

PLANTEAMIENTO DE USO DE
BIODIESEL ELABORADO A PARTIR
DE ACEITE QUEMADO,
SUSTITUYENDO AL DIÉSEL FÓSIL
COMO FUENTE DE COMBUSTIBLE.,
COMO SUSTITUTO DE DIESEL FOSIL
COMO FUENTE COMBUSTIBLE.



1. RESUMEN



Universidad de Morelos

Facultad de Ingeniería y Tecnología



Planteamiento de uso de biodiesel elaborado a partir de aceite quemado, sustituyendo al diésel fósil como fuente de combustible.

Trabajo de Investigación
Presentado a cumplimiento parcial
De los requisitos para el grado de
Licenciatura en ingeniería industrial y de sistemas

por

Erick Daniel Cortés Quiroz

Mayo 8 2014

Síntesis

La presente investigación, se centra en la comparación de potencia, liberación de calor y cambio de temperatura de tres combustibles: diésel, biodiesel y gasolina, con la finalidad de demostrar que el biodiesel puede cumplir con las mismas funciones que el resto de los combustibles fósiles y de esta manera sugerir el cambio de diésel a biodiesel para combustible en una caldera de diésel. Al realizar el estudio se comprobó que esta energía alternativa, biodiesel, no solo iguala los otros dos combustibles sino que los supera en los tres aspectos de estudio, potencia, liberación de calor y cambio de temperatura. Es por ello que se sugiere el biodiesel como combustible para la caldera, además que sus emisiones de CO₂ son menores a cualquiera de los otros combustibles, disminuye la contaminación del medio ambiente al reutilizar el aceite quemado. Además se recopilieron datos de la empresa COLPAC y se estimó un ahorro anual de \$77,040 pesos y de \$131,222.4 pesos en caso de reutilizar el aceite quemado que esta empresa desecha.

Palabras Clave: Biodiesel, Caldera, Aceite Vegetal, Aceite Quemado, Reutilización, Energía Alternativa, Comparación.

2. PRIMEROS PRELIMINARES

Dedicatoria

En el tiempo invertido en esta etapa de mi vida he podido desarrollar diversas facultades y competencias, marcando así esta tapa como importante y trascendental en mi vida. Terminar con esta etapa abre más puertas en el camino que me está por venir, es por ello que la finalizo con el deseo de seguir superándome tanto en mi vida profesional como personal.

Culminar este trabajo ha sido, definitivamente, gracias a amigos. Gracias Maylin Morales. por tu apoyo, profesor Gerardo Romo y Emiliano Cruz por sus ideas; pero sobre todo este éxito lo dedico a mi madre Araceli Quiroz de Cortés, por su inagotable y constante consejo, porque durante 21 años me los regalo sin buscar nada a cambio.

Dios a ti doy gracias por las capacidades que me has dado y por las que me has hecho trabajar, creo en ti y pido a ti sabiduría para todo lo que ha de venir, te agradezco por ayudarme a cumplir el sueño de ser un profesional, dame fuerzas para continuar cuando no haya más camino, confió en ti.

3. INDICE Y SEGUNDOS PRELIMINARES

Generales

1. RESUMEN.....	II
Datos Generales	II
Síntesis	III
Palabras Clave.....	III
2. PRIMEROS PRELIMINARES.....	IV
Dedicatoria.....	IV
3. INDICE Y SEGUNDOS PRELIMINARES	V
Generales.....	V
Ilustraciones	VII
Tablas	VII
4. GENERALIDADES	8
4.1 Antecedentes	8
4.1.2 Elaboración del biodiesel	10
4.1.4 Preparación del metóxido de sodio	12
4.1.5 El proceso de Transesterificación	12
4.1.6 Decantación y separación.....	12
4.1.7 Lavado y secado del biodiesel	12
4.1.8 Comprobar la calidad del biodiesel.....	13

4.2 Declaración del problema	13
4.3 Definición del problema.....	14
4.4 Justificación	14
4.5 Objetivo de la investigación y/o proyecto.....	14
4.6 Preguntas e Hipótesis	15
4.6.1 Hipótesis de la investigación:	15
5. APOORTE DEL PROYECTO	15
5.1 Metodología	15
5.1.1 Introducción	15
5.2 Materiales.....	15
5.3 Implementación y Captura de Datos	16
6. APOORTE DEL ESTUDIANTE	17
6.1 Análisis de Datos	17
6.2 Análisis de datos producción COLPAC.....	24
6.2.1 Análisis de costos.....	26
6.2.2 Análisis de costos reutilizando el aceite quemado.....	26
7. Conclusión	27
7.1 Reflexión.....	27
7.2 Recomendaciones.....	28
7.3 Futuros Aportes.....	28

8. APENDICES	29
Anexo	29
Bibliografía	32

Ilustraciones

Figura 1 Diesel vs Tiempo	18
Figura 2 Gasolina vs Tiempo	19
Figura 3 Anderson-Darling	20
Figura 4 Residuales Delta Temperatura.....	20
Figura 5 Boxplot Delta Temperatura	23
Figura 6 Comparacion de Potencia	23
Figura 7 Cantidad de Calor	24
Figura 8 Porcentaje individual productos/Kilogramo	25

Tablas

Tabla de datos 1	29
Tabla de datos 2	29
Tabla de datos 3	30
Tabla de datos 4 Potencia.....	30
Tabla de datos 5 Calor	30
Tabla de datos 6 Producción COLPAC	31

4. GENERALIDADES

4.1 Antecedentes

El uso por primera vez de aceites vegetales como combustibles, se remonta a hace más de 100 años, siendo Rudolph Diesel (El padre del motor quien llevara su nombre) quien lo utilizara por primera vez cuando desarrolló la primera máquina diésel que fue corrida con aceite vegetal en 1911 y quien predijera el uso futuro de biocombustibles.

Sus primeros intentos fueron para diseñar un motor para funcionar con polvo de carbón, pero más tarde diseñó su motor para funcionar con aceite vegetal (aceite de cacahuate) y dijo: “El uso de aceites vegetales para combustibles de motor puede verse insignificante hoy, pero los aceites, pueden en el transcurso del tiempo ser tan importantes como el petróleo y el alquitrán de hulla, productos del tiempo presente”. La idea expresada, haría a sus motores más atractivos para los agricultores, con una fuente de combustible fácilmente disponible. (Moon, 1974)

Los biocombustibles orgánicos primarios y/o secundarios derivados de la biomasa, pueden ser sólidos, gaseosos o líquidos (Alimentación, 2001)

La producción de biodiesel a partir de aceites vegetales usados puede representar un buen ejemplo de cómo resolver de forma combinada problemas económicos, ambientales y sociales. La creación de este biodiesel puede reducir efectivamente el costo de la materia prima, así como resolver el problema de donde depositar el aceite desechado. (Lin, Yang, Chen, & Lin, 2013)

Las principales formas de utilización de los biocombustibles son: la combustión para producir calor aplicable a la calefacción urbana, a procesos industriales o a la generación de

electricidad, y a la carburación en motores térmicos, tanto de explosión como de combustión interna (Juana, Francisco, Santos, Herrero, & Crespo, 2003)

El biodiesel es un combustible oxigenado, por eso tiene una combustión completa en comparación al diésel derivado del petróleo y produce menos gases contaminantes. Tiene un punto de inflamación relativamente alto (150°C) que le hace menos volátil que el diésel del petróleo y es por lo tanto más seguro de transportar.

Las características del biodiesel son las siguientes

- Biodegradable
- Combustible limpio
- No toxico
- Alto índice de lubricidad
- Libre de azufre y aromáticos

El proceso de transesterificación es uno de los métodos más comunes para crear biodiesel a partir de aceite vegetal quemado, en presencia de un catalizador para formar esterres aquíliticos de ácidos grasos y glicerina. (Sinha, Agarwal, & Garg, 2008) (Atadashi, Aroua, & Aziz, 2010) El proceso de transesterificación de doble paso consiste en: Un catalizado básico, seguido por un catalizador ácido. La modificaciones en este estudio en particular incluyeron una reducción en la concentración del catalizador, así como una reducción en el tiempo de reacción del primer paso y la mezcla directa de la solución metanol/acido, sin enfriar el sistema entre el primer y el segundo paso. En comparación entre el biodiesel lavado y no lavado demuestra que el proceso de lavado y secado final es necesario para resultados satisfactorios. (Guzzato, de Martini, & Samios, 2011)

4.1.2 Elaboración del biodiesel

Para la elaboración del biodiesel a partir de aceites vegetales quemados el método usado en la presente investigación es llamado transesterificación, este método es considerado como un proceso de conversión bioquímica (Ganduglia, 2009) y consta de las siguientes etapas.

4.1.2.1 Filtrado de las impurezas del aceite

Filtrar el aceite para quitarle los restos de comida. Calentarlo hasta 35° C (95° F), aproximadamente, para que esté más fluido y pase bien por el filtro. Para realizar el filtrado se puede utilizar un paño o un filtro de café.

4.1.2.2 Evaporación de residuos de H₂O

Calentar el aceite hasta los 100° C (212° F) y mantener la temperatura mientras el agua se evapora. Se agita constantemente para evitar que se formen burbujas de vapor, que luego explotan salpicando aceite caliente. También debe drenar el agua que se va hundiendo hasta el fondo.

Una vez que el vapor se reduce se aumenta la temperatura hasta 130° C (265° F) durante diez minutos. Una vez finalizado el proceso se debe dejar en reposo hasta que el aceite se enfríe.

4.1.3 Valoración para calcular la cantidad de lejía (catalizador)

Para saber cuánta lejía (soda o sosa cáustica) es necesaria, se mide la acidez por el método de valoración.

Se disuelve, totalmente, un gramo de lejía en un litro de agua destilada dando como resultado la muestra que sirve como valor de referencia en el proceso de valoración.

Mezclar en un recipiente pequeño 10 ml de alcohol isopropílico con 1 ml del aceite. Se añaden dos gotas de fenolftaleína, que es un indicador ácido-base incoloro en presencia de ácidos, y rojo en presencia de bases.

Con un cuentagotas graduado, se añaden dos décimas de ml a la disolución de aceite/isopropílico/fenolftaleína, gotas de la solución de lejía. Una vez añadidas las gotas se agüita vigorosamente la disolución.

Se debe observar el cambio de la disolución a color rosa durante aproximadamente 10 segundos, indicando el pH de 8 – 9. Para encontrar la cantidad exacta de gotas.

La prueba de valoración se realiza al menos tres veces para, asegurar la relación de la solución de lejía en el aceite para alcanzar el pH esperado. (Zueleta, Bonet, Diaz, & Bastidas, 2008)

4.1.3.1 Cómo se calculó la cantidad de lejía

Se multiplica el número de ml medidos en la valoración por el número de litros de aceite que se desea convertir en biodiesel. Luego se suma 3,5 gr de lejía por cada litro de aceite cocinado que se vaya a convertir en biodiesel.

4.1.3.2 Lotes de prueba

Se comienza mezclando la lejía (soda o sosa cáustica) y el metanol con una batidora, con utensilios completamente secos, hasta que la lejía se encuentra totalmente disuelta. Después de preparar el metóxido de sodio se añade un litro de aceite.

4.1.4 Preparación del metóxido de sodio

Se añade una relación de metanol del 20% en masa de la cantidad de aceite. Para estar completamente seguros, se mide medio litro de cada líquido, se pesa y se calcula exactamente el 20% en masa.

Por ejemplo: para 100 litros de aceite hacen falta 20 litros de metanol.

Utilizar un recipiente de acero inoxidable completamente seco.

4.1.5 El proceso de Transesterificación

Para que la reacción química se produzca sin problemas, se calienta el aceite hasta aproximadamente los 48-54° C (120-130° F).

Para mezclar se puede utilizar un taladro eléctrico. Luego se añade el metóxido en el aceite mientras se bate, y se sigue agitando la mezcla durante 50 o 60 minutos. La reacción suele completarse en media hora, pero es mejor batir durante más tiempo.

4.1.6 Decantación y separación

Se decanta la mezcla durante ocho horas, esperando la separación del biodiesel y la glicerina.

La glicerina y el biodiesel pueden ser separados con un recipiente agujerado en el fondo, conectado a una manguera, la glicerina que se encuentra al fondo se deposita en un recipiente, y el biodiesel en uno distinto.

4.1.7 Lavado y secado del biodiesel

En el primer lavado se utiliza ácido acético, para obtener un pH neutro. Los siguientes dos lavados se puede utilizar agua común y corriente.

Primero se agrega el ácido acético en el recipiente hasta completar aproximadamente un tercio del volumen. Luego, añade el biodiesel. Después de agitar con cuidado estos dos líquidos, se deja que reposar por una hora hasta que se ve claramente la separación de los dos líquidos. El biodiesel limpio queda encima y el agua con los jabones disueltos se puede extraer por una válvula en el fondo del recipiente.

4.1.8 Comprobar la calidad del biodiesel

La calidad del biodiesel se obtiene midiendo su pH, con la ayuda de un medidor electrónico. (Debe ser neutro (pH 7). Se verifica y el pH del biodiesel elaborado, así como una evaluación visual del aspecto, este debe ser parecido al aceite vegetal, pero con un matiz marrón.

(Addison, n.d.)

4.2 Declaración del problema

La conservación del aire, el agua y el suelo hoy en día son los elementos primordiales a tomar en cuenta para la sobrevivencia de las especies en la tierra, indiscutiblemente la del hombre también.

Tanto en México como en todo el mundo, una crisis energética ha emergido y en pocos años incrementará, se espera que las reservas combustibles para muchos países productores de petróleo a mediados de siglo XXI, estén escasas y debido a esto, los precios tanto del crudo como de los combustibles como gasolina, diésel y otros continúen incrementando considerablemente, es por ello que es necesario buscar fuentes alternas de energía. (Angeles, et al., 2012)

El Biodiesel es un combustible elaborado a partir de la mezcla de aceite vegetal o grasa animal. Es un combustible estable, funciona en cualquier motor diésel, reduce las emisiones contaminantes a la atmósfera, en comparación al diésel, puede ser mezclado con diésel proveniente del petróleo, es de fácil elaboración y seguro para almacenar. (Pahl, 2008)

4.3 Definición del problema

Actualmente es conocido que los combustibles fósiles llegarán a un punto de escases, por ello los precios en estos combustibles han ido aumentando desmesuradamente. Es por esto que se propone la utilización del biodiesel, sintetizado a partir de aceites vegetales, por tres motivos: menores emisiones de dióxido de carbono, materia prima de fácil obtención y porque el desecho inconsciente de una sola gota de aceite de cocina usado, deja inutilizable 100 litros de agua, es por ello que se debe desechar, sino reciclar. (Lira, 2005)

4.4 Justificación

Debido a la creciente concientización de las industrias y del gobierno por el cuidado al medio ambiente, en esta investigación se plantea el cambio de combustible diésel a la utilización del biodiesel, creado a partir de aceite quemado, ya que tiene facilidad de uso y puede desempeñarse de manera natural en cualquier motor diésel, haciendo posible su sustitución de manera sencilla.

4.5 Objetivo de la investigación y/o proyecto

Hacer una propuesta que plantee la sustitución del diésel por el uso de biodiesel hecho a partir de aceite quemado, esto se pretende hacer demostrando que ambos poseen similares capacidades en cuanto a liberación de calor, potencia y cambio de temperatura en el agua.

4.6 Preguntas e Hipótesis

- ¿El biodiesel cumple la función de igual o mejor manera que los derivados del petróleo?
- ¿La liberación de dióxido de carbono es menor en el biodiesel que en el diésel?
- ¿Existe ahorro económico significativo al implementar el uso del biodiesel?

4.6.1 Hipótesis de la investigación:

- Se puede obtener aceite filtrado y combustible ecológico (biodiesel) a partir de aceites usados, mediante la transesterificación.
- El biodiesel cumple de manera similar en lo que se refiere a potencia, energía calorífica y cambio de temperatura a lo que ofrece la gasolina y el diésel fósil.
- El biodiesel puede llegar a tener una liberación de calor más alta que el de la gasolina y el diésel

5. APOORTE DEL PROYECTO

5.1 Metodología

5.1.1 Introducción

El experimento realizado se planteó para obtener un gráfico del cambio de temperatura del agua en el tiempo, utilizando tres tipos de combustibles y compararlos. Los combustibles utilizados fueron: gasolina, diésel y biodiesel.

5.2 Materiales

Para elaborar dicho experimento se utilizaron materiales bastante simples y de fácil obtención, que son los que se mencionan a continuación:

- Recipientes elaborados a partir de hojalata
- Estopa
- Termómetro (certificación NFS (Cooper=Atkins, 2014))
- Cronometro
- Regla métrica
- Vaso graduado
- Cuchara graduada

5.3 Implementación y Captura de Datos

Para llevar a cabo el experimento se respetaron procedimientos para eliminar variaciones, es por eso que se ejecutó el mismo día, se utilizó el mismo contenedor de agua a temperatura ambiente (24 °C) para cada una de las mediciones fue necesario utilizar contenedores nuevos, con la misma medida de apertura que las demás latas, cada uno de los contenedores se llenó con 100 mililitros de agua a temperatura ambiente, cada estopa fue pesada con un peso individual de 0.7 gr y fue impregnada con 2.5 mililitros del combustible a probar.

Una vez que el recipiente con la cantidad correcta de agua fue puesto sobre la base con la estopa previamente rociada con 2.5 mililitros de combustible, se colocó el termómetro con la precaución de no rozar o tocar paredes del recipiente, esto se logró con la ayuda de un soporte diseñado específicamente para el contenedor, se prendió fuego a la estopa y se tomaron mediciones de los cambios de temperatura en el tiempo con intervalos de 30 segundos durante 5 minutos.

Este experimento se replicó 10 veces por cada tipo de combustible. Es decir se aplicó el mismo experimento 10 veces a gasolina, 10 veces a diésel y 10 a biodiesel.

6. APOORTE DEL ESTUDIANTE

6.1 Análisis de Datos

En la figura 1 se muestra el comportamiento de la temperatura promedio del biodiesel conforme al tiempo, empezando con una temperatura de 24 °C alcanzando una temperatura promedio máxima de 45 °C

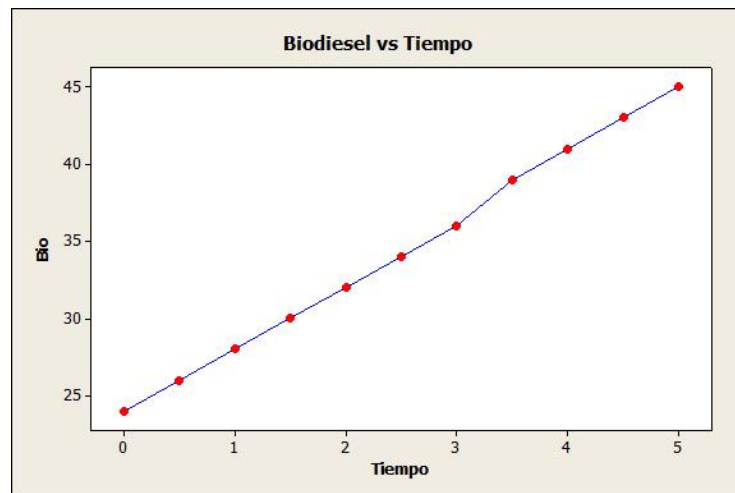


Figura 1 Biodiesel vs Tiempo

En la Figura 2 se muestra el comportamiento de la temperatura promedio del diésel conforme al tiempo, empezando con una temperatura de 24 °C alcanzando una temperatura promedio máxima de 42 °C

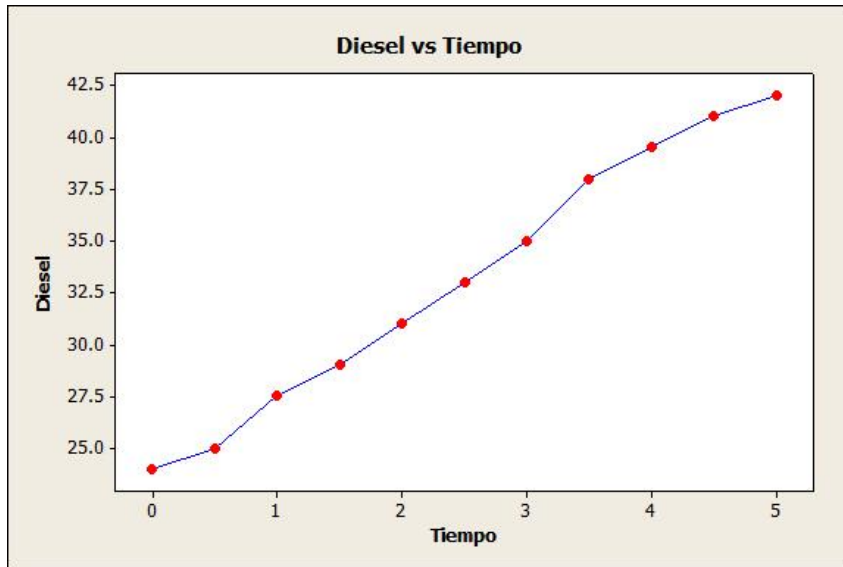


Figura 1 Diesel vs Tiempo

En la figura 3 se muestra el comportamiento de la temperatura promedio de la gasolina conforme al tiempo, empezando con una temperatura de 24 °C alcanzando una temperatura promedio máxima de 40.5 °C

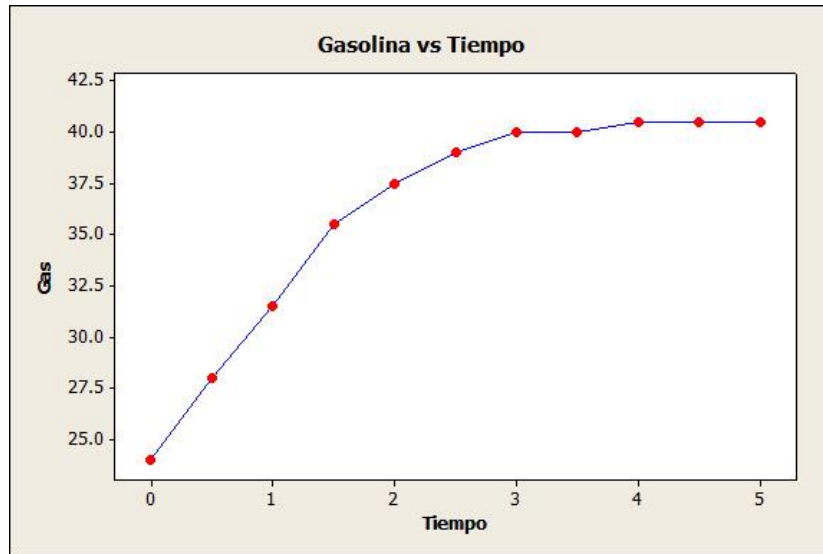


Figura 2 Gasolina vs Tiempo

Como se puede apreciar en las gráficas anteriores el biodiesel alcanzo la mayor temperatura promedio en comparación a los demás durante el tiempo total de 5 minutos. Sin embargo para poder responder a las preguntas de investigación planteadas se realizó una comparación utilizando el método de Tukey, con la ayuda de un software estadístico Minitab 16.

Primeramente se revisó el cumplimiento de del supuesto de normalidad para ello se realizó el test Anderson-Darling planteando la siguiente hipótesis:

H₀= Se cumple con distribución normal

H₁= No se cumple con distribución normal

Tomando el valor *P* menor a 0.05 se rechaza H₁, en conclusión hay evidencia muestra de que existe normalidad en los datos. (Figura 4)

De igual manera se cumplen los supuestos de varianza constante e independencia tomando como evidencia las figura 5.

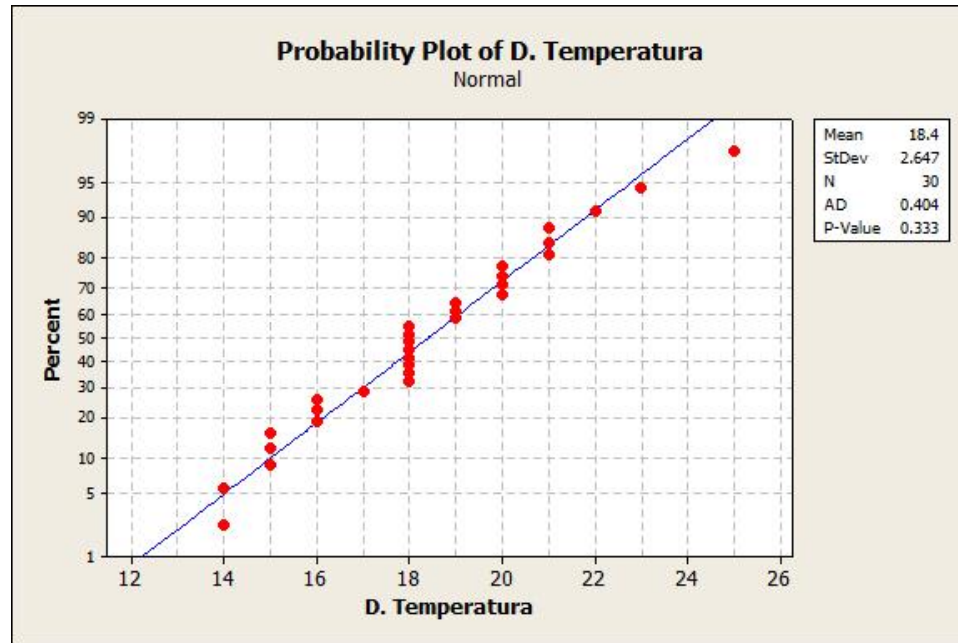


Figura 3 Anderson-Darling

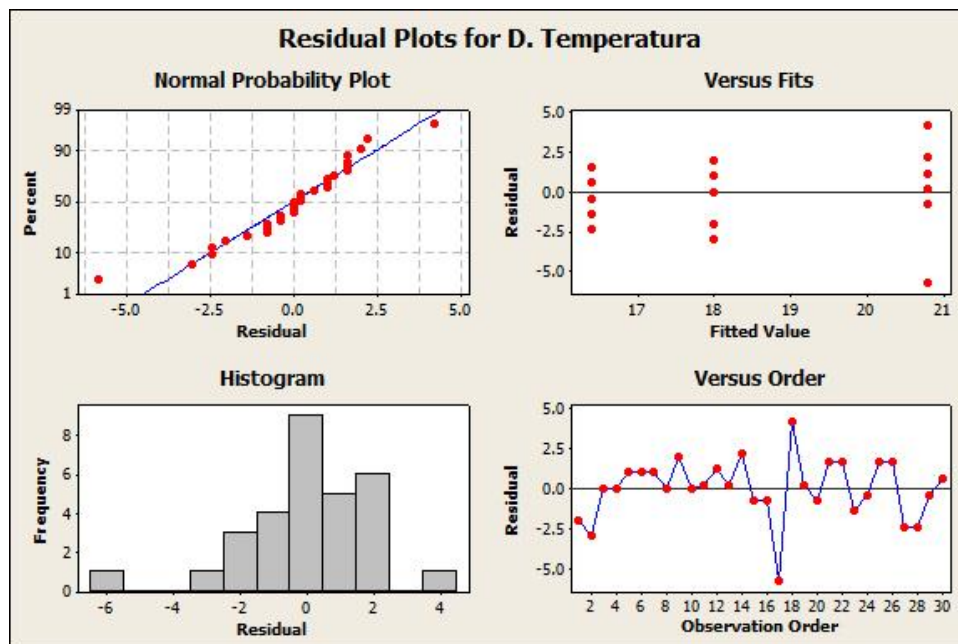


Figura 4 Residuales Delta Temperatura

Una vez revisado el cumplimiento de los supuestos y concluir con que son positivos, se procedió a analizar la tabla anova para ΔT (cambio de temperatura) planteando la siguiente hipótesis:

H_0 = No hay diferencia significativa en el cambio de calor entre los combustibles.

H_1 = Al menos uno de los combustibles tiene diferencia significativa en la liberación de calor.

El valor p dado es menor a 0.05 se rechaza H_0 se rechaza, entonces al menos uno de los combustibles tiene una diferencia significativa en la liberación de calor. Para poder encontrar cuál de ellos es diferente estadísticamente a los demás, se utilizó el método de Tukey.

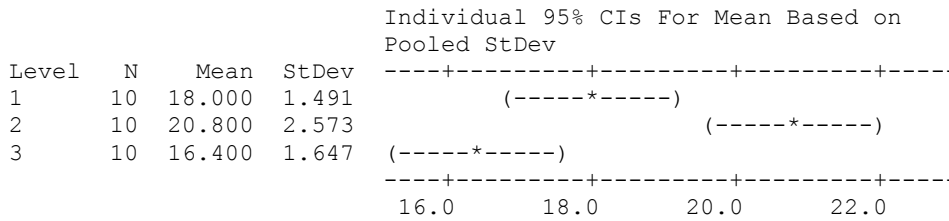
Como se puede ver en la figura 6 se encuentran marcados dos, outliers, uno para diésel y otro para biodiesel, ambos atribuidos a un viento en el momento que un individuo entro al área de experimentación, es por ello es se procede a descartarlos.

Una vez descartados estos outliers se procede al análisis de los diagramas de caja. La figura 6 muestra un desfase en el combustible no. 2 (correspondiente al biodiesel), en comparación a los demás al no. 1 (diésel) y 3 (gasolina), esto indica que el combustible no. 2 es estadísticamente diferente a los demás. De igual manera la herramienta de software Minitab 16 muestra en la tabla 1 claramente que el biodiesel se encuentra en el grupo A, mientras que en el grupo B diésel y gasolina no son diferentes en sus medias.

One-way ANOVA: D. Temperatura versus Combustible

Source	DF	SS	MS	F	P
Combustible	2	99.20	49.60	12.88	0.000
Error	27	104.00	3.85		
Total	29	203.20			

S = 1.963 **R-Sq = 48.82%** R-Sq(adj) = 45.03%



Pooled StDev = 1.963

Tabla 0 Separacion de Grupos

Grouping Information Using Tukey Method

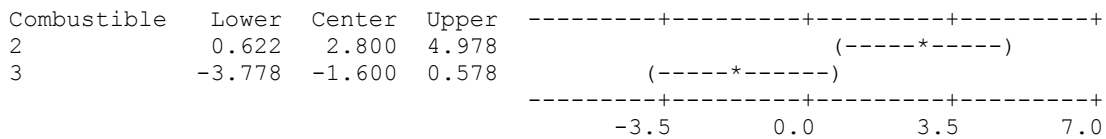
Combustible	N	Mean	Grouping
Biodiesel	10	20.800	A
Diésel	10	18.000	B
Gasolina	10	16.400	B

Means that do **not** share a letter are significantly different.

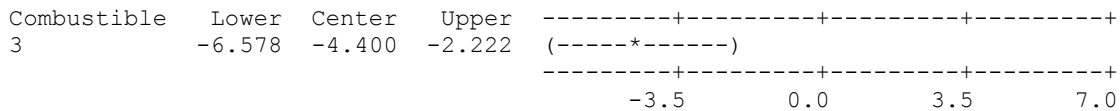
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Combustible

Individual confidence level = 98.04%

Combustible = 1 subtracted from:



Combustible = 2 subtracted from:



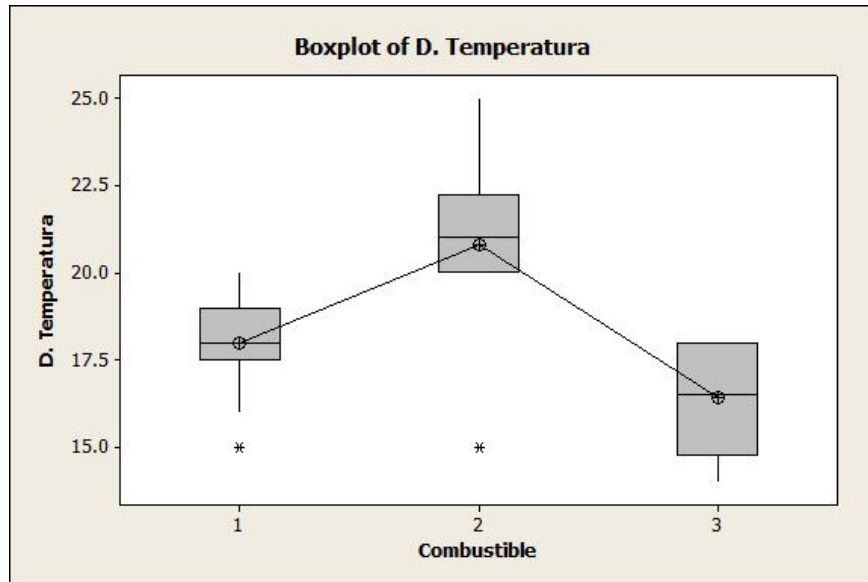


Figura 5 Boxplot Delta Temperatura

En la figura 7 muestra la potencia liberada por los tres combustibles en estudio. Como se puede ver el biodiesel libera una mayor cantidad de watts que el diésel y la gasolina con una diferencia de 4187.60469 watts y 6281.40703 watts respectivamente.

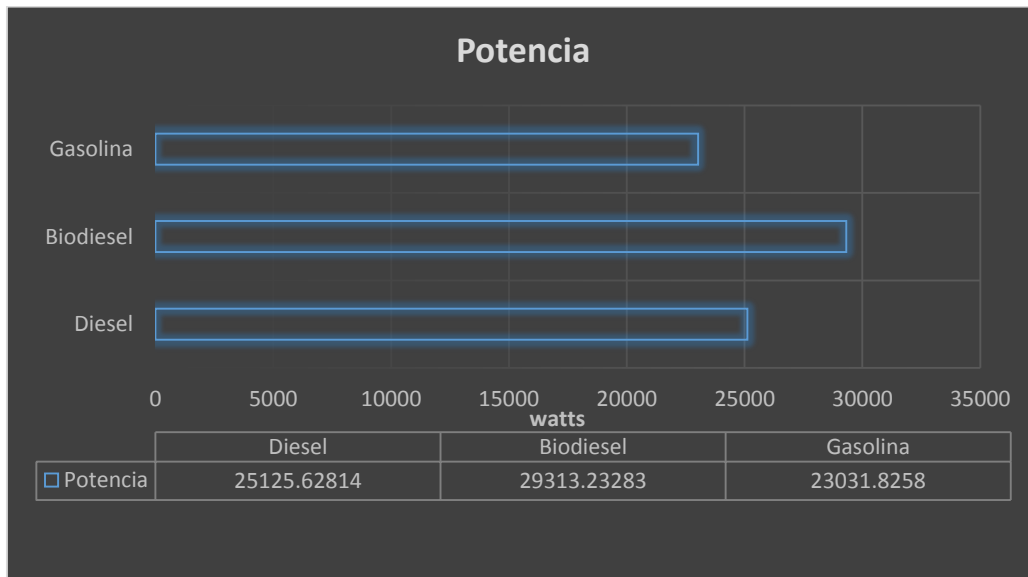


Figura 6 Comparacion de Potencia

Utilizando la formula $Q = m c \Delta T$ se recopilaron los datos de la figura 8 donde el biodiesel mostro una mayor liberación de calorías, 300000 más que el diésel y 450000 más que la gasolina.

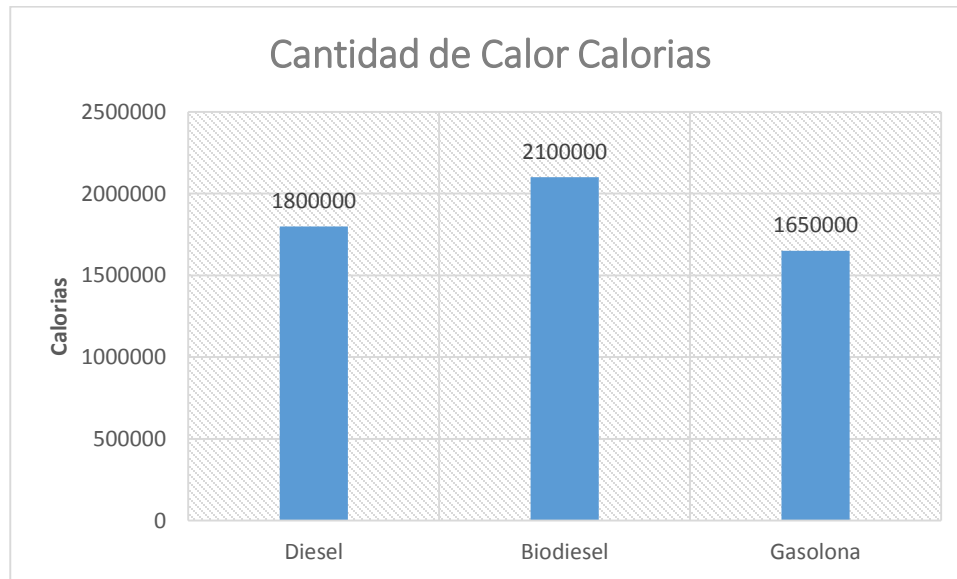


Figura 7 Cantidad de Calor

6.2 Análisis de datos producción COLPAC

Con los datos provistos por la empresa de alimentos COLPAC, ubicada en la Universidad de Montemorelos, se analizó el consumo del diésel que ellos utilizan en su caldera y se elaboró una comparación con los datos obtenidos de la energía calorífica del biodiesel.

Semanalmente la empresa consume 500 litros de diésel que utilizan para elevar la temperatura de agua de su caldera hasta un promedio de 100 grados centígrados, esta caldera se utiliza para la elaboración de los siguientes productos: Bistec, Bistec Lata, Boloña, Bolonia Padecería, Carne Molida, Chorizo, Deshebrada, Hamburguesa, Hamburguesa Res, Nuggets,

Salchicha Tofu, Salchicha, Salchicha Lata, Salchicha Padecería, Salchichón, Yogurt Fresa, Yogurt Mango, Yogurt Natural y Yogurt Natural Dulce.

Estos productos tienen un porcentaje individual mostrado en la gráfica 0. Como se puede apreciar la salchicha es la más producida, seguida por la bologna.

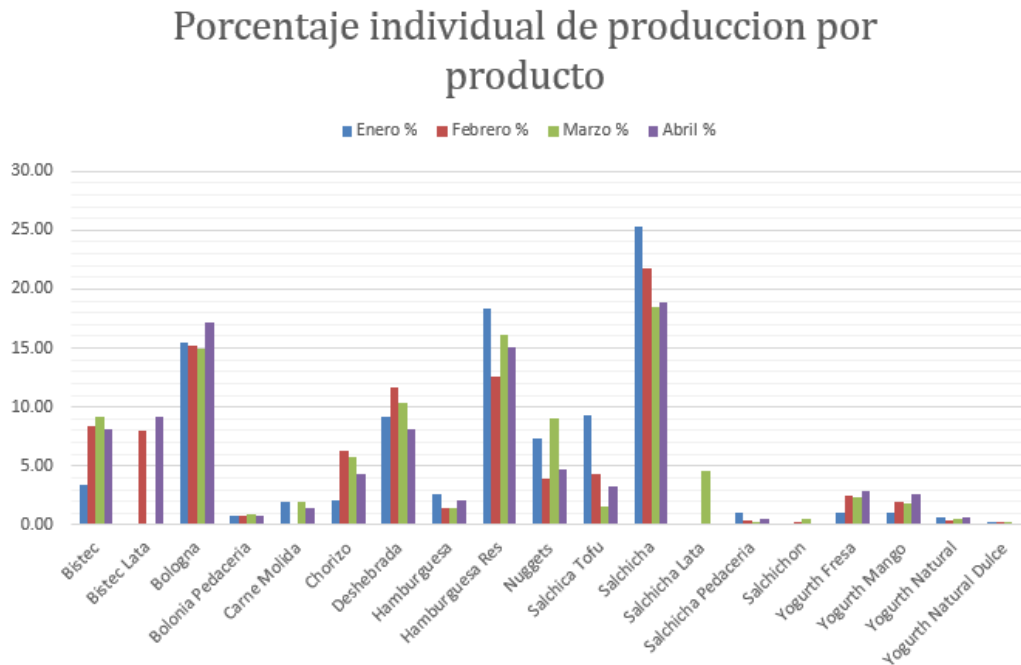


Figura 8 Porcentaje individual productos/Kilogramo

Teniendo como referencia del 100% la energía calorífica del diésel siendo esta de 1,800 kilo calorías y conociendo la energía calorífica del biodiesel 2,100 kilo calorías, podemos saber que el biodiesel tiene un 16.66% de energía calorífica más que el diésel, es decir un ahorro semanal de 16.66% de diésel si se implementara el biodiesel, es decir en vez de utilizar 500 litros de diésel solo se usarían 415 litros de biodiesel.

6.2.1 Análisis de costos

Le empresa COLPAC, abastece su caldera semanalmente con 500 litros de diésel, esta inversión consta de \$6,585 pesos, mensualmente \$26,340 y anualmente \$316,080 pesos, cabe mencionar que estas inversiones son aproximadas debido a que le costó del diésel se eleva mensualmente.

Conociendo que el precio fijo por litro de diésel es de \$13.17 pesos (y se encuentra en incremento) y el precio del biodiesel es de $\$12 \pm 1$ pesos, dependiendo el proveedor, estamos hablando de un ahorro mensual de \$6,420 pesos y anual de \$77,040 pesos.

6.2.2 Análisis de costos reutilizando el aceite quemado

Durante la implementación de este proyecto de investigación se buscaron diferentes proveedores de biodiesel, entre ellos se seleccionó Ecoen, ubicado en la ciudad de Monterrey, debido a su accesibilidad en costos.

Con ellos se llegó a un acuerdo de venta, que consiste en lo siguiente: si se les provee la materia prima para la elaboración del biodiesel, es decir aceite quemado, el precio de venta se reduce de \$12.00 a \$8 + IVA. Esto quiere decir que mensualmente se obtiene un ahorro de \$10,935.2 pesos. Y anual de \$131,222.4 pesos.

7. Conclusión

El biodiesel mostro no solamente cumplir con la potencia y libración de calor de manera similar al diésel y la gasolina, sino que se demostró estadísticamente que al menos uno de los combustibles era en comparación diferente a los otros. Utilizando el método de Tukey, se comparó y se definió que existe evidencia muestral que el biodiesel es significativamente diferente al diésel y a la gasolina, ya que su cambio de temperatura fue significativamente mayor el resto de los combustibles estudiados. También se definió la potencia liberada por cada uno de los combustibles, y se encontró que el biodiesel tiene mayor potencia que el diésel y la gasolina, por lo tanto, en el caso del calor específico una vez más se documentó una diferencia entre el diésel, biodiesel y gasolina, siendo el biodiesel el más alto en cuanto a unidades de calor específico, calorías. Al conocer la energía calorífica del diésel y del biodiesel fue posible realizar estimaciones referentes a la economía de la empresa COLPAC, con los datos provistos por la empresa mencionada, se calculó un ahorro de aproximadamente 25% de inversión de biodiesel es decir \$77,040 pesos, pero en caso de negociar la venta de su aceite quemado con Ecoen, el ahorro se incrementa a 42% equivalente a \$131,222.4 pesos.

7.1 Reflexión

Participar en la investigación presente, cierra exitosamente una más de las competencias establecidas en la Universidad de Morelos, esta investigación ha fortalecido mis conocimientos al adquirir datos y recopilar información por cuenta propia, así también me ayudo a desarrollar capacidades sociales al momento de contactar con

proveedores y personas involucradas en el ámbito de la materia estudiada. Sin duda una experiencia enriquecedora para mi portafolio y mi futura vida profesional.

Debido a este proyecto que he realizado, uno de mis proyectos próximos a hacer es solicitar al gobierno a través de las PYMES la ayuda financiera, técnica y de asesoría, para desarrollar en Montemorelos, el reciclado de aceite quemado en la región ya que a través de mis contactos encontré que todo este material, se vierte en el drenaje, ríos u otros lugares que contaminan el medio ambiente.

7.2 Recomendaciones

Se recomienda el cambio de diésel fósil en calderas funcionado a base de este combustible, debido a que se demostró, a través de las diversas capacidades de calor, potencia y cambio de temperatura, que el biodiesel no solo iguala al diésel y la gasolina en estas áreas, si no que sobresale en comparación a estos.

Teniendo en cuenta que el biodiesel es una energía alternativa, creada a partir de aceites vegetales ya usados, su costo es mucho menor al de la gasolina o el diésel (alrededor de \$5 MXN por litro), y sus emisiones de monóxido de carbono son 75% menores al del diésel (Castells, 2009), lo más recomendable es hacer el cambio de diésel por el del biodiesel.

7.3 Futuros Aportes

El presente proyecto de investigación consistió en comprobar el biodiesel cumple de manera similar al diésel en el rol de combustible una caldera de diésel, una vez que esto se comprobó se podría desarrollar en la universidad un programa donde se elabore el biodiesel a partir de los aceites desechados en convenio con el comedor universitario, la cafetería del hospital la Carlota y la empresa COLPAC ubicada en la misma.

Para un mayor beneficio de la universidad diseñar un dispositivo que pueda hacer posible el uso del biodiesel en lugar de gas lp de la caldera del comedor universitario. De esta manera hacer de la universidad un ejemplo en cuando a energías limpias amigables al medio ambiente.

8. APENDICES

Anexo

Diesel												
Tiempo	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Pro Diesel	Des. Est.
0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	0
30	25	25	25	25	25	26	26	26	25	25	25	0.458257569
60	27	28	27	26	28	28	28	28	27	26	27.5	0.781024968
90	29	30	30	28	29	30	29	30	29	29	29	0.640312424
120	31	31	32	31	31	31	31	31	31	31	31	0.3
150	33	33	33	33	33	33	33	33	33	34	33	0.3
180	35	36	36	35	36	35	35	35	35	35	35	0.458257569
210	38	38	38	38	38	38	38	38	37	38	38	0.640312424
240	39	40	39	39	40	40	40	40	39	40	39.5	0.663324958
270	40	39	41	40	42	42	42	42	41	42	41	1.044030651
300	40	39	42	42	43	43	43	43	42	44	42	1.414213562
ΔT	16	15	18	18	19	19	19	18	20	18	18	1.414213562

Tabla de datos 1

Biodiesel												
Tiempo	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Pro Bio	Des. Est.
0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	0
30	25	25	25	25	25	26	26	26	26	26	27	0.640312424
60	27	27	27	28	27	28	28	28	28	29	29	0.748331477
90	29	30	30	30	30	30	30	30	31	30	30	0.447213595
120	31	32	31	32	32	32	32	32	33	32	32	0.538516481
150	33	34	33	35	34	33	34	34	36	34	34	0.894427191
180	36	36	36	37	36	36	36	36	38	36	36	0.640312424
210	39	39	39	40	39	39	39	39	41	40	38	0.781024968
240	40	41	41	42	41	41	41	40	44	41	40	1.135781669
270	43	43	43	45	42	42	40	45	43	42	43	1.4
300	45	46	45	47	44	44	39	49	45	44	45	2.441311123
ΔT	21	22	21	23	20	20	15	25	21	20	21	2.441311123

Tabla de datos 2

Gasolina														Pro Gas	Des. Est.
Tiempo	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10					
0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	0
30	29	28	28	27	28	28	29	28	29	27				28	0.7
60	32	33	31	31	31	30	33	34	34	31				31.5	1.341640786
90	36	36	34	36	35	34	36	35	36	35				35.5	0.781024968
120	38	39	37	37	38	38	37	36	38	37				37.5	0.806225775
150	39	40	38	39	39	40	38	37	39	38				39	0.9
180	40	41	39	40	40	40	38	38	40	39				40	0.921954446
210	41	41	39	40	41	41	38	39	40	40				40	1
240	42	41	40	40	42	41	38	39	40	41				40.5	1.2
270	42	42	40	40	42	42	38	39	40	41				40.5	1.356465997
300	42	42	39	40	42	42	38	38	40	41				40.5	1.562049935
ΔT	18	18	15	16	18	18	14	14	16	17				16.5	1.562049935

Tabla de datos 3

Tabla de Potencia		
	Potencia	unidad
Diesel	25125.6281	Watts
Biodiesel	29313.2328	Watts
Gasolina	23031.8258	Watts

Tabla de datos 4 Potencia

Cantidad de Calor	
	Calorias
Diesel	1800000
Biodiesel	2100000
Gasolona	1650000

Tabla de datos 5 Calor

Producto	Enero	Enero %	Febrero	Febrero %	Marzo	Marzo %	Abril	Abril %
Bistec	344.00	3.44	1,009.50	8.43	1,180.50	9.13	1,181.00	8.10
Bistec Lata		0.00	955.32	7.98		0.00	1,335.32	9.15
Bologna	1,547.48	15.48	1,815.76	15.16	1,930.54	14.94	2,504.28	17.17
Bolonia Pedaceria	73.00	0.73	97.00	0.81	114	0.88	119	0.82
Carne Molida	201.50	2.02		0.00	249.00	1.93	200.50	1.37
Chorizo	211.50	2.12	749.25	6.26	752.50	5.82	629.00	4.31
Deshebrada	915.88	9.16	1,401.48	11.70	1,333.64	10.32	1,187.12	8.14
Hamburguesa	258.00	2.58	178	1.49	188	1.45	310	2.12
Hamburguesa Res	1839.5	18.41	1,503.50	12.56	2,082.50	16.11	2,196.50	15.06
Nuggets	736.52	7.37	463.36	3.87	1,171.20	9.06	695.08	4.76
Salchica Tofu	931.50	9.32	516.00	4.31	208.50	1.61	480.00	3.29
Salchicha	2,534.00	25.35	2,613.00	21.82	2,383.00	18.44	2,757.00	18.90
Salchicha Lata		0.00		0.00	593.56	4.59		0.00
Salchicha Pedaceria	98.00	0.98	44.00	0.37	36.00	0.28	74.00	0.51
Salchichon		0.00	28.82	0.24	70.22	0.54	16.3	0.11
Yogurth Fresa	109.75	1.10	295.75	2.47	298.25	2.31	410.75	2.82
Yogurth Mango	99.25	0.99	232.00	1.94	233.25	1.80	388.25	2.66
Yogurth Natural	69.25	0.69	45.00	0.38	74.00	0.57	92.00	0.63
Yogurth Natural Dulce	25.00	0.25	26.00	0.22	25.50	0.20	13.00	0.09
Total	9,994.13	kilogramos	11,973.74	kilogramos	12,924.16	kilogramos	14,589.10	kilogramos

Tabla de datos 6 Producción COLPAC

Bibliografía

- Addison, K. (s.f.). *Journey to Forever* . Recuperado el 2014, de <http://journeytoforever.org/>
- Alimentación, O. d. (2001). Unified Wood Energy Terminology Uwet. *Departamento de Montes*, 24.
- Angeles, S., Apodaca, J., Armenta, F., Barrios, H., Bazan, G., Best, R., . . . Rousseau, I. (2012). *Crisis energetica mundial y futuro de la energia en Mexico*. Mexico: Consejo Nacional de Universitarios.
- Atadashi, I., Aroua, M., & Aziz, A. (2010). High quality biodiesel and its diesel engine application: A review. *Renewble and Sustainable Energy Reviews*, 1999-2008.
- Castells, X. E. (2009). Aspectos medioambientales. En X. E. Castells, *Reciclaje de residuos industriales* (pág. 226). Madrid: Diaz de Santos.
- Cooper=Atkins. (2014). *Cooper Atkins*. Obtenido de http://www.cooper-atkins.com/Products/Bi-Metals/0_220F_Pocket_Test_Thermometer_1246-02/
- Ganduglia, F. (2009). *Manual de biocombustibles*. Montevideo: ARPEL.
- Guzzato, R., de Martini, T. L., & Samios, D. (2011). The use of a modified TDSP for biodiesel production from soybean, linseed and waste cooking oil. *Fuel Processing Technology*, 2083-2088.

- Juana, J., Francisco, A., Santos, F., Herrero, M., & Crespo, A. (2003). Energías Renovables para el desarrollo. En *Energías Renovables para el desarrollo* (pág. 311). España: Thomson Editores.
- Lin, Y.-C., Yang, P.-M., Chen, S.-C., & Lin, J.-F. (2013). Improving biodiesel yields from waste cooking oil using ionic liquids as catalysts with a microwave heating system. *Fuel Processing Technology*, 57-62.
- Lira, C. (2005). *Agua*. Mexico: La Jornada Ecologica.
- Moon, J. F. (1974). *Pioneers of the science and discovery*. Wisconsin: Priory Press.
- Pahl, G. (2008). *Biodiesel Growin a New Energy Economy*. Vermont: Chelsea Green Pub.
- Sinha, S., Agarwal, A. K., & Garg. (2008). Biodiesel development from rice bran oil: Transesterification process optimization and fuel characterization. *Energy Conversion and Management*, 1248-1257.
- Zueleta, E. C., Bonet, J. D., Diaz, L. C., & Bastidas, M. J. (2008). Optimización del proceso de ontención de biodiesel a partir de aceite de palma y etanol, mediante el método de superficie de respuesta. *Universidad Popular del Cersar*, VI, 76-80.