechar de forma adecuada sus aceites vegetales o grasa animal. Esto se observa claramente con el creciente interés de diferentes centros comerciales y entidades gubernamentales que desde el 2016 se han acercado a la Universidad del Valle de Guatemala para evaluar la posibilidad de implementar este proceso. Es por este interés que es importante realizar una reseña de la evolución de la planta de biodiésel del Departamento de Ingeniería Química y Centro de Procesos Industriales, la cual ha evolucionado por más de 10 años, hasta convertirse en una planta que podría procesar hasta 6,600 litros de aceite mensuales.

PALABRAS CLAVE: reseña, biodiesel, transesterificación, catálisis básica.

Overview of the upgrades made to the biodiesel Pilot Plant of the Chemical Engineer Department of the Universidad Del Valle de Guatemala

ABSTRACT: Biodiesel has become an attractive option for many Guatemalan companies that wish to dispose of their vegetable oils or animal fat properly. We have seen a clearly growing interest of different shopping centers and government entities

since 2016 that have approached Universidad del Valle de Guatemala to evaluate the possibility of implementing this process. Due to this interest, it's important to make an overview of the biodiesel plant evolution at the Department of Chemical Engineering and Industrial Processes Center, which has evolved for more than 10 years, to become a plant that could process up to 6,600 liters of oil monthly.

KEYWORDS: overview, biodiesel, transesterification, basic catalysis.

Introducción

Se presenta una breve reseña de las características principales de las diferentes plantas de biodiésel construidas.

Primera generación (antes de 2010)

La planta de biodiésel de primera generación tenía la capacidad de procesar hasta 50 litros de aceite reciclado en 48 horas. Las características específicas de la planta, vista en la Gráfica 1 eran:

1. Planta completamente manual.
2. Estructura metálica móvil.
3. Tanque abierto de acero inoxidable de 80 litros para preparar metóxido, agitación manual y sistema de bombeo a reactor.



Gráfica 1. Planta de biodiésel de primera generación

4. Reactor enchaquetado con capacidad máxima de 60 litros y agitación neumática para reacción, lavado y secado.
5. Carga de aceite manual, hasta un máximo de 50 litros de aceite reciclado.

Segunda generación (2010 - 2012)

La planta de biodiésel de segunda generación tenía la capacidad de procesar hasta 50 litros de aceite reciclado en 24 horas. La reducción a la mitad del tiempo de su predecesora se obtuvo al incluir dos tanques adicionales (glicerina y tratamiento de biodiésel) lo cual permitía iniciar una segunda reacción después de decantada la primera.

Se organizó, además, la planta en diferentes secciones: a) preparación de materias primas, b) reacción y c) post-tratamiento. Ver Gráficas 2 y 3.

Las características específicas de la planta eran:

1. Planta semiautomática.
2. Estructura metálica móvil.
3. Adaptación de prensa de tornillo y filtro prensa al proceso.
4. Tanque abierto de acero inoxidable de 80 litros para preparar el metóxido, agitación manual, con dosificador de solución concentrada de metanol e hidróxido de sodio y sistema de bombeo a reactor. Contaba con un sensor de nivel.
5. Reactor enchaquetado con capacidad máxima de 60 litros y agitación neumática para reacción. Contaba con sensor de temperatura y presión para el control de la reacción, así como un sensor de conductividad para detectar el cambio de fase entre el biodiésel y glicerina.
6. Dos tanques de acero inoxidable, uno para el lavado de biodiésel y otro para el tratamiento de glicerina.
 - a. Tanque de acero inoxidable para tratamiento de glicerina con sensor de pH.
 - b. Tanque de acero inoxidable enchaquetado para el lavado y secado del biodiésel. Contaba con sensor de temperatura y conductividad.
7. Carga de aceite manual, hasta un máximo de 50 litros de aceite reciclado.
8. Marmita de acero inoxidable para precalentamiento de aceite y filtración.
9. Carga de aceite manual o a través del filtro prensa.
10. Delimitación de zona de derrames con bordillo.
11. Instalación de válvulas on/off y proporcionales para la automatización de la planta.
12. Sensores de conductividad, pH, temperatura y presión.
13. Instalación de servicios auxiliares (agua, vapor, aire y electricidad para sensores, válvulas y motores).

Las modificaciones principales fueron:

- a) la planta se automatizó lo cual permitió su operación manual o semiautomática y
- b) el aumento de la productividad por las piezas de equipo adicionales antes descritas (Obregón, 2010; Solís, 2010)

Tercera generación (2012 - 2016)

La planta de biodiésel de tercera generación, tenía la capacidad de procesar hasta 175 litros de aceite reciclado en 24 horas. Un incremento del 350 % comparado a la segunda generación.



Gráfica 2. Planta de biodiésel de segunda generación



Gráfica 3. Prensa de tornillo y filtro prensa adaptados a la planta de biodiésel de segunda generación

A diferencia de la segunda generación, se definieron áreas específicas del proceso: a) el tratamiento de materias primas, y b) las transformaciones físicas y químicas y de post-tratamiento. Lo anterior permitió que el proceso fuera más eficiente y ordenado. A la vez se instaló un nuevo reactor principal con capacidad de 250 litros y un tanque de lavado de 200 litros, ver Gráfica 4.

Las características específicas de la planta eran (Dávila, 2012):

1. Planta semiautomática.
2. Estructuras fijas para cada uno de los equipos.
3. Sistema de tuberías áreas para fácil acceso.



Gráfica 4. Planta de biodiésel de tercera generación

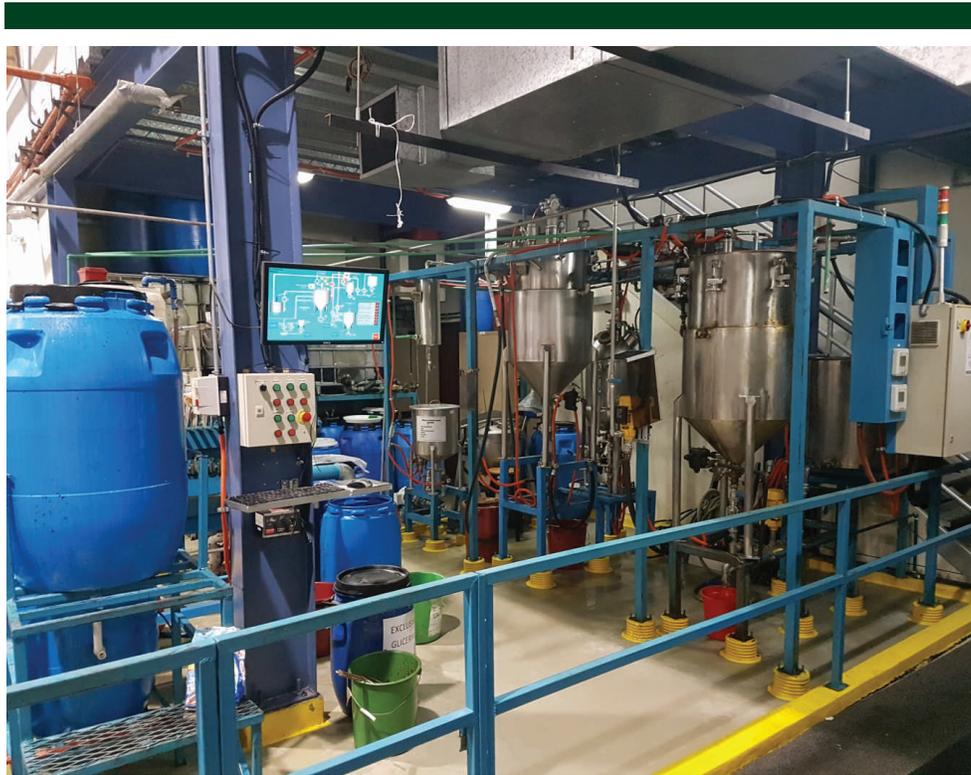
4. Instalación de tanque de almacenamiento para aceite y biodiesel.
5. Instalación de filtro de cartucho para aceite reciclado.
6. Tanque de acero inoxidable de 40 litros con tapadera para preparar el metóxido, agitación por medio de bomba a prueba de explosión y resistente a bases fuertes. Contaba con sensor de nivel.
7. Marmita de acero inoxidable para precalentamiento de aceite y filtración.
8. Reactor encaquetado con capacidad máxima de 250 litros y agitación neumática para reacción. Contaba con sensor de temperatura y presión para el control de la reacción. Así como un sensor de conductividad para detectar cambio de fase entre el biodiésel y glicerina.
9. Dos tanques de acero inoxidable, uno para el lavado de biodiésel y otro para el tratamiento de glicerina.
10. Reactor encaquetado de acero inoxidable con capacidad máxima de 60 litros para tratamiento de glicerina y recuperación con sensor de pH.
11. Tanque de acero inoxidable encaquetado con capacidad máxima de 200 litros para el lavado y secado del biodiésel. Contaba con sensor de temperatura y conductividad.
12. Carga de aceite manual o con bomba manual.
13. Delimitación de zona de derrames con bordillo.
14. Válvulas *on/off* y proporcionales para la automatización de la planta.
15. Sensores de conductividad, pH, temperatura y presión.
16. Instalación de servicios auxiliares (agua, vapor, aire y electricidad para sensores, válvulas y motores).

Cuarta generación (2017 en adelante)

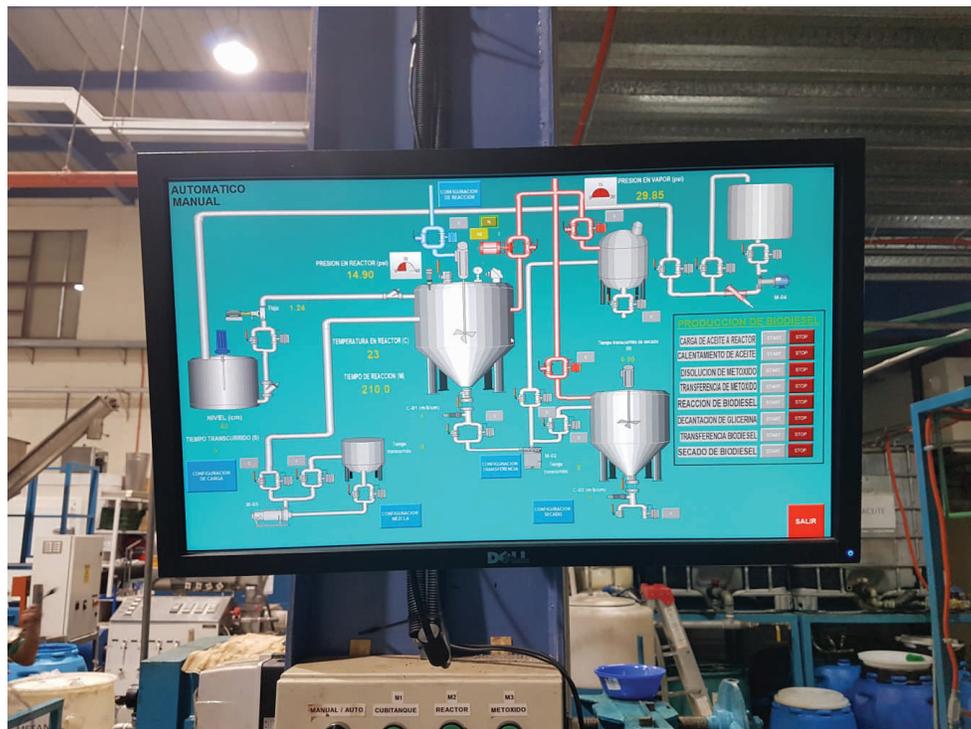
Las únicas modificaciones entre la planta de 3era y 4ta generación son las siguientes, ver Gráficas 5 y 6:

1. Se sustituye el filtro de cartucho por el filtro prensa y dos toneles de sedimentación de 55 galones.
2. Se adicionan bombas y tuberías para cargar el reactor principal desde el tanque de almacenamiento de aceite y otra para transportar el biodiésel del tanque de lavado y secado al tanque de almacenamiento de biodiésel lo cual disminuye el tiempo de producción, evita derrames y facilita la operación.
3. Se reduce el tamaño del lote en 50 litros y a la vez se reduce el tiempo de producción a 8 horas, permitiendo dos lotes diarios, para un incremento de 65 litros en la capacidad de producción de la planta.
4. Se automatiza el proceso por completo, reduciendo las partes manuales al mínimo.

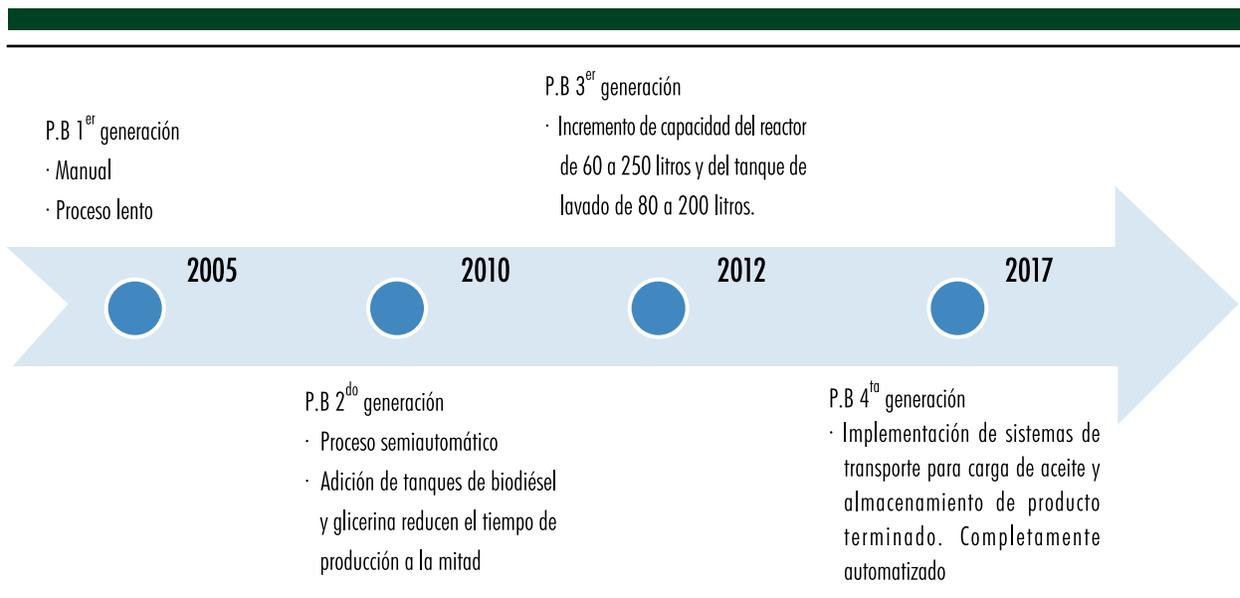
Actualmente la planta tiene una capacidad máxima de procesamiento de 6,600 litros de aceite reciclado por mes.



Gráfica 5. Planta de biodiésel de cuarta generación



Gráfica 6. Software de la planta de biodiésel de cuarta generación



Gráfica 7. Línea de tiempo de modificaciones físicas de la planta de biodiésel

Tabla 1. Eficiencia del proceso

	% masa de biodiesel/masa de aceite empleado								
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	p(α , 0.05)
Promedio	84.09%	90.94%	86.39%	76.84%	89.33%	84.18%	72.36%	87.55%	1.40E-07
Desviación	11.77%	2.88%	8.97%	8.94%	14.31%	10.83%	6.47%	5.61%	

Tabla 2. Proporción de biodiésel/glicerina

	Proporción biodiésel/glicerina								
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	p(α , 0.05)
Promedio	3.99	4.63	3.58	3.11	3.96	3.76	2.99	3.72	5.19E-05
Desviación	0.33	0.35	1.00	0.30	0.97	0.79	0.78	0.13	

Pruebas de operación comparativas y metodología

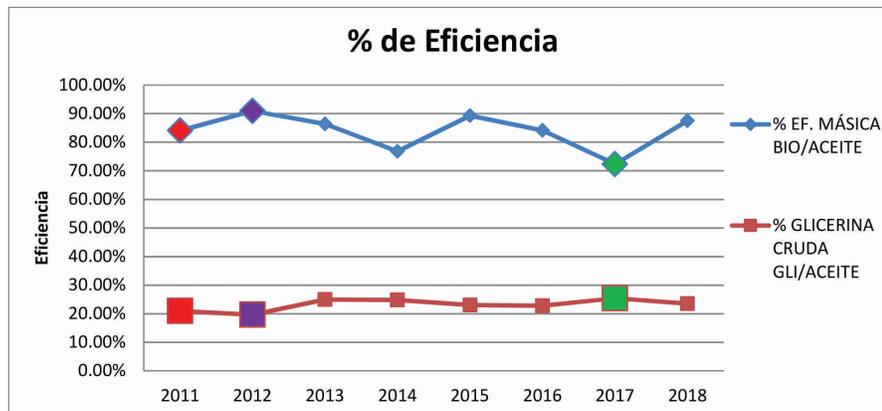
Se decidió partir del 2010 para analizar la operación de la planta ya que en años anteriores no se obtenía una producción significativa y la información estaba incompleta. Se determinaron las principales diferencias de las modificaciones realizadas a lo largo de 8 años y se evaluó su desempeño en función de dos parámetros: a) la eficiencia de conversión (masa de biodiésel/masa de aceite) y b) la proporción biodiésel/glicerina (masa de biodiésel/masa glicerina).

Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si existían diferencias significativas entre las medias de diferentes años a lo largo de los puntos establecidos en la línea del tiempo

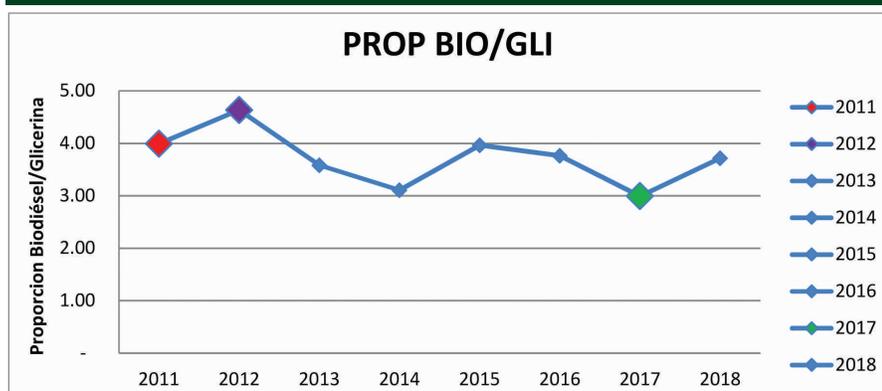
y donde se modificaba la planta. Para esto se empleó la información acumulada hasta el momento en un período de 8 años. Dado que variables como las modificaciones al proceso y a la planta, y el personal operativo afectaban considerablemente a los parámetros, se decidió realizar la comparación por año, estableciendo en los gráficos el momento donde se realizaba algún cambio a la planta, tal como se muestra en la Gráfica 7.

Resultados y discusión

Los datos del promedio y la desviación estándar de los dos parámetros seleccionados se muestran en las Tablas 1 y 2. Las



Gráfica 8. Eficiencia del proceso. Marcador en rojo, segunda generación; marcador en morado, tercera generación, marcador en verde, cuarta generación



Gráfica 9. Proporción de biodiésel/glicerina

tendencias de los datos del promedio respecto al tiempo se ilustran en las Gráficas 8 y 9. Los resultados de la comparación de los dos parámetros seleccionados en función de la generación de la planta se encuentran en la Tabla 3.

Las probabilidades calculadas por medio del análisis de varianza (ANOVA) tanto por año como por modificación a la planta, son inferiores al nivel de confianza establecido del 5 %, por lo que sí existe diferencia significativa entre los años y entre las distintas generaciones. Sin embargo, las tendencias mostradas en forma gráfica indican que los dos parámetros en la actualidad, operando con una mayor productividad están al nivel del inicio del análisis, lo que consecuentemente es positivo.

De acuerdo a Banerjee et al. (2012) el rendimiento de biodiésel obtenido a partir de aceite reciclado de cocina y en condiciones similares a las utilizadas en la planta de biodiesel de la Universidad del Valle de Guatemala es de 84%: a) relación molar (1:6, aceite:metanol), b) porcentaje masa de catalizador (NaOH) 0.7% y c) temperatura de reacción 55 °C, por lo que la planta se encuentra en rangos aceptables de operación al tener un promedio de 83.96 % en su eficiencia en los últimos 8 años.

Tabla 3. Comparación de parámetros en las diferentes generaciones

Análisis ANOVA para indicadores comparando las diferentes generaciones de la planta de biodiésel (2 ^{da} , 3 ^{era} , 4 ^{ta})	p(α , 0.05)
Eficiencia del proceso	4.01E-07
Proporción de biodiésel/glicerina	1.01E-05

Epílogo

La razón principal de las modificaciones a la planta de biodiésel tuvo como motivo responder a los proyectos en donde la Municipalidad de Guatemala y otras empresas privadas solicitaron a la Universidad del Valle de Guatemala, producir biodiésel para llevar a cabo pruebas en vehículos de su propiedad, con el objetivo de demostrar que: a) el uso del biocombustible era seguro, b) que reducía las emisiones de gases de efecto invernadero y c) que en su manufactura se aprovecharía un

desecho contaminante de los cuerpos de agua. Con las modificaciones efectuadas se ha conseguido satisfacer la demanda, ofreciendo al mismo tiempo un biocombustible de calidad certificada y constante.

Bibliografía

Banerjee, N., Ramakrishnan, R., Jash, T. (2013) *Biodiesel production from used vegetable oil collected from shops selling fritters in Kolkata* Energy Procedia, 54: 161-165.

Dávila, J. L. (2012) *Rediseño de la Planta de Producción de Biodiésel de la Universidad del Valle de Guatemala para Aumentar su Capacidad de Producción*. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.

Obregón, J. A. (2010) *Automatización de un Reactor para la Producción de Biodiésel por Catálisis Básica y Purificación de Glicerina*. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.

Solís, M. A. (2010) *Automatización de un Reactor para la Producción de Biodiésel por Catálisis Básica y Purificación de Glicerina*. 2010: Universidad del Valle de Guatemala.