

RENDIMIENTO DE UN MOTOR ALIMENTADO CON BIOGÁS PRODUCIDO A PARTIR DE EXCRETAS DE GANADO BOVINO

PERFORMANCE OF A MOTOR SUPPLIED WITH BIOGAS PRODUCED FROM EXCRETS OF CATTLE

Luis Esteban Mendoza Mendoza

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta – Ecuador.

lmendoza_5@hotmail.com

Daniel Alejandro Zambrano Vera

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta – Ecuador.

d.a.z.v.95@hotmail.com

Joffre Alberto Andrade Candell

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta – Ecuador.

joffrecan@gmail.com

RESUMEN

Esta investigación presenta la evaluación del rendimiento de un motor de combustión interna alimentado con biogás, producido a partir de excretas de ganado bovino; en comparación con el combustible convencional (gasolina). Se utilizó el método cuantitativo nivel experimental con un diseño bifactorial con tres repeticiones. La unidad experimental estuvo compuesta por el proceso de funcionamiento del motor para alimentar 20 focos de 110 Watt con luminarias encendidas o apagadas hasta agotar el combustible (biogás= 0,2943 m³, gasolina= 0,00051 m³). El rendimiento del motor fue evaluado a partir de tres indicadores: tiempo de encendido (segundos), temperatura del motor (°C) y ruido (dBA). Se determinaron diferencias significativas mediante la prueba de Tukey; a los datos normalmente distribuidos se les realizó el análisis ANOVA donde se establecieron diferencias significativas con la prueba de Duncan. El biogás utilizado fue generado con una mezcla de 0,0885 m³ de agua+0,0708 m³ de excretas de ganado bovino+0,0177 m³ de higuera. El motor presentó menores valores de ruido con la utilización del biogás y las luminarias encendidas (64,93 dBA), el mayor tiempo de

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 14 de mayo de 2020

Fecha de aceptación: 08 de julio de 2020

Fecha de publicación: 09 de julio de 2020

encendido y temperatura del motor lo presentó la gasolina con 892,5 segundos y 158,43°C respectivamente; el menor tiempo de encendido (36,17 segundos) y temperatura (84,15 °C) lo presentó el biogás. El rendimiento del motor representó que por los 892,5 segundos de tiempo de encendido con gasolina se obtuvo un costo 0,20 ctvs/m³ y a su vez con el biogás por los 29 segundos que se mantuvo el motor encendido se obtuvo un costo \$ 200,00/m³.

Palabras clave: Biodigestor, gasificador, sonómetro, manómetro.

ABSTRACT

This research presents the performance evaluation of an internal combustion engine fueled with biogas, produced from excreta of cattle compared to conventional fuel (gasoline). We used the experimental level quantitative method with a bifactorial design with three replicates. The experimental unit consisted of the operation of the engine to power 20 bulbs of 110 watt with luminaires on or off until the fuel was exhausted (biogas= 0.2943 m³, gasoline= 0.00051 m³). The engine performance was evaluated from three indicators: ignition time (seconds), engine temperature (°C) and noise (dBA). Significant differences were determined using the Tukey test; the normally distributed data were analyzed by ANOVA where significant differences were established with the Duncan test. The biogas used was generated with a mixture of 0.0885 m³ of water + 0.0708 m³ of bovine excreta + 0.0177 m³ of higuerilla. The engine presented the lowest noise values with the use of biogas and the lights on (64.93 dBA), the longest ignition and engine temperature was presented by gasoline with 892.5 seconds and 158.43 °C respectively; The lowest time of ignition (36.17 seconds) and temperature (84.15 °C) was presented by the biogas. The performance of the engine represents that for the 892.5 seconds of ignition time with gasoline was spent 0.20 cents/m³ and in turn with biogas for the 29 seconds that kept the engine on it spent \$ 200/m³.

Keywords: Biodigestor, gasifier, sound level meter, pressure gauge.

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador existen varias familias que cuentan con la producción de ganado vacuno, mediante estos tienen ingresos económicos que sustentan gastos de la canasta diaria, sin embargo, la explotación de este recurso perjudica al ambiente, debido a que los residuos que en ellos generan, además producen gases de efectos invernaderos que son emitidos a

la atmósfera que perjudican a los ecosistemas. Ku *et al.*, (2012) mencionan que la ganadería contribuye significativamente a acelerar el cambio climático, principalmente a través de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), tales como: el metano (CH₄) y el bióxido de carbono (CO₂).

En la provincia de Manabí son producidos muchos residuos orgánicos provocados por la producción del ganado vacuno, en este caso el estiércol que contamina al ambiente afectando al recurso hídrico, recurso suelo, alterando su composición y en la parte atmosférica es uno de los principales causantes del efecto invernadero al producir gas metano (CH₄). Según la FAO (2006) expresa que gran parte del problema se da a causa de la ampliación de los pastizales y de las tierras agrícolas destinadas a la producción de forrajes, y genera un volumen todavía mayor de emisiones de otros gases que tienen más potencial de calentar la atmósfera: hasta un 37% del metano antropogénico, casi todo procedente de la fermentación entérica de los rumiantes, y el 65% del óxido nitroso antropogénico, la mayor parte procedente del estiércol.

El sitio La Pavita perteneciente a la parroquia Quiroga ubicada en el cantón Bolívar, cuenta con grandes residuos de estiércol los cuales no son aprovechados de una manera apropiada para su beneficio, y estos están expuestos al aire libre sin ningún aprovechamiento, al encontrarse situados en el suelo afectan de manera directa al mismo, y al interactuar con el sol estos hacen que acelere el proceso del efecto invernadero produciendo metano (CH₄), además que produzca contaminación en los cuerpos de agua cercanos, haciendo que la contaminación ambiental se propague de manera rápida.

Arango *et al.*, (2014) afirma que el uso del biogás se justifica principalmente por la reducción de emisiones de gases de efecto de invernadero al medio ambiente, mediante la degradación confinada de residuos orgánicos y la captación controlada de productos como el metano, con efecto de invernadero 21 veces mayor al CO₂; o mediante el uso de biomásas agrícolas, que fueron absorvedoras de CO₂ durante su crecimiento (plantas), para la producción de biogases sustitutos de los combustibles fósiles, que durante la combustión restituyen al ambiente el CO₂ absorbido por las biomásas generando un impacto neto leve o nulo sobre la concentración de este contaminante efecto de invernadero en el ambiente.

Para Gonzáles, los motores reciprocantes, o a pistón, son la más común y técnicamente madura de las tecnologías empleadas en las FED, son también denominados motores de

combustión interna (MCI, en inglés IC: *internal combustion*). Los MCI pueden ser clasificados como alta velocidad, media y baja velocidad. Los primeros operan a 1200-3600 rpm, generando la mayor salida por unidad de desplazamiento y posee el más bajo costo capital, pero exhiben la menor eficiencia. Estos últimos pueden ser diseñados para quemar combustibles de baja calidad y son prácticos si hay un gran precio diferencial entre aceite pesado y gas natural, no poseen restricciones ambientales. Los motores reciprocantes están comercialmente disponibles en potencias en un rango de 0,5kW a 6,5 MW pudiendo ser usados en una variedad de aplicaciones, debido a su pequeño tamaño, bajo costo por unidad, y su salida térmica usable. Ellos ofrecen una fácil instalación, proveen confiabilidad y una muy buena característica de seguimiento de la carga, además de la posibilidad de recuperación del calor.

Para Lapuerta *et al.*, (2006) la disminución de la presión y la temperatura atmosférica afecta la densidad del aire y su composición. Las variaciones de la densidad afectan a las prestaciones de los motores de combustión interna alternativos, ya que estos tienen sistemas de alimentación volumétricos, provocando una disminución de la presión en el cilindro a lo largo de todo el ciclo termodinámico y, por tanto, del rendimiento indicado. Este efecto es mayor en motores de aspiración natural que en turboalimentados. Además, la densidad y concentración de oxígeno afectan a los fenómenos locales que intervienen en la combustión y en la formación de contaminantes.

Este trabajo presenta un análisis del rendimiento de un motor de combustión interna con gasolina y biogás proveniente de las excretas de ganado bovino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se ejecutó en el Vivero de la carrera de Ingeniería Ambiental de la ESPAM- MFL. Se determinaron las diferencias estadísticamente significativas de los parámetros analizados entre un motor alimentado por gasolina y otro por biogás producido a partir del aprovechamiento de excretas, y de esta forma se definió el rendimiento del mismo con los dos combustibles anteriormente mencionados.

Se establecieron tres fases las que indican el procedimiento para obtener los resultados de manera exitosa. La primera fase consistió en obtener biogás a partir de las excretas producidas por el ganado bovino. Se realizó la construcción del biodigestor tipo metálico en forma cilíndrica con un volumen estimado de 220 litros, el cual tendrá como principal componente un barril metálico adecuado con tuberías de acero galvanizados, codos,

mangueras, válvulas, etc. Todos estos materiales fueron debidamente adaptados al barril para la que funcione correctamente.

En la segunda actividad se procedió a la recolección de estiércol de ganado bovino en donde se utilizaron palas y sacos, teniendo en cuenta que la cantidad de estiércol recolectada y agua se estimó de acuerdo al volumen del barril metálico.

Se procedió a realizar la preparación de la mezcla usando las excretas de ganado bovino y agua, la misma tuvo una relación 3:1, por cada 1 parte de estiércol se colocará 3 partes de agua y se añadirá higuierilla para aumentar el potencial de hidrógeno, estas cantidades se establecieron de acuerdo al volumen del biodigestor en el cual se debía ocupar un 80% de este para la mezcla y un 20% para la generación del gas el cual fue llevado por una tubería hacia el gasificado. Además, se realizó la adecuación del motor mecánico de cuatro tiempos e instalación del sistema de alimentación del combustible. Para la adaptación del motor de gasolina de cuatro tiempos se elaboró una pieza que permitiera la introducción de una mezcla de biogás y el paso del aire al cilindro del motor, para lo cual se utilizaron materiales de PVC como: tubo de entrada de biogás, válvula de admisión de aire, tubo de entrada de aire, válvula de admisión de biogás, entrada al motor de la mezcla aire-biogás.

Para el encendido del motor se realizó la adecuación al motor y la instalación del sistema de alimentación del combustible; el motor se encendió con gasolina y posteriormente se dio paso al biogás para que este trabaje a base del mismo.

Para calcular el rendimiento producido en el motor se tomó en cuenta el tiempo de encendido del motor tanto con gasolina ($0,00051 \text{ m}^3$) como con biogás ($0,2943 \text{ m}^3$) mediante el uso de un cronómetro, utilizando la energía producida para alimentar 20 unidades de focos colocados en una valla metálica con cada combustible.

También se realizó la medición de temperatura del motor mediante el uso de una pistola láser, mientras este estaba alimentado con biogás y gasolina respectivamente; dicha pistola se colocó de modo que ocupara toda el área donde se encontraba el motor para que pudiera leerlo correctamente.

Para la medición del ruido producido por el motor se utilizó un sonómetro, el cual se lo ubicó apuntando hacia la fuente y girándolo en ángulo de 45° , cada 15 segundos, por un tiempo mayor a 5 minutos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la obtención del biogás se procedió a construir un digestor metálico de 0,22 m³ de volumen al cual se le acopló tuberías de PVC para llevar el gas hacia un gasificador de 0,5 m³ de PVC, dentro del digestor se introdujo una mezcla de 0,178 m³ de volumen que es el 80% del volumen del digestor, el 20% restante quedó libre para la generación del gas; la mencionada mezcla tuvo un 50% de agua, 40% de excretas y 10% de higuierilla. Esto se asemeja a lo estipulado por Acuña (2015) en donde menciona que para determinar la carga inicial se debe calcular el volumen de la mezcla el cual debe entrar al barril, tomando en cuenta que debe ingresar solamente un 75% de la capacidad del biodigestor, pues el 25% restante de la capacidad de la membrana queda como espacio libre para la formación de biogás.

Cuadro 1. Componentes de la mezcla

Componentes de la mezcla	Porcentaje de mezcla %	Volumen de mezcla (m ³)
Agua	50	0,089
Excretas	40	0,0712
Higuierilla	10	0,0178

De acuerdo a Budiyo (2010) y Abudakar e Ismail (2012) mencionados por Colos (2015) se debe de considerar un rango de 4 a 12 días para el inicio de la producción del biogás en condiciones anaerobias, esto debido al crecimiento exponencial de las bacterias metanógenas, y al proceso por el cual debe pasar la materia orgánica para que esta pueda degradarse. Por esta razón se puede observar en el cuadro 2 que los primeros 5 días no existe producción de gas por cuanto en este tiempo estaba pasando por la fase de hidrólisis, acidogénica, acetogénica y metanogénica.

Cuadro 2. Producción de biogás

Días	Presión PSI	Presión Pa	Presión Absoluta Pa	Temperatura °C	Temperatura °K	Volumen m ³	Masa mol	Masa Kg
1	0	0,00	101300,00	25,1	298,25	0,5	0,000	0,000
2	0	0,00	101300,00	25,3	298,45	0,5	0,000	0,000

3	0	0,00	101300,0 0	25,1	298,25	0,5	0,000	0,00 0
4	0	0,00	101300,0 0	26,2	299,35	0,5	0,000	0,00 0
5	0	0,00	101300,0 0	26,5	299,65	0,5	0,000	0,00 0
6	1,5	10342,1 4	111642,1 4	28,7	301,85	0,5	22,24 2	0,35 7
7	1,7	11721,0 9	113021,0 9	29,4	302,55	0,5001	22,46 9	0,36 0
8	2	13789,5 1	115089,5 1	29,5	302,65	0,5001	22,87 3	0,36 7
9	1,5	10342,1 4	111642,1 4	30,2	303,35	0,5001	22,13 6	0,35 5
10	2	13789,5 1	115089,5 1	29,7	302,85	0,5002	22,86 2	0,36 7
11	2,1	14478,9 9	115778,9 9	29,7	302,85	0,5003	23,00 4	0,36 9
12	3	20684,2 7	121984,2 7	29,8	302,95	0,504	24,40 8	0,39 2
13	2,5	17236,8 9	118536,8 9	30,3	303,45	0,507	23,82 0	0,38 2
14	2,9	19994,8 0	121294,8 0	30,4	303,55	0,51	24,51 0	0,39 3
15	2,5	17236,8 9	118536,8 9	30,4	303,55	0,512	24,04 7	0,38 6
16	2,1	14478,9 9	115778,9 9	30,4	303,55	0,522	23,94 6	0,38 4
17	2	13789,5 1	115089,5 1	30,6	303,75	0,534	24,33 5	0,39 0
18	1,9	13100,0 4	114400,0 4	30,7	303,85	0,548	24,81 5	0,39 8
19	1,5	10342,1 4	111642,1 4	31,4	304,55	0,551	24,29 3	0,39 0
20	2,9	19994,8 0	121294,8 0	31,4	304,55	0,565	27,06 4	0,43 4
21	2	13789,5 1	115089,5 1	31,4	304,55	0,567	25,77 1	0,41 3
22	2,9	19994,8 0	121294,8 0	31,4	304,55	0,569	27,25 6	0,43 7
23	2,5	17236,8 9	118536,8 9	32,5	305,65	0,57	26,58 7	0,42 6
24	3	20684,2 7	121984,2 7	32,5	305,65	0,573	27,50 4	0,44 1
25	3	20684,2 7	121984,2 7	32,5	305,65	0,578	27,74 4	0,44 5
26	3	20684,2 7	121984,2 7	32,4	305,55	0,581	27,89 7	0,44 7
27	3	20684,2 7	121984,2 7	32,4	305,55	0,582	27,94 5	0,44 8

28	2,6	17926,3 7	119226,3 7	31,5	304,65	0,585	27,53 5	0,44 2
29	2,6	17926,3 7	119226,3 7	31,5	304,65	0,588	27,67 7	0,44 4
30	2,5	17236,8 9	118536,8 9	31,5	304,65	0,5882	27,52 6	0,44 2
31	2,5	17236,8 9	118536,8 9	31,5	304,65	0,5886	27,54 5	0,44 2

El cuadro 3 muestra la producción final del biogás, donde se obtuvo como resultados una masa total un 0,431 Kg; un volumen de 0,588 m³; una temperatura promedio de 303,211 °K; y, una presión absoluta de 115,02279 Kpa.

Cuadro 3. Producción final del biogás

Presión Absoluta Promedio (Kpa)	Temperatura Promedio (°K)	Volumen Total (m3)	Masa Total (Kg)
115,02279	303,2112903	0,5886	0,431

El cuadro 4 muestra los resultados obtenidos de la medición del ruido, temperatura del motor y tiempo de encendido usando como combustible gasolina y biogás, tanto con las luminarias encendidas como apagadas. A simple vista se puede observar una diferencia en la medición del parámetro con el uso de los dos combustibles, lo que supone una ventaja de uno de los combustibles frente a un contaminante como lo es el ruido, en él no se presentan valores límites para generadores eléctricos, sin embargo, se tomará como referencia los límites permisibles estipulados para motocicletas de hasta 200 cm³ el cual tiene como nivel de presión sonora (NPS) máxima 80 dBA, con lo cual se discute que el ruido generado por el motor usando biogás, presenta menores NPS frente a la gasolina.

Cuadro 4. Resumen de los datos del ANOVA en el ruido de las variables de gasolina y biogás

Tipo de combustible	Estado de las luminarias	Ruido (dBA)	Temperatura (°C)	Tiempo de encendido (sg)	Coefficiente de variación
Biogás	Apagado	69,20 ± 1,06	86,55 ± 1,50	46,00 ± 8,72	1,06

Biogás	Encendido	64,93 ± 1,68	81,74 ± 1,56	26,33 ± 3,21	2,58
Gasolina	Apagado	83,50 ± 3,12	142,53 ± 2,50	886,67 ± 32,15	3,74
Gasolina	Encendido	88,47 ± 3,50	174,33 ± 4,04	898,33 ± 7,64	3,96

Para el análisis estadístico de los datos se realizó el análisis de la normalidad de los datos mediante la prueba de Sharpiro-Wills (cuadro 5), que para el 5% de significancia, indicó que los datos de temperatura y tiempo de encendido no poseen una distribución normal (valor de p es menor a 0,05), por lo que se realizó un análisis de varianza no paramétrica Kruskal-Wallis y se determinaron diferencias significativas mediante la prueba de Tukey.

Cuadro 5. Prueba de normalidad de Sharpiro-Wills

Variable	N	Media	D. E.	W*	P (unilateral. D)
Temperatura (°c)	12	121,29	40,63	0,77	0,0022
Tiempo De Encendido (sg)	12	464,33	447,52	0,63	<0,0001
Ruido (dba)	12	76,53	10,4	0,85	0,065

El cuadro 6 muestra el análisis de la varianza (ANOVA) de las mediciones obtenidas de ruido con gasolina y gas respectivamente, mismo que detalla la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos y el tipo de combustible aplicado mas no entre el estado de las lámparas (encendido o apagado).

Cuadro 6. Detalles del resultado de ANOVA (ruido)

Factor de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1137,83	3	379,28	58,49	<0,0001
Estado	0,37	1	0,37	0,06	0,8178
Tipo de combustible	1073,52	1	1073,52	165,56	<0,0001
Estado*tipo de combustible.	63,94	1	63,94	9,86	0,0138
Error	51,87	8	6,48		
Total	1189,7	11			

De acuerdo al análisis de Duncan (cuadro 7), el biogás produce menos ruido que la gasolina, siendo que la gasolina presenta 85,98 dBA y el biogás 67,07 dBA.

Cuadro 7. Prueba de Duncan al 0,5% de significancia del ruido para el tipo de combustible.

Tipo de combustible	Medias
Biogás	67,07 A
Gasolina	85,98 B

De acuerdo a la prueba de Duncan (cuadro 8) el motor presentó los menores valores de ruido con la utilización del biogás y las luminarias encendidas (64,93 dBA) y el mayor nivel con la utilización de gasolina y las luminarias encendidas.

Cuadro 8. Prueba de Duncan al 0,5% de significancia del ruido para los tratamientos.

Estado de las luminarias	Tipo de combustible	Ruido (dBA)
Encendido	Biogás	64,93 A
Apagado	Biogás	69,20 A
Apagado	Gasolina	83,50 B
Encendido	Gasolina	88,47 C

La prueba de Tukey (cuadro 9) detalla que el tratamiento que presentó el menor tiempo de encendido fue el Biogás con las iluminarias funcionando (26,33 sg) y el que presentó el mayor fue la gasolina con las iluminarias encendidas (898,33 sg). En cuanto a la temperatura del motor el tratamiento que presentó un valor menor fue el biogás con las iluminarias encendidas (86,55 dBA) y el que presentó un mayor valor fue la gasolina con las luces en el mismo estado (174,33 dBA).

Cuadro 9. Prueba de Tukey al 0,5% de significancia de los tratamientos

Tratamientos	Temperatura	Tiempo de encendido
Biogás: Encendido	86,55 A	26,33 A
Biogás: Apagado	81,74 AB	46,00 AB

Gasolina: Apagado	142,53 BC	886,67 B
Gasolina: Encendido	174,33 C	898,33 B

En el gráfico 1 se muestra la prueba de rendimiento del motor con gasolina, para el cuál se realizó el cálculo del tiempo de encendido del motor, para el que estableció un tiempo de 900 segundos, dando como resultado el consumo de combustible 0,51 litros con el uso de la valla usando 20 focos, y sin consumo energético 0,499 litros de combustible. En esta se midió la temperatura del motor alimentado con gasolina, la cual se la realizó con una pistola láser, usando el mismo tiempo de encendido del motor, obteniendo una temperatura de gases de escape de 175°C con el uso de la valla y una temperatura de 142,6°C sin consumo de energía, a su vez se calculó el ruido del motor el cual se la realizó con un sonómetro dando 88,4 de dBA con el uso de la valla y 84,5 de dBA sin consumo energético. Angamarca y Arequipa (2014), indican que el incremento del consumo de combustible en relación al régimen de giro del motor – generador en el consumo de los dos combustibles de prueba, de tal manera que a 2400 rpm se tiene un consumo de 0,45 Kg/h de gasolina y 3600 rpm de 0,93 Kg/h de gasolina. El rendimiento volumétrico con gasolina es del 31,4% a 3600 rpm y el rendimiento térmico con gasolina es de 25,3% a 3600 rpm este rendimiento representa la cantidad o porcentaje de poder calórico del combustible o energía química que en realidad se convierte en energía mecánica.

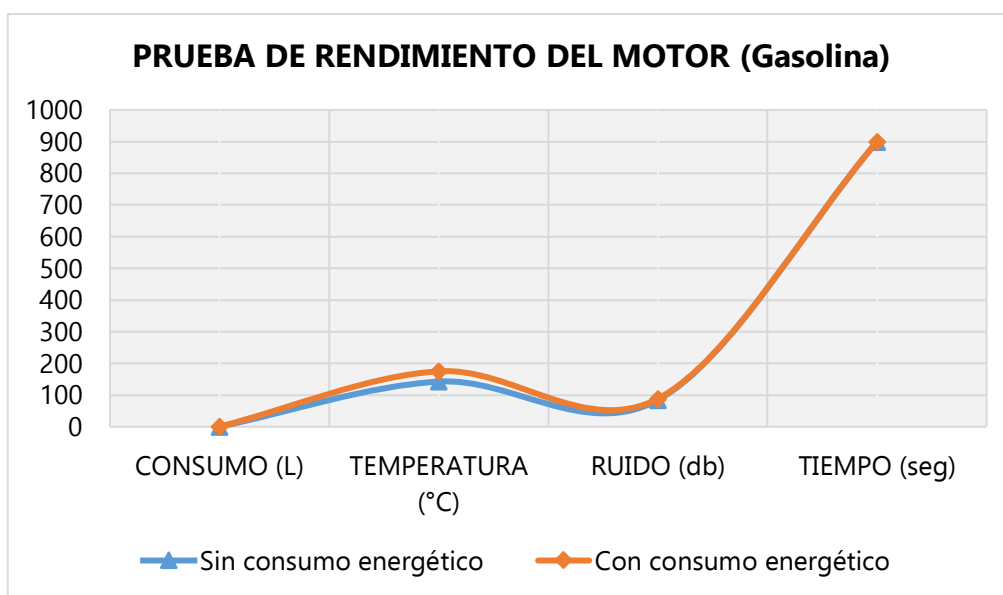


Gráfico 1. Prueba de rendimiento del motor con gasolina

Se realizó la medición del rendimiento del motor con el uso del biogás, la cual se muestra en el gráfico 2, utilizando un volumen de 294,3 L de biogás, la cual tuvo una duración de 40 segundos, una temperatura de gases de escape en el motor de 86,6°C y 69,6 dBA en ruido sin el uso de la valla. Seguido de esto se procedió a realizar la prueba con el uso de la valla utilizando 20 focos (110 Watt), con un volumen de 294,3 L de biogás, el cual tuvo una duración de encendido de 24 segundos, dando como resultado una temperatura de 82,22°C de gases de escape en el motor y un 65,8 dBA en ruido. Angamarca y Arequipa (2014) señalan que con biogás el motor – generador consume 0,70 Kg/h de biogás a 2400 rpm y 1,39 Kg/h de biogás a 3600 rpm, se tiene un incremento del consumo de combustible que varía entre el 10 al 15% en función del régimen de giro, el rendimiento volumétrico con biogás es de 40,6% a 3600 rpm, y el rendimiento térmico con biogás de 42,36% a 3600 rpm, este rendimiento representa la cantidad o porcentaje de poder calórico del combustible o energía química que en realidad se convierte en energía mecánica.

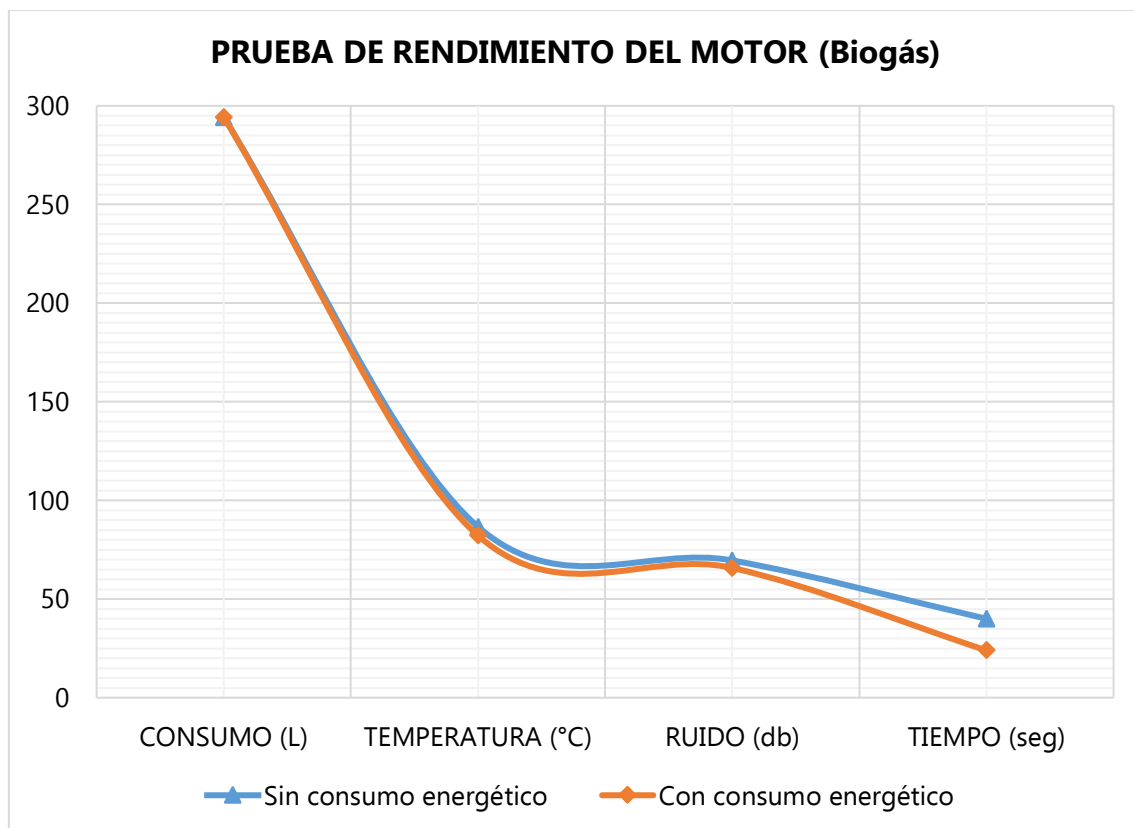


Gráfico 2. Prueba de rendimiento del motor con biogás

En el estudio realizado se logró determinar que el uso de biogás no genera un alto rendimiento en un motor de combustión interna, por lo tanto no es factible su uso, porque en los resultados dentro de las comparaciones se pudo determinar que con un mínimo consumo de gasolina el motor tiene un alto tiempo de encendido, y con el biogás un alto consumo de combustible, el motor tiene un mínimo tiempo de encendido, tomando en cuenta que no hubo diferencias dentro de los datos obtenidos en los indicadores de ruido y temperatura con el uso de los 2 combustibles, sin embargo, Doroteo (2012), señala que el biogás es una opción real en la oferta de energías sustentables, con sustanciales ventajas comparativas respecto a otras fuentes, además de que contribuye en la disminución del consumo de combustibles fósiles y fuentes de energía que en este caso en particular son costosas y poco accesibles, reduce el efecto de la contaminación local y regional. Según Vera (2001) el biogás se genera a partir de reacciones de biodegradación de la materia orgánica de forma natural o artificial en dispositivos específicos, y se compone aproximadamente de 55% metano (CH_4) y 45% dióxido de carbono (CO_2), además de otros contaminantes en trazas, por lo cual su uso beneficia a la reducción de la contaminación en el medio ambiente.

En el gráfico 3 se muestra la comparación general de las pruebas realizadas para conocer el rendimiento del motor con gasolina y biogás, en el cual se observa que utilizando biogás el consumo es mayor y la temperatura menor, mientras que en la prueba con la gasolina el consumo es menor y la temperatura es mayor, cabe recalcar que el ruido se presenta de manera similar con el uso de los 2 combustibles

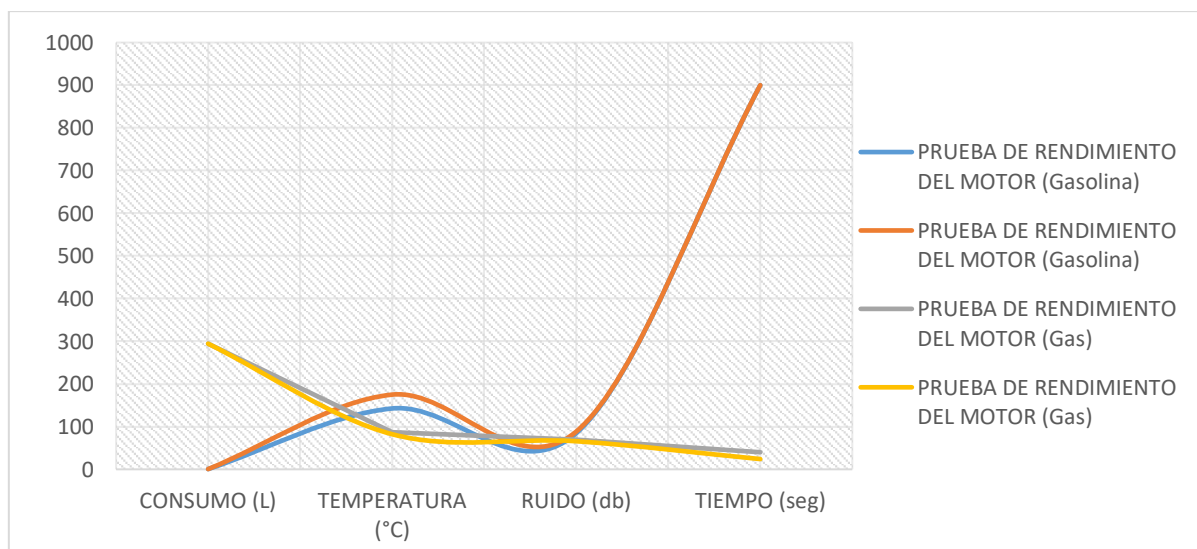


Gráfico 3. Comparación del rendimiento del motor con gasolina y biogás.

CONCLUSIONES

En el cálculo del rendimiento del motor se concluye que el combustible que presentó mayor tiempo de encendido y temperatura del motor fue la gasolina con un promedio de 892,5 sg y 158,43°C respectivamente; el menor tiempo de encendido (36,17 sg) y temperatura lo presentó el biogás (84,15 °C). En el indicador ruido, el biogás produce menos dBA que la gasolina, teniendo 67,07 dBA y la gasolina 85,98 dBA. Dado a que en los 892,5 sg de encendido el motor con gasolina se obtuvo un costo de 20 centavos/m³ y el con gas se obtuvo un costo de 200 dólares/m³ en los 36,17 segundos de encendido, se considera que el uso de gasolina produce un mayor rendimiento, y a su vez se considera no factible el uso del biogás en el mismo.

REFERENCIAS

- Acuña, V. (2015). *Diseño e implementación de un biodigestor para el tratamiento de excretas de ganado bovino Cadet-Tumbaco*.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6441/3/T-UCE-0004-18.pdf>
- Angamarca, E. y Arequipa, D. (2014). *Análisis del rendimiento de un motor de combustión interna con biogas y aplicación para la generación de energía eléctrica*. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/8764>
- Arango, J., Sierra F. y Silva, V. (2014). Análisis exploratorio de investigaciones sobre los motores de combustión interna que trabajan con biogás. *Tecnura*, 18(39),152-164.
- Colos, A. (2015). Relación entre el potencial bioquímico de metano y la actividad enzimática medida con la técnica de Miller en inóculos anaerobios de purín de vacuno. <https://riunet.upv.es>
- Doroteo, J. (2012). Aprovechamiento del Biogás proveniente del abono del ganado vacuno en un establo ubicado en Ixtapaluca estado de México. (*Doctoral dissertation*).
<http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/11057/52.pdf?sequence=1>
- FAO (Organizaciones de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación). (2006). Las repercusiones del ganado en el medio ambiente. *Revista FAO*.
- González, F. (2004). Fuentes de Energía Distribuida Tecnologías Disponibles. Trabajo de Ascenso a la Categoría de Agregado de la Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada. Maracay. Venezuela.

- Ku, J., Ayala, A., Pérez, C., Herrera, J. y Castelán, O. (2012). Emisiones de metano por rumiantes, implicaciones para el calentamiento global. *Revista Ciencia y Desarrollo*. 1.
- Lapuerta, M., Armas, O., Agudelo, J. y Agudelo, F. (2006). Estudio del efecto de la altitud sobre el comportamiento de motores de combustión interna. Parte 2: Motores diesel. *Información tecnológica*, 17(5),31-41.
- Vera, G. (2012). Biogás: una alternativa ecológica para la producción de energía. *Ideas Concyteg*, 7 (85), 881-894.