

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

**FACULTAD DE CIENCIAS EN
INGENIERÍAS APLICADAS**

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**“EVALUACIÓN DE UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA
CILINDRADA BAJO DIFERENTES PORCENTAJES DE MEZCLA
GASOLINA-ETANOL A 2850 MSNM.”**

Realizado por:

FELIPE ESCOBAR

Director del proyecto:

Ing. Edilberto Llanes Cedeño, PhD.

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERA MECANICA AUTOMOTRIZ

Quito, 08 de febrero de 2022

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, FELIPE ESCOBAR, con cédula de identidad 1719773985, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Felipe', written in a cursive style.

FIRMA

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“EVALUACIÓN DE UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA
CILINDRADA BAJO DIFERENTES PORCENTAJES DE MEZCLA
GASOLINA-ETANOL A 2850 MSNM.”**

Realizado por:

FELIPE ESCOBAR

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO AUTOMOTRIZ

ha sido dirigido por el profesor

EDILBERTO LLANES

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

FIRMA

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

Jaime Vinicio Molina Osejos, Msc

PhD.(c) Diana Belén Peralta Zurita Msc.

Después de revisar el trabajo presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral

anteel tribunal examinador

FIRMA

FIRMA

Quito, 30 de enero de 2022

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios por la sabiduría necesaria para culminar mi carrera;
Dedicado el ardo esfuerzo de mis padres por apoyar mis estudios y sueños, deseo expresar
mi agradecimiento al Msc. Edilberto Llanes por las observaciones inteligentes y el apoyo
constante en este proyecto y a mi esposa Mabel como siempre por todo.

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

AGRADECIMIENTO

este trabajo.

A Edilberto Llanes por la logística en los laboratorios SEK.

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Índice

Resumen.....	1
Abstract.....	2
Introducción.....	3
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	5
Comportamiento mecánico	5
Consumo de combustible	7
Gases Contaminantes	10
Métodos.....	13
Resultados y Discusión.....	25
Conclusiones	39
Recomendaciones	40
Bibliografía	41

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Lista de Figuras

Figura 1. Ventas anuales de motos en el Ecuador	3
Figura 2. Combustible extra y sus mezclas	15
Figura 3. Combustible super y sus mezclas propuestas	15
Figura 4. Gestión operativa del banco de pruebas CT 159 para el comportamiento ..	16
Figura 5. Motor CT 150	17
Figura 6. Banco experimental. Motor y unidad universal de fren	17
Figura 7. Banco experimental. Instalado el combustible para evaluación	18
Figura 8. unidad de carga HM 365	20
Figura 9. Medidor de consumo de combustible	21
Figura 10. Interfaz de entrega de datos de gases contaminantes	23
Figura 11. Sonda y toma de datos de gases de contaminantes	23
Figura 12. Curva Par motor vs rpm de combustible extra y combinaciones.....	26
Figura 13. Curva Potencia vs rpm de combustible extra y combinaciones	26
Figura 14. Gráfico comparativo de la Potencia para las distintas gasolinas.....	27
Figura 15. Curva Par motor vs rpm de combustible súper y combinaciones	29
Figura 16. Curva Potencia vs rpm de combustible súper y combinaciones	30
Figura 17. Curva consumo específico vs potencia extra y combinaciones.	31
Figura 18. Curva consumo específico vs potencia súper y combinaciones	33
Figura 19. Gráfico comparativo del Consumo específico para las distintas gasolina...	34
Figura 20. Gráfico comparativo de las distintas gasolinas en relación con el CO	37
Figura 21. Gráfico comparativo de las distintas gasolinas en relación al HC	38

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Lista de Tablas

Tabla 1. Consumo por unidad de distancia del automóvil para estado de carga parcial y total	9
Tabla 2. Consumo por unidad de distancia con el motor más e igual coeficiente aerodinámico para estado de carga parcial y total.	9
Tabla 3. Gases contaminantes y normas EURO 1 a EURO 6.....	12
Tabla 4 . Propiedades de los combustibles aplicados.....	14
Tabla 5. Precisión del AGS	22
Tabla 6. Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha Mínima o ralentí (prueba estática)	24
Tabla 7. Par motor, potencia y rpm del motor con extra y sus combinaciones.....	25
Tabla 8. Tratamientos para el análisis de diferencias significativas	27
Tabla 9. Par motor, potencia y rpm del motor con súper y sus combinaciones	28
Tabla 10. Consumo de combustible extra y sus combinaciones	30
Tabla 11. Consumo de combustible super y sus combinaciones	32
Tabla 12. Tratamientos para el análisis de diferencias significativas	33
Tabla 13. Gases contaminantes con extra y sus combinaciones a 1500 rpm	35
Tabla 14. Gases contaminantes con extra y sus combinaciones a 2500 rpm	35
Tabla 15. Gases contaminantes con super y sus combinaciones a 1500 rpm	36
Tabla 16. Gases contaminantes con super y sus combinaciones a 2500 rpm	36

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Resumen.

El calentamiento global y la seguridad energética como problemas globales han cambiado el enfoque de los investigadores hacia las fuentes renovables de energía que podrían reemplazar los productos derivados del petróleo en forma parcial o total. El etanol y el butanol son fuentes renovables de energía que se pueden producir mediante la fermentación de biomasa. Ya se han realizado muchas investigaciones para desarrollar mezclas adecuadas de etanol y gasolina. El presente trabajo tuvo como objetivo general evaluar el comportamiento mecánico y ambiental de un motor experimental de baja cilindrada a 2850 msnm por medio de pruebas experimentales para la emisión de criterios sobre su funcionamiento con mezclas de gasolina – etanol. Los experimentos se realizaron en un motor de encendido provocado experimental monocilindrico de 4 tiempos con refrigeración por aire. Los experimentos involucraron la medición de las emisiones, consumo de combustible específico y potencia, por medio de la instrumentación del banco de pruebas para motores y analizador de gases calibrado por norma nacional. Se concluye que existe diferencia significativa entre las gasolinas experimentadas en relación con el consumo, siendo la Súper+E15, Extra+E15, y Súper+E5, las de mejores resultados para la potencia desarrollada. Por otro lado, existe diferencia significativa entre las gasolinas, siendo la Súper+E15 y la Extra+E15 las de mejores resultados para el consumo específico de combustible en este análisis.

Palabras clave: Motor, Potencia, Emisiones, Consumo de Combustible, Vehículo.

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Abstract.

Global warming and energy security as global issues have shifted researchers' focus to renewable energy sources that could partially or fully replace petroleum products. Ethanol and butanol are renewable sources of energy that can be produced by fermenting biomass. Much research has already been done to develop suitable blends of ethanol and gasoline. The general objective of this work was to evaluate the mechanical and environmental behavior of an experimental low-displacement engine at 2850 meters above sea level by means of experimental tests for the issuance of criteria on its operation with gasoline-ethanol mixtures. The experiments were carried out in an experimental single-cylinder 4-stroke ignition engine with air cooling. The experiments involved the measurement of emissions, specific fuel consumption and power, through the instrumentation of the engine test bench and gas analyzer calibrated by national standards. It was concluded that there is a significant difference between the gasolines experienced in relation to consumption, with Super+E15, Extra+E15, and Super+E5 being the ones with the best results for the power developed. On the other hand, there was a significant difference between the gasolines, with Super+E15 and Extra+E15 being the ones with the best results for specific fuel consumption in this analysis.

Keywords: Engine, Power, Emissions, Fuel Consumption, Vehicle.

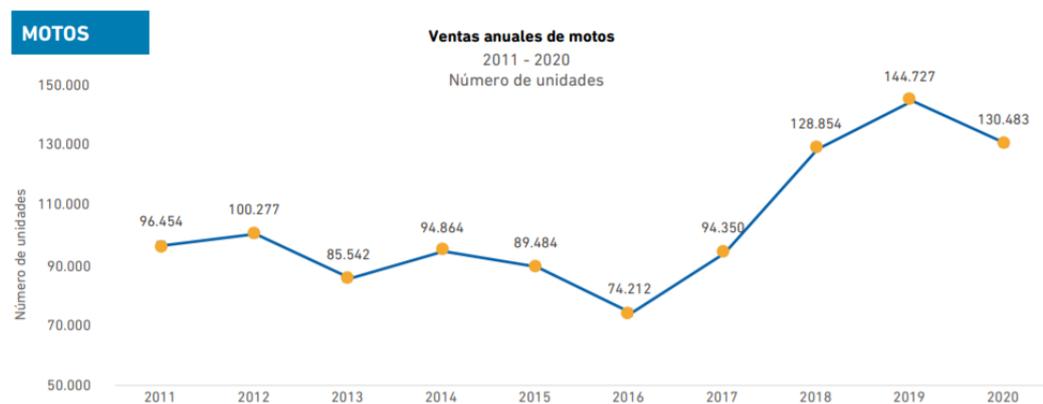
EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Introducción.

Dado que el sector del transporte es un gran consumidor de diversos recursos energéticos, es muy importante reducir el consumo de importantes recursos energéticos en el sector del automóvil. Los motores de combustión interna (MCI) poseen grandes aplicaciones en los sistemas de generación, cogeneración de energía e industria automovilística (Taípe-Defaz, Llanes-Cedeño, Morales-Bayetero, y Checa-Ramírez, 2021), en nuestro País se ha incrementado la venta de motos en los últimos 10 años, masificando el uso de este medio de transporte por la pandemia provocado su masivo uso en la actualidad por las distintas actividades comerciales por el confinamiento a nivel mundial. Estos datos de venta anual se pueden apreciar en la figura 1.

Figura 1.

Ventas anuales de motos en el Ecuador



Según la AIHE (Asociación de la Industria Hidrocarburífera del Ecuador) el segmento automotriz ecuatoriano presentó mayor consumo de gasolina extra en relación con otros combustibles en 2019, con un volumen acumulado de 1144.57 millones de galones y el consumo de gasolina súper alcanzó un volumen de 113.73 millones de

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

galones al cierre del año, siendo Guayas y Pichincha las provincias que mayor consumo registraron (Asociación de la Industria Hidrocarburífera del Ecuador 2020)

Para controlar el calentamiento global, existe una necesidad cada vez mayor de mejorar la eficiencia del combustible mediante la reducción del peso de las piezas de los automóviles. Los cambios tecnológicos han mejorado el rendimiento y la confiabilidad de los motores controlados electrónicamente, pero la estrategia básica de control de pesaje de combustible no ha cambiado (Tanaka, Shimada, Hiraiwa, Arai, Asano, y Nishikawa, 2011). Algunas de las técnicas mejoradas incluyen el control de detonación, control de velocidad de ralentí de solenoide lineal, inyección secuencial de combustible, encendido sin distribuidor, autodiagnóstico para operación a prueba de fallas, microprocesador de respaldo (MPU) y vehículos híbridos (Guasumba-Maila, Oramas-Proaño, Galeano-Vergara, y Vergara-Hidalgo, 2021).

Los sistemas OBD deben poder reconocer y registrar las indicaciones erróneas de los sistemas asociados con la emisión de componentes tóxicos de los gases de escape. El sistema OBD debe registrar y almacenar la existencia de daños en forma de códigos de error. Los requisitos básicos del OBD incluyen: evaluación del rendimiento del catalizador mediante la examinación del contenido de hidrocarburos en los gases de escape; supervisión del sistema de eliminación de gases de fluidos consumibles, control del sistema de alimentación de combustible y sistema de recirculación de los gases de escape identificación y ubicación de la ausencia de combustión. La combustión de mezclas débiles y en capas aumenta definitivamente la tendencia del motor a la aparición de ciclos sin combustión (Guasumba-Maila, Oramas-Proaño, Galeano-Vergara, y Vergara-Hidalgo, 2021; Sanseverino y Cascio, 1997).

Debido a la creciente población de automóviles, las emisiones de los automóviles son una de las principales causas de la contaminación del aire urbano. Elevar los

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

estándares es una forma efectiva de controlar las emisiones de los vehículos y mejorar la calidad del aire. Los vehículos ligeros constituyen la mayoría de todos los vehículos y son una fuente importante de emisiones de HC y CO (Naranjo, Maila, Gutierrez, y Agila, 2021).

Por lo anteriormente mencionado se presenta el problema de cómo se comportaría un motor de encendido provocado de baja cilindrada en función de su característica mecánica y emisiones contaminantes a elevadas alturas con mezclas de etanol.

Objetivo General

Evaluar el comportamiento mecánico y ambiental de un motor experimental de baja cilindrada a 2850 msnm por medio de pruebas experimentales para la emisión de criterios sobre su funcionamiento con mezclas de gasolina – etanol.

Objetivo Específicos

Determinar parámetros torque, potencia y consumo con las diferentes mezclas de gasolina-etanol por medio de un banco experimental para la selección de la mejor variante.

Determinar emisiones contaminantes con las diferentes mezclas de gasolina-etanol por medio de un banco experimental y analizador de gases para la selección de la mejor variante.

Comparar los resultados de las variables obtenidas por medio de software estadístico para la evaluación de la mejor alternativa

Comportamiento mecánico

Se propone trabajar en dos direcciones para mejorar el rendimiento efectivo de las máquinas: mejorando los procesos termodinámicos y mejorando el rendimiento mecánico. Es decir, reducción de la carga, reducción del peso del pistón, biela,

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

reducción de la tensión radial del segmento, reducción del número de segmentos, aumento de la tolerancia, optimización del aceite, reducción de la viscosidad, modificador de fricción, todos los pistones, cigüeñales, áreas principales del motor, como las válvulas del tren de transmisión (Ciulli, 1937).

Las pérdidas mecánicas sufridas por el motor se pueden agrupar según el proceso de generación. La pérdida por fricción es causada por la fricción entre las partes móviles, lo que resulta en la pérdida de la bomba de pistón y la pérdida de la toma de fuerza para el gas durante los procesos de admisión y escape. Por varios elementos auxiliares del motor. Por ejemplo, se considera a los componentes en las propiedades del menaje dependientes de la temperatura, la disposición del menaje elástico-plástico, el horizonte con la fricción, el par de torsión del generalidad del vástago de la culata, las cargas térmicas y la boicot sentencia del rodillo representan el disposición celoso del generalidad del motor que influye bruscamente en el convite de las pérdidas mecánicas (Yang, 2020).

El uso de nuevas tecnologías para reducir la fricción de los turismos puede reducir la pérdida por fricción en un 18 % a corto plazo y en un 61 % a largo plazo. Se estima que la pérdida de energía asociada con la fricción en los vehículos eléctricos es aproximadamente la mitad de la de los automóviles de pasajeros con motores de combustión interna. Las posibles medidas para reducir la fricción de los automóviles de pasajeros incluyen el uso de recubrimientos avanzados y tecnología de superficie texturizada en los componentes del motor y la transmisión, nuevos lubricantes y aditivos de baja viscosidad y baja cizalladura, y reducción de la fricción de rodadura. (Holmberg, Andersson, y Erdemir, 2012). La evolución de la tecnología en los componentes busca aprovechar la energía de su trabajo normal y así aportar en la operación del vehículo en la actualidad.

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Se proponen varios métodos de evaluación del torque y la potencia del motor de combustión interna, como dinamómetro, aceleración libre, etc., estos métodos respaldan la investigación, brindan la base para optimizar el diseño de estos componentes y brindan formas de extender la vida útil del motor de combustión en pruebas operativas prácticas (Nguyen & Duy, 2018).

Consumo de combustible

El motor de combustión interna requiere una cantidad de combustible el cual es consumido en relación con la energía que este necesita, para posteriormente convertirla en movimiento del vehículo y depende de varios factores como: velocidad, eficiencia del motor y del sistema de transmisión, aerodinámica del vehículo, trazado y características de la carretera, modo de conducción y utilización de sistemas auxiliares (iluminación, climatización, etc.) como indica Almodóvar en su estudio realizado el 2015 en Madrid-España que va de la mano con las emisiones contaminantes (Almodóvar, 2015)

Recientemente, mejorar la eficiencia del combustible de los automóviles se ha vuelto cada vez más importante. Este problema ha sido abordado por muchos fabricantes evaluando el peso del vehículo, la pérdida por fricción del motor, la resistencia aerodinámica de la carrocería, la resistencia a la rodadura en la interfaz entre el neumático y la carretera, etc. (Hoshi, 1984). Según la Agencia Internacional de Energía (AIE), se espera que el motor de combustión interna (ICE) sirva como la principal fuente de energía para los vehículos híbridos enchufables o eléctricos híbridos para 2050. El foco está en el uso de esta tecnología para mejorar el desempeño del ICE. Reducir la pérdida de calor y la pérdida por fricción es muy importante (Mihara, 2017).

Además, vale la pena señalar que la reducción de la fricción y el desgaste juega un papel importante para reducir el consumo de energía y garantizar la eficiencia

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

energética, ya que la industria automotriz busca reducir el consumo de combustible en los motores de combustión interna de los automóviles (Kolawole, Kolawole, Varela, Owa, Ramirez, y Tschiptschin, 2020).

El consumo de combustible se lo determina de diversos métodos como pueden ser, pruebas estáticas, pruebas dinámicas, pruebas estadísticas y posteriormente un estudio basado en el consumo de combustible apreciado por el usuario, determinando distintas bases del consumo de combustible. Almodóvar calculó este consumo “a partir de fuentes estadísticas (por clase de vehículo), y luego una corrección basada en el verdadero consumo de combustible (datos proporcionados por el usuario)”, la cual permite visualizar los valores obtenidos en la gráfica desde el año 2008, 2012 y 2015 (Almodóvar 2015)

Varios análisis se pueden hacer y determinar en función del tipo de vehículo el consumo de combustible, así como la energía para diferentes estados de carga, teniendo en cuenta la influencia de la rodadura y la aerodinámica de los mismos. Un vehículo con un motor más eficiente y una mejor aerodinámica contribuye a la disminución del consumo de combustible en comparación con el caso base, entre un 27 % y un 38 % para los estados de carga analizados. Por otro lado, el caso del camión con acople se puede apreciar que existe una mínima variación en el consumo absoluto de combustible para los incrementos de la velocidad de marcha de hasta un 20 % (Marchese y Golato 2011; Tapia, Tigre, y Torres, 2017). Por ejemplo en la tabla 1 permite deducir sus valores siempre que cumplan las características denotadas en el apartado anterior como los factores de coeficientes, rendimiento y densidad, las condiciones de la carretera tienen que cumplir con una superficie plana sin pendientes, en 20 *m/s* el valor de consumo es 15.60 *km/lt*, al incrementar la velocidad llegando a 30 *m/s* el valor de consumo crece un 48% aproximadamente del parámetro de consumo establecido a un

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

velocidad de 20 m/s , en la velocidad de 40 m/s el consumo prácticamente duplica su valor llegando a un 93%, con estos datos se puede determinar en estados de carga parcial y total por cada 10 m/s el porcentaje aumenta aproximadamente un 50% para el consumo de combustible (Marchese and Golato 2011).

Tabla 1.

Consumo por unidad de distancia del automóvil para estado de carga parcial y total

Velocidad del móvil	20 (m/s) 72 (km/h)	30 (m/s) 108 (km/h)	40 (m/s) 144 (km/h)
Be (kg/kw*h)	0.380	0.335	0.280
Bd (L/100km)	6.41	9.47	12.38
Bd (Km/L)	15.6	10.55	8.07

Nota. (Marchese y Golato 2011).

En la tabla 2, los datos de consumo para un motor más eficiente, debido al motor el valor del consumo decae un 29% a una velocidad de 20 m/s en comparación al valor de 15.60 km/lt , de la misma manera si la velocidad incrementa de forma 7 porcentual como se realizó en la anterior tabla con dos incrementos de 10 m/s , sus valores son de 22% y 11% repetitivamente, estos valores se los obtiene de una comparación con los valores anteriormente establecidos sin el motor más eficiente. El valor por unidad de volumen es de 21.93 km/lt en la primera prueba, ahora si el mismo automóvil aumenta su velocidad a 30 [m/s], el incremento del consumo crece aproximadamente un 61.2%, y si la velocidad del vehículo aumenta a 40 [m/s], este incremento resulta del 142.5% (Marchese y Golato, 2011).

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Tabla 2.

Consumo por unidad de distancia con el motor más e igual coeficiente aerodinámico para estado de carga parcial y total.

	20 (m/s)	30 (m/s)	40 (m/s)
Velocidad del móvil	72 (km/h)	108 (km/h)	144 (km/h)
Be (kg/kw*h)	0.270	0.260	0.250
Bd (L/100km)	4.58	7.35	11.06
Bd (Km/L)	21.93	13.60	9.04

Nota. (Marchese y Golato 2011).

Gases contaminantes

Los motores de gasolina se han utilizado ampliamente como maquinaria de ingeniería, automóviles y equipos de transporte de energía debido a su excelente capacidad de conducción y economía. Al mismo tiempo, los motores de gasolina son los principales contribuyentes a varios tipos de contaminantes del aire, como el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NOx) y otros compuestos nocivos. La reducción de las emisiones de los motores, como partículas y NOx, es un objetivo de investigación importante en el desarrollo de motores en medio de la creciente preocupación por el medio ambiente y las regulaciones gubernamentales más estrictas sobre los gases de escape (Tyagi y Ranjan, 2015).

Las demandas de bajas emisiones vehiculares y menor consumo de combustible, mediante el cual el combustible se inyecta por vía electrónica. Los inyectores de combustible controlados para cilindros individuales en los brazos de admisión de los motores de gasolina son las principales influencias en el diseño de los sistemas de inyección de colectores de admisión modernos. Las medidas de reducción de emisiones más allá de las funciones centrales de los sistemas de gestión de motores de inyección y

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

encendido se basan principalmente en los estándares de emisión requeridos, las emisiones netas de los motores de combustión interna y las categorías de peso del vehículo en las pruebas de smog. Estas medidas, así como su diagnóstico, aumentan la complejidad de los sistemas de control del motor en forma de sensores, actuadores, cableado y programación informática (Van Basshuysen & Schäfer, 2016; Naranjo, Maila, Gutierrez, y Agila, 2021).

Las emisiones de contaminantes de los vehículos son generalmente bajas, pero el número de vehículos aumenta en la carretera y, por lo tanto, la contaminación ambiental también aumenta. Aproximadamente el 35 % del CO, el 30 % de los HC y el 25 % del NOx producido en la atmósfera proviene del sector del transporte. Estos contaminantes tienen efectos adversos sobre el medio ambiente y la salud humana (Dey & Mehta, 2020; Naranjo, Maila, Gutierrez, y Agila, 2021). Los motores de gasolina con inyección de combustible controlados electrónicamente mejoran significativamente la economía de combustible y producen menos emisiones debido a los efectos de la sincronización de la inyección de combustible, la sincronización del encendido, el ángulo de retardo y la relación aire-combustible en la estabilidad del motor al ralentí. (Han & Chung, 1998; Koç, Sekmen, Topgül, y Yücesu, 2009).

La formación de la mezcla de aire y combustible juega un papel importante en el control de las emisiones de escape y la eficiencia del motor. El propósito principal del sistema de inyección de combustible es proporcionar al motor la relación aire-combustible correcta de acuerdo con las condiciones de funcionamiento del motor. Aunque la tecnología actual de inyección de combustible en el puerto está muy evolucionada, es difícil lograr normas de emisión más estrictas y una demanda de menor economía de combustible (Tripathy, Sahoo, y Srivastava, 2017; Naranjo, Maila, Gutierrez, y Agila, 2021).

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Además las tecnologías más destacadas, actualizadas y efectivas que trabajan sobre la combustión pobre, diseño de un silenciador, sistema automático de admisión de aire caliente, motor relación de compresión, modificación de la cámara de combustión, modificación de los combustibles, tratamiento de los productos de escape de convertidores catalíticos de combustión, de tres y cuatro vías, recirculación de gases de escape (EGR), control total de emisiones paquetes, control de precombustión; (Ventilación positiva del cárter (PCV)) y diseño de engranajes de válvula (Abouemara y Fikry, 2020).

La tabla 3 muestra de forma detallada cada una de las normas EURO existentes hasta la actualidad, así como sus límites permitidos, como los valores de CO₂ dióxido de carbono. Este gas puede ser ingerido por las personas, además de ser uno de los principales causantes del incremento del calentamiento global. Su emisión es directamente proporcional al consumo de combustible, aproximadamente un vehículo con motor a gasolina expulsa entre 23 a 24 (*gr/km*) de CO₂ por cada litro de combustible consumido.

Tabla 3.

Gases contaminantes y normas EURO 1 a EURO 6.

Norma a Gasolina	FECHA	CO (gr/km)	HC (gr/km)	HC+NO _x (gr/km)	NO _x (gr/km)	MPC (gr/km)
EURO 1	07/1992	2.72	----	0.97	---	---
EURO 2	01/1996	2.2	----	0.5	---	----
EURO 3	01/2000	2.3	0.2	---	0.15	---
EURO 4	01/2005	1.0	0.1	---	0.08	----
EURO 5	09/2009	1.0	0.1	---	0.06	0.005
EURO 6	09/2014	1.0	0.1	----	0.06	MENOR 0.005

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Materiales y Métodos.

Metodología experimental

Los siguientes estudios se basan en la gestión de parámetros que miden el rendimiento del motor, como el par, la velocidad, la potencia del motor, el caudal volumétrico, el consumo específico de combustible en condiciones estrictamente controladas y métodos o motivos específicos. para ser explicado Situaciones o situaciones ocurren (Hernández, 2018).

Este procedimiento se realiza a 2810 msnm, las pruebas se realizaron en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas en la Universidad Internacional SEK del Ecuador, los combustibles se seleccionaron en base a promover la aplicación del etanol a nivel de altura en el Ecuador para mirar su desempeño a nivel del comportamiento mecánico como de las emisiones contaminantes del motor y proponer soluciones de alto impacto en nuestras ciudades.

Las pruebas del comportamiento mecánico como de gases contaminantes se desarrollan tres repeticiones para garantizar la fiabilidad de los resultados a cabo de evaluar la precisión de los datos de análisis en función de los 6 combustibles probados y sometidos a comparación para verificar en la operación con el banco de pruebas y mostrarse su validación estadística.

Caracterización de combustibles

La caracterización se realiza en el Laboratorio de Combustibles Biocombustibles y Aceites Lubricantes de la Escuela Politécnica Nacional. En la tabla 4 se encuentra los datos relevantes de los combustibles aplicados en la investigación comparados con los requerimientos en la Norma INEN 935:2016 para gasolinas extra/súper, los valores obtenidos cumplen con la norma. También evidenciándose que el número de octano es regular y ayuda a obtener una mejor combustión. El etanol se mezcló en la proporción

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

de 5 % y 15 % respectivamente por cada litro, de acuerdo con las expectativas del estudio.

Tabla 4

Propiedades de los combustibles aplicados

Propiedades del combustible	Norma	Súper	Súper / 5% etanol	Súper / 15% etanol	Extra	Extra / 5% etanol	Extra / 15% etanol
Número de octanos (RON)	NTE INEN 2102	92	No determi nado	94.9	87	88.4	94.1
Punto final evap., (°C)	ASTM D86-15	220	192	179	220	196	200
Contenido de aromáticos (% vol.)		35	33	33	30	29	27
Contenido de olefinas (% vol.)		18	17	17	18	17	17
Contenido de azufre (ppm)	ASTM D4294 -16	0.065	0.035	0.001	0.065	0.023	0.020
Corrosión a la lámina de cobre	ASTM D130 -12	1A	1A	1A	1A	1A	1A
Densidad (kg/m ³)		722	710	696	723	715	705
Contenido de gomas	ASTM D381-12	4	2.9	11.5	3	1.6	3.6

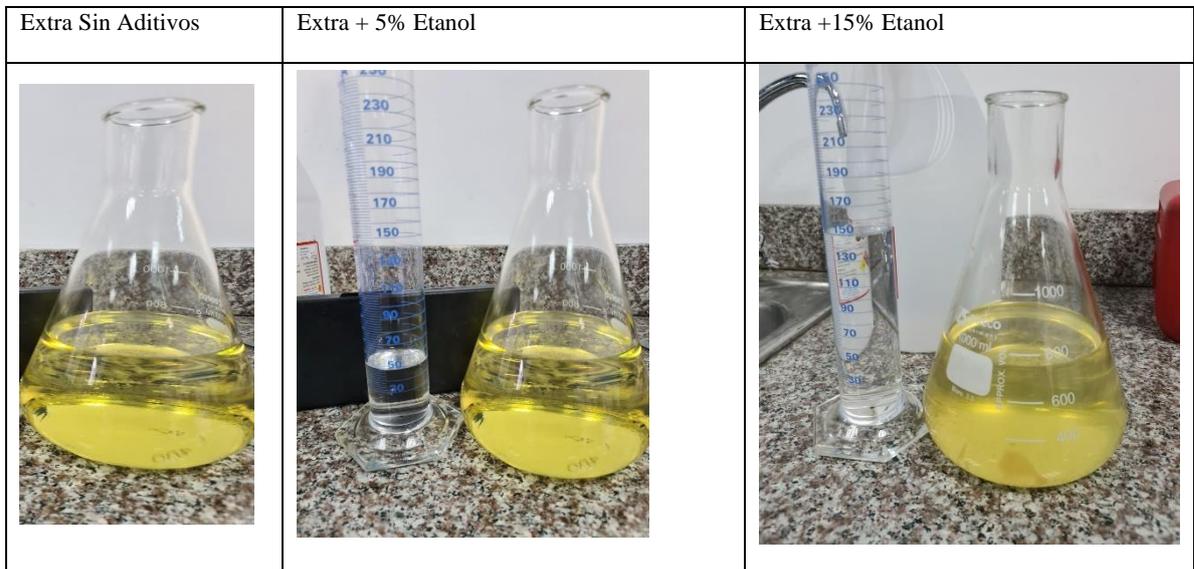
Nota. (LACBAL, 2019; Tapia-Defaz et al., 2021)

En la figura 2 se aprecia el combustible extra y sus mezclas dando una muestra de la consistencia de las fórmulas aplicadas en el experimento

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Figura 2.

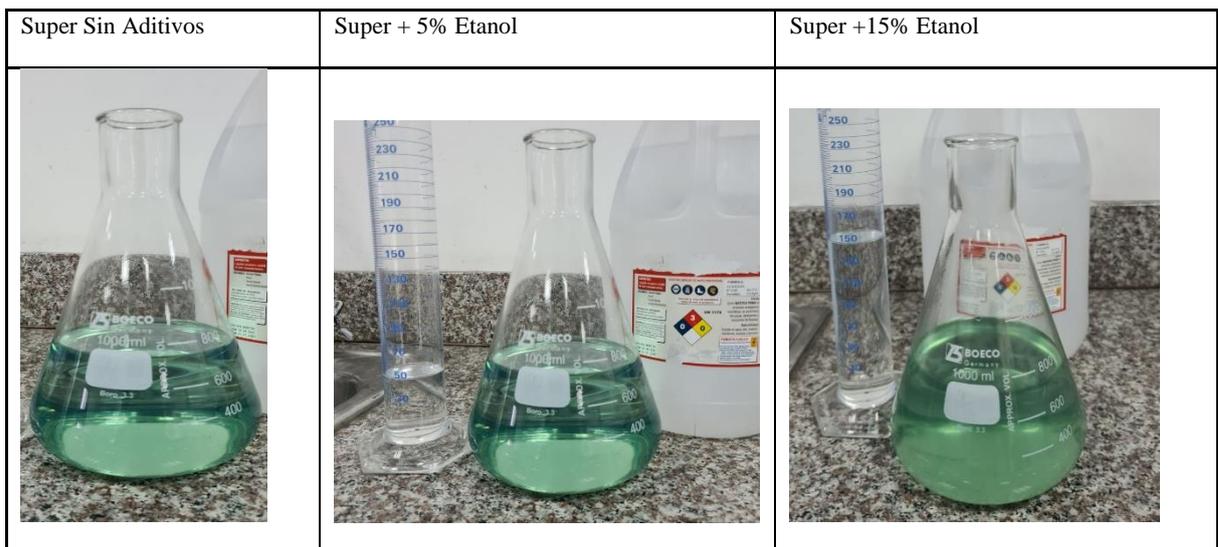
Combustible extra y sus mezclas



En la figura 3 se aprecia el combustible súper y sus mezclas dando una muestra de la consistencia de las fórmulas aplicadas en el experimento del banco de pruebas.

Figura 3.

Combustible super y sus mezclas propuestas



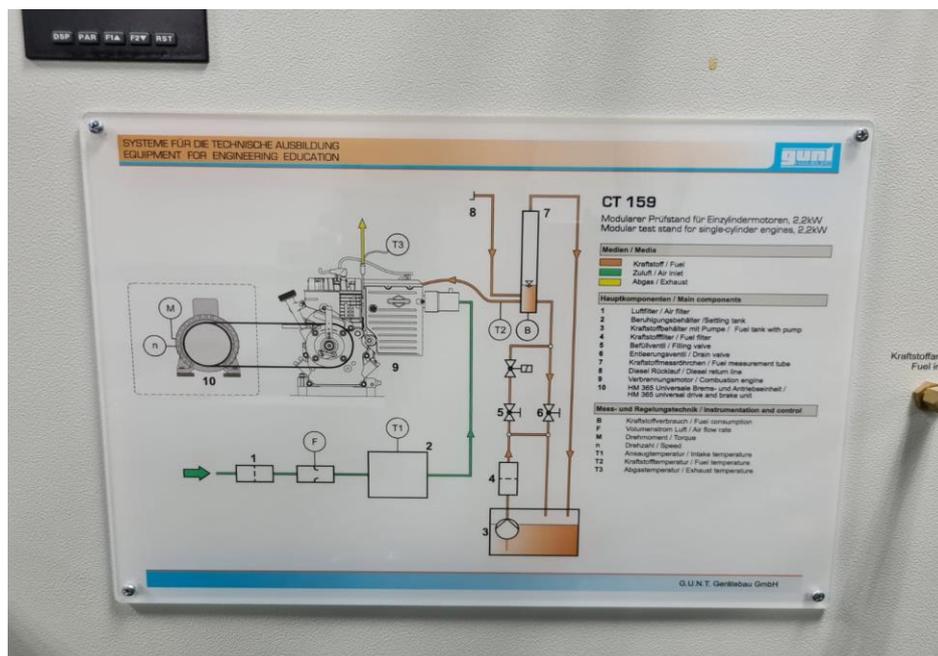
EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Banco de pruebas de motores

EL proceso de evaluación mecánica del motor se desarrolla en conjunto de un equipamiento de avanzada como es el banco de pruebas CT 159 + unidad de carga HM 365 como se aprecia en la figura 4, este equipamiento dará a conocer el motor de gasolina de cuatro tiempos de forma que el comportamiento se identifique de forma satisfactoria, como función de registrar curvas de par y potencia, determinar el consumo específico de combustible, el rendimiento y el valor lambda (relación aire-combustible), determinar la pérdida por fricción del motor, para esto se profundizara el análisis del equipo aplicado en este estudio.

Figura 4.

Gestión operativa del banco de pruebas CT 159 para el comportamiento mecánico



Nota. Esquema de conexión del equipo (GUNT, 2022).

El motor sujeto a estudio es un MEP CT 150 de 1 cilindro y 4 tiempos refrigerado con aire como se aprecia en la figura 5, con formación externa de la mezcla (carburador). Con un peso aproximado de 15 kg, dimensiones L*A*H (420* 300*320

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

mm), potencia aproximada de 2,2 kW, compresión 7:1, sonda térmica de temperatura de gases de escape de 0-1000 °C, accionado por polea de diámetro 125 mm, y correa trapezoidal tipo SPA 1250 (GUNT, 2022).

Figura 5.

Motor CT 150



Nota. Accesorios y motor (GUNT, 2022).

Para la ejecución de la investigación, se emplearon los siguientes instrumentos y materiales (integrados en el banco experimental como se ilustra en la Figura 6.

Figura 6.

Banco experimental. Motor y unidad universal del tren



Nota. Accesorios del equipo (GUNT, 2022).

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Motor a gasolina de un cilindro refrigerado por aire.

Unidad universal de frenado y accionamiento HM 365

Motor asíncrono con convertidor de frecuencia

– potencia: 2200 W; máx. velocidad: aprox. 3000 min⁻¹; par: aprox. 12

Nm

Operación de correa trapezoidal (Taípe-Defaz, et al., 2021)

– longitud de la correa trapezoidal: 1157 mm, 1180 mm, 1250 mm; tipo de correa trapezoidal: SPA; diámetro de la polea de la correa trapezoidal: 125

mm

Carga resistiva: 72 Ω , 2400 W

Rangos de medida

– par de torsión: ± 15 Nm; velocidad: 0. . . 5000 min⁻¹

En la figura 7 se aprecia el equipo apunto para el experimento con los distintos combustibles.

Figura 7.

Banco experimental. Instalado el combustible para evaluación



EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Nota. Accesorios del equipo (GUNT, 2022).

Protocolo de pruebas en el banco de pruebas de motores

Para la obtención de la curva de potencia se cumplió con los siguientes pasos:

Colocar en marcha el motor a plena carga; Ajustar el potenciómetro de par (M) para ir frenando el motor (n) (disminuyéndose los rpm); Se registra el par (M) y el número de revoluciones (n) en una tabla (9 lecturas); Se repite el procedimiento para una segunda y tercera lectura, y poder realizar un promedio (Taípe-Defaz, et al., 2021).

Para la obtención de la potencia se aplica la Ecuación (1):

$$P = \frac{2\pi nM}{60} \quad (W) \quad (1)$$

Se realiza una gráfica de potencia (eje y) y rpm (eje x).

Para la obtención de la curva de consumo se cumplió con los siguientes pasos (Taípe-Defaz, et al., 2021):

- ✓ Se realiza a unas revoluciones fijas (2500 rpm), ajustándose en el motor y se mide el tiempo en el cual se consumen 5,1 cm³ (el cual corresponde a 1 cm de descenso en la escala del tubo medidor, determinándose de este modo el flujo volumétrico Q) para un par fijado en el equipo.
- ✓ Los valores se van registrando para diferente par del motor (siempre manteniéndose en 2500 rpm), los resultados se registran en una tabla.
- ✓ Luego se realiza una tabla donde se registra la potencia, el flujo másico $\dot{m} = Q\rho_{fluid}$ (donde Q es el flujo volumétrico y ρ_{fluid} la densidad del combustible) y el consumo específico (b_e) obtenido por medio de la Ecuación (2):

$$b_e = \frac{\dot{m}}{P} \quad (2)$$

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Se realiza una gráfica de b_e (eje y) y P (eje x), a partir de los datos de la figura 8.

Figura 8.

Unidad de carga HM 365



Flujo másico de combustible

El flujo de combustible esta analizado por la ecuación 3 a partir de la medida de la escala tomada en la figura 9.

En donde \dot{m} , según la ecuación 3

$$\dot{m}c = \rho_{\text{combustible}} * \frac{v}{\Delta t} \quad (3)$$

Donde

\dot{m} = flujo másico de combustible (kg/s)

$\rho_{\text{combustible}}$ = densidad específica de combustible (kg/m³)

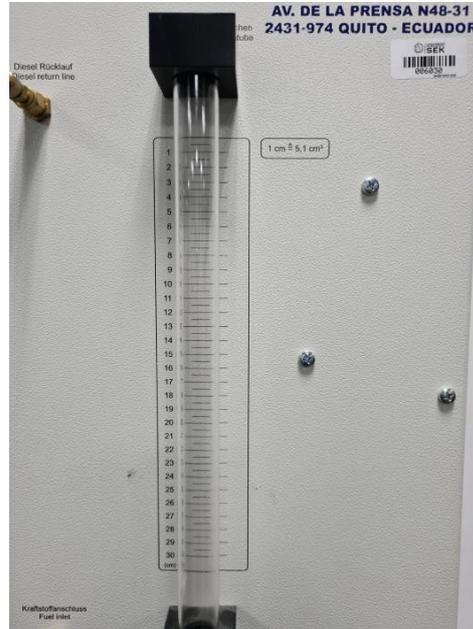
\dot{V} = volumen de combustible (m³)

Δt = tiempo de flujo (180 s)

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Figura 9.

Medidor de consumo de combustible



Análisis de gases contaminantes

El analizador de gas AGS688 Brainbee de Mahle funciona en modos estático y dinámico y utiliza una sonda adjunta diseñada para este propósito para muestrear las emisiones en el tubo de escape. Además de las entradas de gas y aire para la fase de auto cero, el AGS688 tiene otra entrada especial para la calibración con un cilindro de muestra de gas. En la parte posterior de la unidad encontrará una conexión de alimentación, una conexión alámbrica o inalámbrica para medir las RPM y la temperatura, y una conexión alámbrica o inalámbrica a su computadora.

También puede desarrollar múltiples análisis en relación con el motor de combustión interna como:

Diagnóstico de gases del motor (determina los componentes causantes de la falla del motor); Eficiencia catalizadora del sistema de inyección (determina el estado del catalizador); Estanqueidad de junta de culata del motor (verifica la estanqueidad de la culata del motor). Eficiencia calentamiento del motor del

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

sistema de inyección. (Verifica el buen funcionamiento del sistema de inyección electrónica del automóvil desde cuando el motor se encuentra frío hasta el momento que el motor se calienta) (Autotools SAS., 2021).

El analizador AGS 688 BLACK utilizado con el software es una herramienta muy superior a otros analizadores que se venden en el país, logrando realizar cinco diagnósticos del estado real del motor más el control de los gases según reglamentación del ministerio del transporte (AGS-688, 2021).

Cumple la homologación de tipo para Europa Mercado de metrología M: MID (*Measuring Instrument Directive*) 2014/32/EU NMI 0122 B+D, también cumple los requisitos técnicos y administrativos citados en el procedimiento DME-ML-PR-13 siendo esta aprobación válida para instrumentos de medición para Revisión Técnica Vehicular a nivel Nacional. En la tabla 5 se aprecia el grado de precisión del equipo para las distintas mediciones en este estudio.

Tabla 5.

Precisión del AGS (Brainbee, Mahle, 2022)

CAMPOS DE MEDICIÓN				
	0	÷ 9,99	% vol	Res. 0,01
CO				
CO2	0	÷ 19,99	% vol	Res. 0,1
HC hexano	0	÷ 9 999	Ppm vol	Res. 1
O2	0	÷ 25	% vol	Res. 0,01
NOX	0	÷ 5 000	ppm vol	Res. 1
Lambda	0.5	÷ 5		Res. 0,001
Revoluciones Inductancia/ capacitancia	300	÷ 9 990	rpm	Res. 10
Temperatura del aceite	20	÷ 150	°C	Res. 1

Nota. (AGS-688, 2021)

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

En la figura 10 se aprecia la interfaz gráfica de lectura y entrega de datos del equipo de emisiones de gases de las variables principales de análisis de gases, además en la figura 11 se puede mirar cómo se instala la sonda de medición de los gases a la salida del motor de combustión interna en el ducto de los gases de escape para la determinación de los gases que se aprecian en la interfaz de los datos entregados de acuerdo con la condición del motor.

Figura 10.

Interfaz de entrega de datos de gases contaminantes



Figura 11.

Sonda y toma de datos de gases de contaminantes



Nota. (GUNT, 2022)

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Normativa de emisiones contaminantes

Los límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina se analizan en este apartado para el Ecuador. Se tiene la primera etapa de marcha mínima o ralentí (prueba estática), donde toda fuente móvil con motor de gasolina, durante su funcionamiento en condición de marcha mínima o ralentí y a temperatura normal de operación, no debe emitir al aire monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) en cantidades superiores a las señaladas en la Tabla 6, además se presenta datos de emisiones de gases para la aceleración entre 1500 y 3000 de rpm, esto basado en la norma NTE INEN 2204:2017 Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres que emplean gasolina (INEN 2204, 2017)

Tabla 6.

Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de gasolina. Marcha Mínima o ralentí (prueba estática)

Año modelo	% CO		ppm HC	
	0-1500	1500-3000	0-1500	1500-3000
2000 y posteriors	1.0	1.0	200	200
1990 a 1999	3.5	4.5	650	750
1989 y anteriores	5.5	6.5	1000	1200

Nota. (NTE INEN 2204:2017)

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Resultados y Discusión.

Par y potencia del combustible extra y sus combinaciones porcentuales

En la tabla 7 se presenta resultados de las nueve mediciones de revolución y par desarrollado con los combustibles propuestos, también variables necesarias para el cálculo de la potencia y la gráfica P vs n (rpm), esto para los tres combustibles para la gasolina extra aplicado en el banco de pruebas.

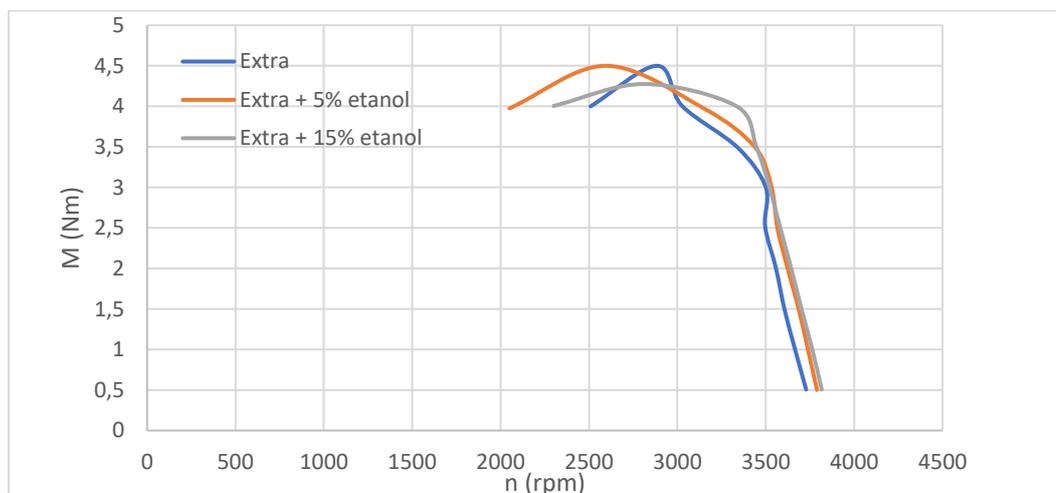
Tabla 7

Par motor, potencia y rpm del motor con extra y sus combinaciones

Extra Sin Aditivos			Extra + 5% Etanol			Extra +15% Etanol		
n (rpm)	M (Nm)	P (W)	n (rpm)	M (Nm)	P (W)	n (rpm)	M (nm)	P (W)
3728.5	0.505	197.17	3790	0.5	198.444	3816.5	0.505	201.830
3664.5	1.01	387.58	3737.5	1.01	395.304	3762	1.01	397.896
3605.5	1.5	566.35	3687	1.49	575.292	3699	1.525	590.722
3558	2	745.18	3623.5	2	758.905	3643	2.01	766.804
3496.5	2.52	922.70	3566.5	2.49	929.974	3579.5	2.52	944.610
3500.5	3	1099.71	3532	3.01	1113.311	3521	3.005	1108.000
3342	3.49	1221.41	3437.5	3.5	1259.912	3447.5	3.495	1261.772
3029	4	1268.78	3149.5	3.975	1311.017	3332	4.005	1397.452
2884	4.5	1359.05	2596	4.5	1223.339	2809	4.275	1257.527

Figura 12.

Curva Par motor vs rpm de combustible extra y combinaciones



El desarrollo del par motor y las revoluciones del motor se muestra en la figura

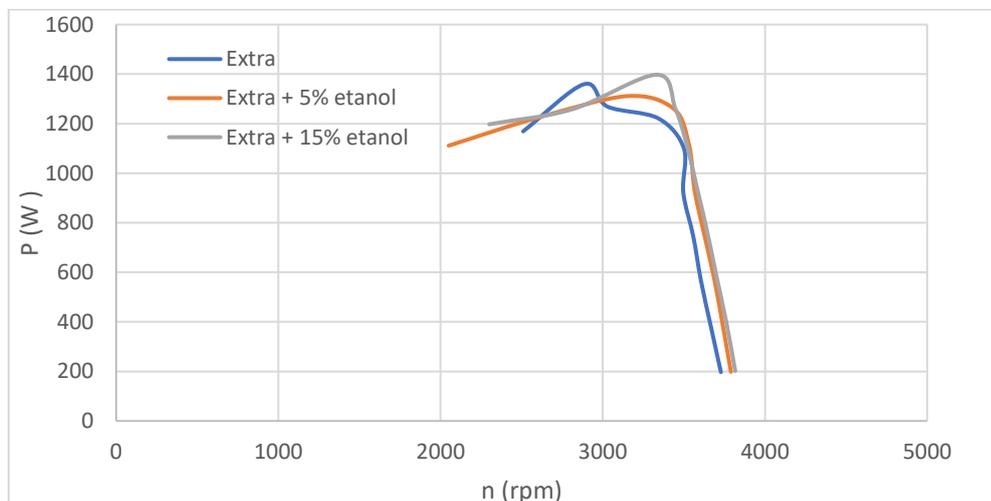
EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

12, donde se aprecia mientras aumenta la velocidad de giro, el par generado aumenta, pero solo hasta alcanzar su par máximo. El par máximo generado con el uso de la gasolina extra es 4.5 Nm que corresponde a una velocidad de giro del motor de 2884 rpm. El par máximo generado con el uso de la gasolina extra + 5% etanol es 4.5 Nm que corresponde a una velocidad de giro del motor de 2596 rpm. Sin duda al aplicar el etanol se eleva el par motor en un rango mayor mientras gira el motor ya que al tener solo gasolina extra solo se aprecia un elevamiento puntual o instantáneo y se evidencia el mejor comportamiento al adicionar etanol.

La potencia calculada del motor y las revoluciones se muestra en la figura 13, donde se establece mientras aumenta la velocidad de giro, la potencia generada aumenta, pero solo hasta alcanzar su potencia máxima. La potencia máxima generada con el uso de la gasolina extra es 1268.78 W que es proporcional a una velocidad de giro del motor de 3029 rpm. El par máximo generado con el uso de la gasolina extra + 15% etanol es 1397.45 W que corresponde a una referencia el giro del motor de 3332 rpm. Por tanto, se puede decir que el etanol eleva la potencia y además debe girar más el motor por la adición de etanol al 15%.

Figura 13.

Curva Potencia vs rpm de combustible extra y combinaciones



EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Análisis de los resultados para la Potencia

En la tabla 8 y figura 14, se presenta la prueba de múltiple rango y gráfico de caja y bigotes para la variable dependiente Potencia, en la misma se aplica el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95,0% de confianza. Se concluye que existe diferencia significativa entre las gasolinas, siendo la Súper+E15 y la Extra+E15 presenta los de mejores resultados.

Tabla 8

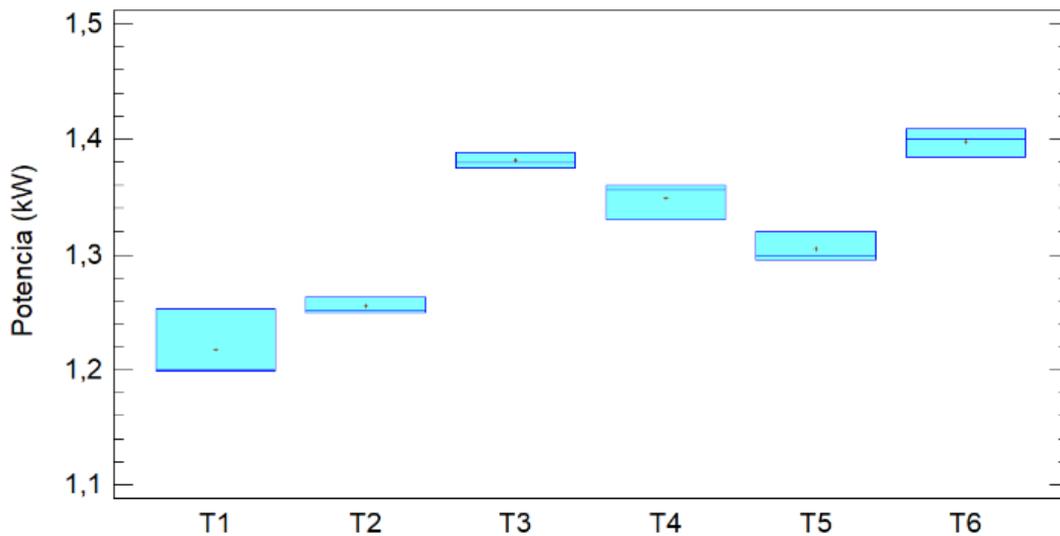
Tratamientos para el análisis de diferencias significativas

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T1	3	1,21733	X
T2	3	1,255	X
T5	3	1,30533	X
T4	3	1,34867	X
T3	3	1,381	X
T6	3	1,39767	X

Nota: Método: 95,0 porcentaje LSD

Figura 14.

Gráfico comparativo de la Potencia para las distintas gasolinas



EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Los resultados de la potencia efectiva media, el par motor y el consumo específico de combustible coincidieron con las tendencias demostradas por Galloni, Fontana, Staccone, y Scala (2016) para mezclas de etanol/gasolina, donde solo se encontraron pequeñas diferencias entre las diferentes composiciones de la mezcla. También Nimje, Dandotiya, y Banker, (2021) muestra que el uso de mezcla de biocombustible en gasolina mejora significativamente el rendimiento de un motor para la mezcla de etanol de E5 y E10, esto aplicado en un motor de gasolina de inyección de combustible multipunto (MPFI). Según Arce-Alejandro, Villegas-Alcaraz, Gómez-Castro, Juárez-Trujillo, Sánchez-Ramírez, Carrera-Rodríguez, y Morales-Rodríguez (2018) establece en general, los cambios en la composición del etanol en el n-butanol no parecen afectar considerablemente el rendimiento del motor. De forma contraria Verma, Dugala, y Singh (2021) menciona que, con el aumento en el porcentaje de mezcla, el rendimiento del motor fue menor siendo un motor de encendido por chispa (SI) de inyección de combustible multipunto (MPFI) de cuatro tiempos y cuatro cilindros.

Par y potencia del combustible super y sus combinaciones porcentuales

En la tabla 9 se reflejan los resultados de las nueve mediciones de revolución y par obtenido en el banco de pruebas, también variables necesarias para el cálculo de la potencia y la gráfica P vs n, esto para los tres combustibles como la gasolina súper y sus combinaciones.

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Tabla 9

Par motor, potencia y rpm del motor con súper y sus combinaciones

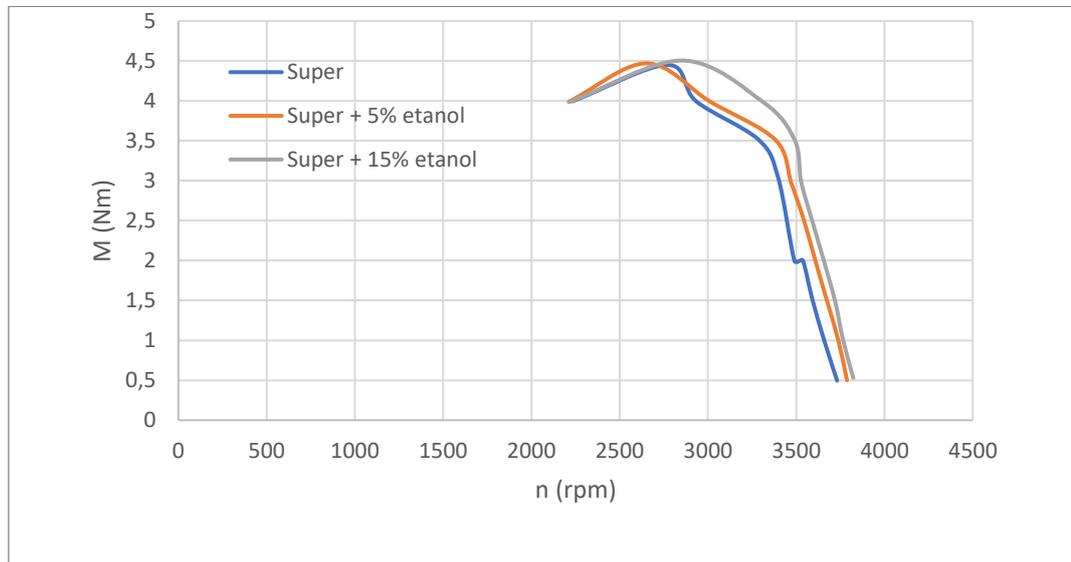
Súper Sin Aditivos			Súper + 5% Etanol			Súper +15% Etanol		
n (rpm)	M (Nm)	P (W)	n (rpm)	M (Nm)	P (W)	n (rpm)	M (Nm)	P (W)
3731.5	0.495	193.427	3787.5	0.5	198.3135	3823	0.53	212.182
3657.5	1.005	384.928	3738.5	1	391.495	3763	1.025	403.912
3591	1.515	569.715	3673.5	1.5	577.033	3720	1.49	580.442
3536	2.005	742.431	3608	2	755.659	3649.5	2.05	783.460
3490	1.995	729.118	3544	2.5	927.8192	3588	2.515	944.974
3398	3.035	1079.970	3472	2.97	1079.855	3527.5	2.99	1104.505
3286	3.515	1209.546	3382.5	3.51	1243.296	3491	3.51	1283.177
2933	3.995	1227.039	3012.5	3.99	1258.721	3312.5	3.985	1382.336
2271	4.45	1058.295	2352	4.47	1100.967	2852.5	4.505	1345.705

La evolución del par motor y las revoluciones se muestra en la figura 15, donde se aprecia mientras aumenta la velocidad de giro, el par generado aumenta, pero solo hasta alcanzar su par máximo. El par máximo generado con la aplicación de la gasolina súper es 4.45 Nm que relaciona la una velocidad de giro del motor de 2771 rpm. El par máximo generado con el uso de la gasolina súper + 15% etanol es 4.505 Nm que desarrolla la velocidad de giro del motor de 2852.5 rpm. La gasolina super en relación con el par motor se aprecia un elevamiento puntual o instantáneo mientras que al aplicar etanol al 15% en mezcla a gasolina super se evidencia el mejor comportamiento en un mayor rango de revoluciones del motor.

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Figura 15.

Curva Par motor vs rpm de combustible súper y combinaciones

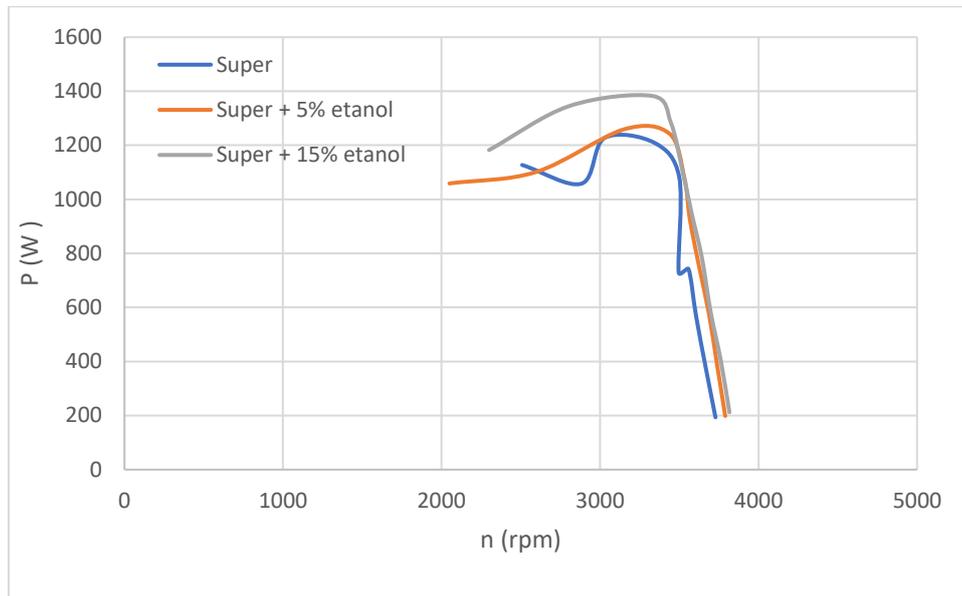


La potencia calculada del motor y las revoluciones se muestra en la figura 16 donde se aprecia mientras aumenta la velocidad de giro, la potencia generada aumenta, pero solo hasta alcanzar su potencia máxima del motor. La potencia máxima generada con la aplicación de la gasolina súper es 1227.03 W que desarrolla una velocidad de giro del motor de 2933 rpm. La potencia máxima generado con el uso de la gasolina súper + 15% etanol es 1382.33 W que corresponde a una velocidad de giro del motor de 3312 rpm. Por tanto, de forma comparativa se aprecia sin ninguna duda el incremento de la potencia con la adición del etanol al 15%.

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Figura 16.

Curva Potencia vs rpm de combustible súper y combinaciones



El consumo de combustible extra y sus combinaciones porcentuales

En la Tabla 10 se presenta los resultados de las ocho mediciones de potencia y flujo másico, parámetros necesarios para el cálculo del consumo específico (be) para los tres distintos combustibles en con etanol.

Tabla 10.

Consumo de combustible extra y sus combinaciones

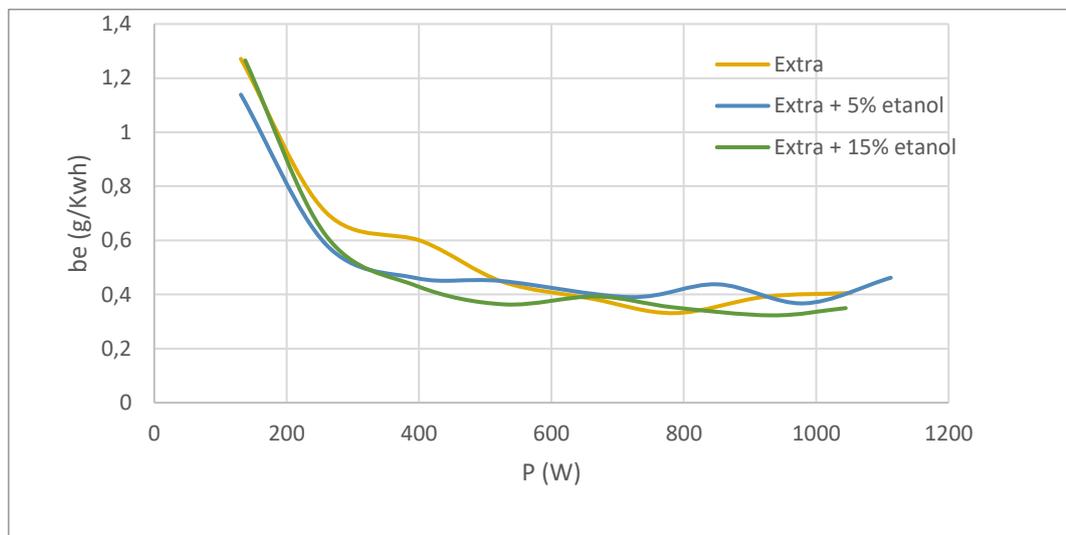
Extra Sin Aditivos				Extra + 5% Etanol				Extra +15% Etanol			
P (W)	V (cm ³ /s)	mB (kg/h)	be (g/Kwh)	P (W)	V (cm ³ /s)	mB (kg/h)	be (g/Kwh)	P (W)	V (cm ³ /s)	mB (kg/h)	be (g/Kwh)
130.9	0.093	0.250	1.27	130.9	0.084	0.226	1.138	137.44	0.095	0.255	1.265
259.18	0.101	0.273	0.70	259.18	0.086	0.231	0.585	259.18	0.091	0.246	0.618
405.79	0.125	0.337	0.59	395.31	0.098	0.265	0.461	395.31	0.095	0.255	0.432
526.21	0.124	0.333	0.44	523.6	0.127	0.341	0.450	528.83	0.103	0.278	0.363
661.04	0.132	0.354	0.38	719.95	0.135	0.364	0.392	667.59	0.139	0.374	0.396
785.4	0.135	0.364	0.33	850.85	0.181	0.487	0.437	784.09	0.145	0.390	0.352
922.84	0.178	0.478	0.39	981.75	0.172	0.462	0.367	933.31	0.151	0.407	0.322
1052.43	0.191	0.514	0.40	1112.65	0.225	0.605	0.462	1044.58	0.182	0.488	0.349

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

La Figura 17 visibiliza el consumo específico de combustible en función de la potencia generada para los tres combustibles en base a gasolina extra; cuando la potencia aumenta el consumo específico del combustible disminuye hasta aproximadamente los 750 W, a partir de este valor se empieza a experimentar un ligero incremento, los mayores consumos se producen a bajas revoluciones. Y se evidencia que el menor consumo de combustible en esta comparación lo tiene la mezcla de combustible extra con etanol al 15%.

Figura 17.

Curva consumo específico vs potencia de combustible extra y combinaciones.



El consumo de combustible super y sus combinaciones porcentuales

En la Tabla 11 se establece los resultados de las ocho mediciones de potencia y flujo másico, parámetros necesarios para el cálculo del consumo específico (be) para los tres distintos combustibles de base de gasolina súper en con etanol.

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Tabla 11.

Consumo de combustible super y sus combinaciones

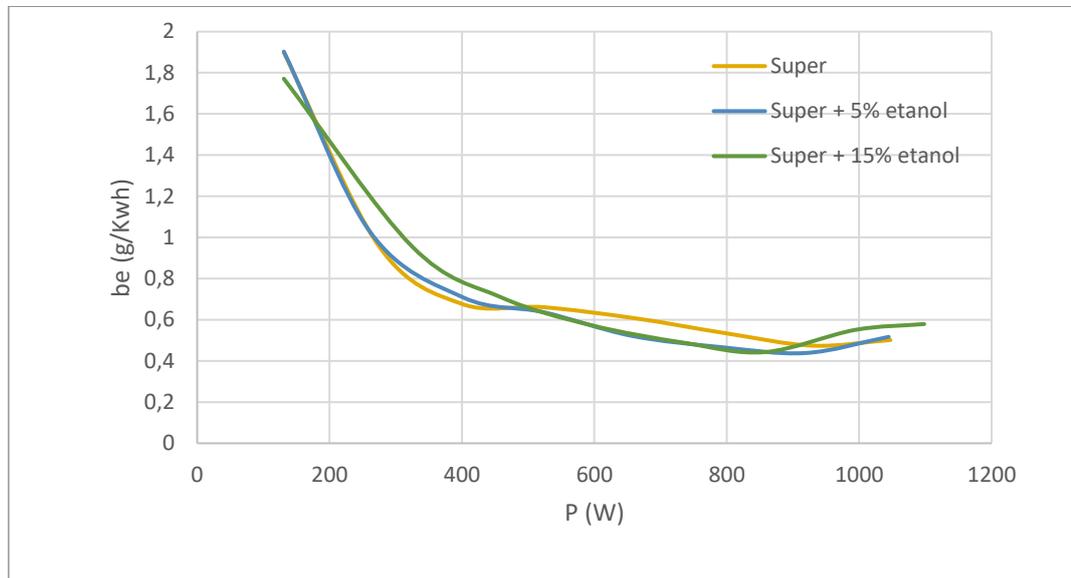
Super Sin Aditivos			Super + 5% Etanol			Super +15% Etanol					
P (W)	V (cm ³ /s)	mB (kg/h)	be (g/Kw h)	P (W)	V (cm ³ /s)	mB (kg/h)	be (g/Kw h)	P (W)	V (cm ³ /s)	mB (kg/h)	be (g/Kw h)
		0.24				0.24				0.23	
130.9	0.092	8	1.898	130.9	0.092	9	1.903	130.9	0.086	1	1.77
274.8		0.26				0.26		324.6		0.31	
9	0.098	2	0.956	261.8	0.099	8	1.024	3	0.115	0	0.95
399.2		0.27		401.8		0.28		459.4		0.32	
4	0.100	0	0.677	6	0.106	4	0.708	5	0.121	5	0.70
		0.34				0.33		594.2		0.34	
523.6	0.129	6	0.661	523.6	0.124	3	0.636	8	0.127	1	0.57
662.3		0.40		655.8		0.34		736.9		0.35	
54	0.149	2	0.606	0	0.127	2	0.522	6	0.133	9	0.48
798.4		0.42		790.6		0.36		857.3		0.37	
9	0.159	6	0.534	3	0.137	9	0.467	9	0.141	9	0.44
929.3		0.44		918.9		0.40		993.5		0.54	
9	0.164	0	0.474	1	0.150	2	0.438	3	0.204	7	0.55
1047.		0.52		1044.		0.53		1098.		0.63	
2	0.195	5	0.501	58	0.201	9	0.516	25	0.237	6	0.57

La Figura 18 presenta el consumo específico de combustible en función de la potencia generada para los tres combustibles en base a gasolina súper; es así que la potencia aumenta el consumo específico del combustible disminuye al punto de los 900 W, a partir de este valor se empieza a experimentar un ligero incremento, los mayores consumos se producen a bajas potencias. Y se evidencia que el menor consumo de combustible en esta comparación lo tiene la mezcla de combustible super con etanol al 15%.

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Figura 18.

Curva consumo específico vs potencia de combustible súper y combinaciones



Análisis de los resultados para el Consumo específico

En la tabla 12 y figura 19, se representa la prueba de múltiple rango y gráfico de caja y bigotes para la variable dependiente Consumo específico, en la misma se aplica el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher con un nivel del 95,0% de confianza. Se determina que existe diferencia significativa entre las gasolinas experimentadas en relación con el consumo, siendo la Súper+E15, Extra+E15, y Súper+E5, las de mejores resultados

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Tabla 12.

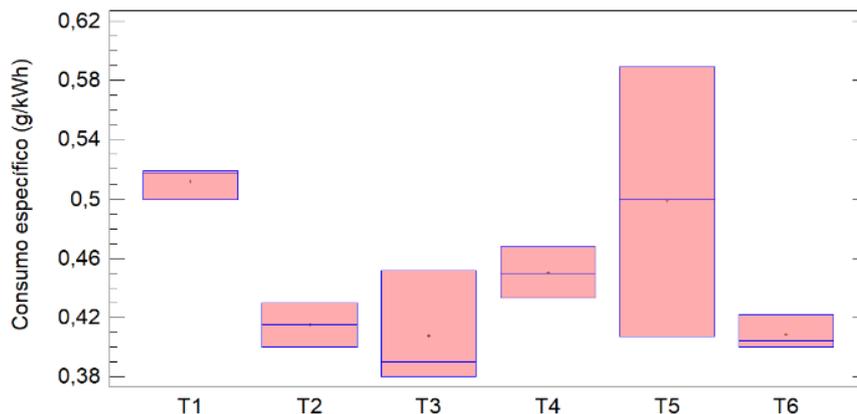
Tratamientos para el análisis de diferencias significativas

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T3	3	0,407333	X
T6	3	0,408667	X
T2	3	0,415	X
T4	3	0,450333	XX
T5	3	0,498667	X
T1	3	0,512	X

Nota: Método: 95,0 porcentaje LSD

Figura 19.

Gráfico comparativo del Consumo específico para las distintas gasolinas



En el caso particular del consumo específico de combustible, el aumento de esta variable para el etanol en comparación con la gasolina fue incrementado según por Galloni et al. (2016). Además, Kurniawan, Sudarmanta, y Yuvenda, (2018) establecieron la reducción del consumo de combustible al aplicar las mezclas de gasolina con etanol, similar a la tendencia desarrollada en este proyecto (Leguísamo, Llanes-Cedeño, Celi-Ortega, y Rocha-Hoyos, 2020). Taneja, Singh, y Singh, (2018) también coinciden con los resultados donde el contenido de etanol en la gasolina ha disminuido el consumo de combustible específico, los experimentos se realizaron en un

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

motor SI de relación de compresión variable a 1600 rpm y relación de compresión de 8.

En el mismo sentido Li, Meng, Nithyanandan, Lee, Lin, Chia-fon, y Liao (2016)

propone una alternativa para combustible en base a la gasolina y el etanol como potencial para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones contaminantes.

Las emisiones contaminantes a distinto rango con combustible extra y sus combinaciones porcentuales

En la Tabla 13 se refleja, los resultados de las mediciones de los gases contaminantes necesarias para evaluarse el MCI al respecto a la gasolina extra y sus combinaciones en relación con bajas rpm 1500 para el primer corte, donde se aprecia varias variables contaminantes que se reducen mostrando ventajas al respecto; y en la Tabla 14 se indican las variables obtenidas al determinar los gases contaminantes a través del equipo adoptado para el análisis a 2500 rpm y apreciar su variación del comportamiento. Se puede mencionar que todas variables contaminantes se reducen mostrando ventajas al respecto del uso del etanol al 15%.

Tabla 13.

Gases contaminantes del motor con extra y sus combinaciones a 1500 rpm

Extra Sin Aditivos		Extra + 5% Etanol		Extra +15% Etanol	
CO (% vol)	2.98	CO (% vol)	1.66	CO (% vol)	1.03
CO ₂ (% vol)	5.5	CO ₂ (% vol)	7	CO ₂ (% vol)	5.6
HC (ppm vol)	341	HC (ppm vol)	225	HC (ppm vol)	183
O ₂ (% vol)	10.26	O ₂ (% vol)	9.78	O ₂ (% vol)	12.32
lambda	1.647	lambda	1.681	lambda	2.2

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Tabla 14.

Gases contaminantes del motor con extra y sus combinaciones a 2500 rpm

Extra Sin Aditivos		Extra + 5% Etanol		Extra +15% Etanol	
CO (% vol)	6.64	CO (% vol)	5.99	CO (% vol)	4.41
CO2 (% vol)	10.1	CO2 (% vol)	10.9	CO2 (% vol)	11.9
HC (ppm vol)	421	HC (ppm vol)	338	HC (ppm vol)	261
O2 (% vol)	0.61	O2 (% vol)	0.5	O2 (% vol)	0.54
lambda	0.826	lambda	0.845	lambda	0.891

Las emisiones contaminantes a distinto rango con combustible súper y sus combinaciones porcentuales

En la Tabla 15 se presenta, los resultados de las mediciones de los gases contaminantes necesarias para evaluarse el MCI al respecto a la gasolina súper y sus combinaciones en relación con bajas rpm 1500 para el primer corte. Se puede comparar y se menciona que al aplicar el etanol al 15% a la gasolina super se evidencia la reducción de los contaminantes; y en la Tabla 16 se indican las variables obtenidas al determinar los gases contaminantes a través del equipo adoptado para el análisis a 2500 rpm y apreciar su variación del comportamiento para los distintos gases. Por tanto, al aplicar gasolina super con etanol al 15% mejorar el comportamiento del motor y la reducción se aprecia en esta condición de revolución.

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Tabla 15.

Gases contaminantes del motor con súper y sus combinaciones a 1500 rpm

Super Sin Aditivos		Super + 5% Etanol		Super +15% Etanol	
CO (% vol)	3.4	CO (% vol)	1.89	CO (% vol)	1.12
CO ₂ (% vol)	7.7	CO ₂ (% vol)	9.9	CO ₂ (% vol)	8.1
HC (ppm vol)	439	HC (ppm vol)	358	HC (ppm vol)	282
O ₂ (% vol)	6.86	O ₂ (% vol)	4.86	O ₂ (% vol)	8.86
Lambda	1.263	lambda	1.196	lambda	1.592

Tabla 16.

Gases contaminantes del motor con super y sus combinaciones a 2500 rpm

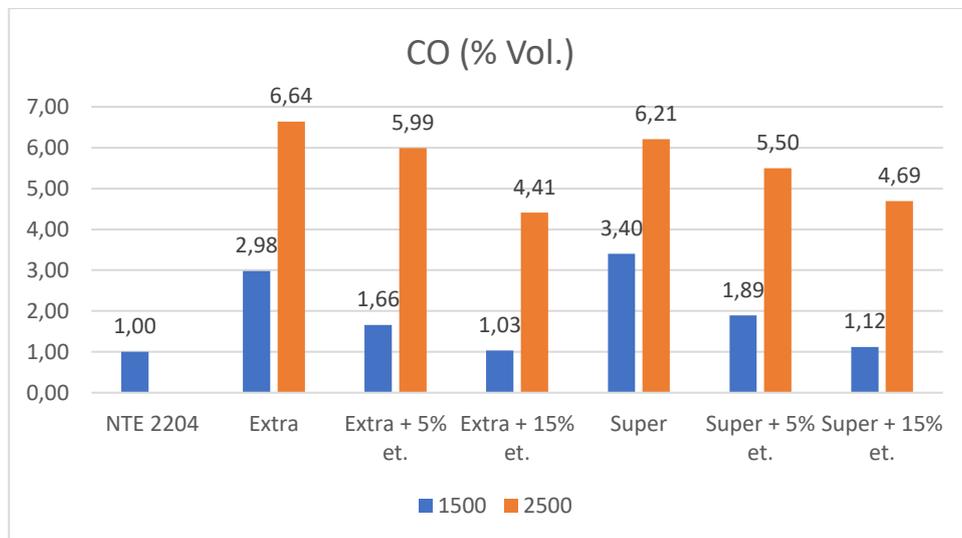
Super Sin Aditivos		Super + 5% Etanol		Super +15% Etanol	
CO (% vol)	6.21	CO (% vol)	5.5	CO (% vol)	4.69
CO ₂ (% vol)	10.2	CO ₂ (% vol)	11.2	CO ₂ (% vol)	11.7
HC (ppm vol)	480	HC (ppm vol)	360	HC (ppm vol)	345
O ₂ (% vol)	0.56	O ₂ (% vol)	0.48	O ₂ (% vol)	0.5
Lambda	0.831	lambda	0.856	lambda	0.879

En la figura 20, de forma comparativa el porcentaje de CO en relación con la norma 2204, se aprecia un relativo incremento para todos los combustibles analizados, pero de forma puntual los combustibles Súper+E15, y Extra+E15, asemejan un componente acercado a la norma como los de mejores resultados.

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Figura 20.

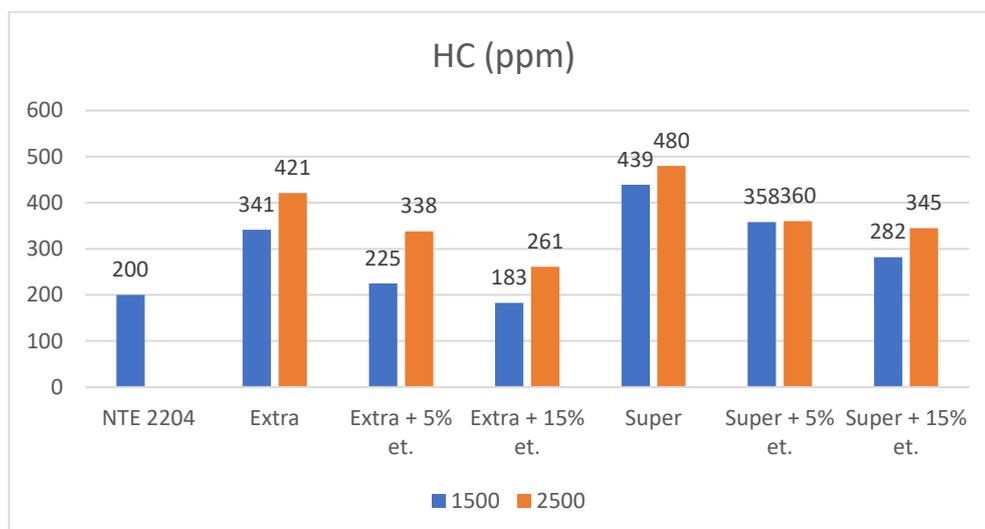
Gráfico comparativo de las distintas gasolinas en relación con el CO



En la figura 21, de forma comparativa el porcentaje de HC en relación con la norma 2204, se aprecia un relativo incremento para todos los combustibles analizados, pero de forma puntual los combustibles Extra+E5, y Extra+E15, asemejan un componente acercado a la norma como los de mejores resultados.

Figura 21.

Gráfico comparativo de las distintas gasolinas en relación con el HC



Según Nimje, Dandotiya, y Banker (2021) mencionan que hay una disminución

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

considerable en los parámetros de emisión para la mezcla de biocombustibles E5, etanol al 5% en comparación con todas las demás mezclas probadas (Leguísamo, Llanes-Cedeño, Celi-Ortega, y Rocha-Hoyos, 2020). Estos argumentos coinciden con los experimentados en nuestro banco de pruebas de la Universidad Internacional SEK, donde se analiza que mientras incrementamos el % de etanol se reduce los valores de emisiones contaminantes de acuerdo con los combustibles propuestos tanto para gasolina extra como super usados en nuestro País.

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Conclusiones.

En este estudio se probó el desempeño de un motor alimentado con mezclas de etanol, con el fin de evaluar el impacto de combinar el etanol como combustible. El comportamiento del motor de combustión depende del rpm del motor. Se ha observado que las variaciones en la composición de etanol en el combustible no afectan considerablemente el rendimiento del motor, y se visualizó los mejores resultados en la Súper+E15 donde se aprecia un incremento del 0.5% en relación con el combustible súper sola y la Extra+E15 incrementa un 7% con relación al combustible extra solo.

En las condiciones experimentales de este estudio, el comportamiento del consumo de combustible varía con el desarrollo del rpm del motor de combustión interna, el uso de etanol puede reducir el consumo de combustible, teniendo los de mejores resultados la Súper+E15 al reducir 30.33% al respecto de la línea base, Extra+E15 al reducir 33.33% al respecto de la línea base, y Súper+E5 al reducir 26.03% al respecto de la línea base, mostrándose con ventajas de acuerdo con la experimentación comparativa de combustibles.

Finalmente, considerando el proceso de medición de los gases de combustible según los límites máximos de la norma nacional, donde se establece los valores para CO % Vol., y HC en ppm determinados dependiendo del rpm del motor, la composición de etanol en los combustibles extra y super, de las mezclas se puede establecer que reduce la contaminación ambiental de acuerdo con las mediciones se puede determinar la reducción al aplicar el etanol tanto para extra como para super en relación al CO % Vol., se evidencia la misma tendencia para bajas rpm como para 2500 rpm; además para HC en ppm se evidencia la tendencia a la bajo en relación a la aplicación del etanol tanto para el combustible extra como para el combustible super.

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Recomendaciones.

Se debe establecerse adecuadamente la mezcla de combustible de acuerdo con los combustibles planteados ya que la ligera variación en porcentaje va influir directamente en el análisis para el experimento a analizarse para el banco de pruebas en la Universidad.

Revisar las condiciones técnicas de los equipos de medición de los experimentos tanto para la prueba de torque y potencia como de emisiones contaminantes con el fin de lograrse los estándares de medición de la norma ecuatoriana.

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Referencias Bibliográficas.

- Abouemara, K., & Fikry, S. (2020). Emission Control Technologies in Spark Ignition Engines. *Journal of Student Research*, 9(1). <https://doi.org/10.47611/jsr.v9i1.1101>
- Arce-Alejandro, R., Villegas-Alcaraz, J. F., Gómez-Castro, F. I., Juárez-Trujillo, L., Sánchez-Ramírez, E., Carrera-Rodríguez, M., & Morales-Rodríguez, R. (2018). Performance of a gasoline engine powered by a mixture of ethanol and n-butanol. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 20(8), 1929-1937.
- Autotools, SAS., (1 de diciembre de 2021), Analizador de Gases Brain Bee AGS-688. <https://autotools.co/node/191>
- Ciulli, E. (1937). A review of internal combustion engine losses Part 1: Specific studies on the motion of pistons, valves and bearings. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 194(1). <https://doi.org/10.1177/000271623719400172>
- Dey, S., & Mehta, N. S. (2020). Automobile pollution control using catalysis. *Resources, Environment and Sustainability*, 2, 100006.
- Galloni, E., Fontana, G., Staccone, S., & Scala, F. (2016). Performance analyses of a spark-ignition engine firing with gasoline–butanol blends at partial load operation. *Energy Conversion and Management*, 110, 319-326.
- Guasumba-Maila, J. E., Oramas-Proaño, D. D., Galeano-Vergara, H. F., & Vergara-

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

- Hidalgo, E. V. (2021). El control y la gestión de la inyección electrónica de combustible para los motores de encendido provocado. *Dominio de las Ciencias*, 7(4), 1869-1887.
- Han, S. Bin, & Chung, Y. J. (1998). A study on the effect of operating conditions for the stability at idle. *KSME International Journal*, 12(4), 694–700.
<https://doi.org/10.1007/BF02945730>
- Holmberg, K., Andersson, P., & Erdemir, A. (2012). Global energy consumption due to friction in passenger cars. *Tribology International*, 47, 221–234.
<https://doi.org/10.1016/j.triboint.2011.11.022>
- Hoshi, M. (1984). Reducing friction losses in automobile engines. *Tribology International*, 17(4), 185–189. [https://doi.org/10.1016/0301-679X\(84\)90017-3](https://doi.org/10.1016/0301-679X(84)90017-3)
- J. C. Rocha-Hoyos, L. E. Tipanluisa, V. D. Zambrano, and A. A. Portilla, “Estudio de un motor a gasolina en condiciones de altura con mezclas de aditivo orgánico en el combustible,” *Información tecnológica*, vol. 29, pp. 325–334, 10 2018.
[Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000500325>
- Koç, M., Sekmen, Y., Topgül, T., & Yücesu, H. S. (2009). The effects of ethanol–unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in a spark-ignition engine. *Renewable energy*, 34(10), 2101-2106.
- Kolawole, F. O., Kolawole, S. K., Varela, L. B., Owa, A. F., Ramirez, M. A., & Tschiptschin, A. P. (2020). Diamond-Like Carbon (DLC) Coatings for Automobile Applications. In *Engineering Applications of Diamond*. IntechOpen.
- Kurniawan, A., Sudarmanta, B., & Yuvenda, D. (2018). The Influence of Air Fuel Ratio on the Performances and Emissions of a SINJAI-150 Bioethanol Fueled Engines. *The International Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 2(2), 16-22.

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

- Leguísamo, J. C., Llanes-Cedeño, E. A., Celi-Ortega, S. F., & Rocha-Hoyos, J. C. (2020). Evaluación de la conducción eficiente en un motor de encendido provocado, a 2810 msnm. *Información tecnológica*, 31(1), 227-236.
- Li, Y., Meng, L., Nithyanandan, K., Lee, T. H., Lin, Y., Chia-fon, F. L., & Liao, S. (2016). Combustion, performance and emissions characteristics of a spark-ignition engine fueled with isopropanol-n-butanol-ethanol and gasoline blends. *Fuel*, 184, 864-872.
- Mihara, Y. (2017). Research trend of friction loss reduction in internal combustion engines. In *Tribology Online* (Vol. 12, Issue 3, pp. 82–88).
<https://doi.org/10.2474/trol.12.82>
- Naranjo, J. I. G., Maila, J. E. G., Gutierrez, C. A. T., & Agila, C. A. V. (2021). Caracterización tecnológica de los sistemas de emisiones contaminantes de los motores de encendido en vehículos automotrices. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 6(9), 942-962.
- Nguyen, D. V., & Duy, V. N. (2018). Numerical analysis of the forces on the components of a direct diesel engine. *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(5).
<https://doi.org/10.3390/app8050761>
- Nimje, P., Dandotiya, D., & Banker, N. D. (2021). An experimental investigation of MPFI gasoline engine fuelled with ethanol and n-butanol. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 1-10.
- NTE INEN 2204:2002 (2002), *Gestión Ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites Permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de gasolina*, 1ª Ed., Instituto Ecuatoriano de Normalización
- NTE INEN 935:2016 (2016), *Requerimientos de gasolina 7ª Ed.*, Instituto Ecuatoriano de Normalización

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

- R. Hernandez Sampieri, Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill Interamericana, 2018. [Online]. Available: <https://bit.ly/2O8xoHE>
- Safety Car, (5 de diciembre de 2021), Diagnósis de gases de escape. <https://www.gruposafetycar.com/diagnosis-gases-escape.html>
- Sanseverino, M., & Cascio, F. (1997). Model-based diagnosis for automotive repair. *IEEE Expert*, 12(6), 33-37
- Selleri, T., Melas, A. D., Joshi, A., Manara, D., Perujo, A., & Suarez-Bertoa, R. (2021). An overview of lean exhaust denox aftertreatment technologies and nox emission regulations in the european union. In *Catalysts* (Vol. 11, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/catal11030404>
- Taípe-Defaz, V. A.; Llanes-Cedeño, E. A.; Morales-Bayetero, C. F. y Checa-Ramírez, A. E. (2021). Evaluación experimental de un motor de encendido provocado bajo diferentes gasolinas. *Ingenius*. N.º 26, (julio-diciembre). pp. 17-29. doi: <https://doi.org/10.17163/ings.n26.2021.02>
- Tanaka, A., Shimada, H., Hiraiwa, N., Arai, T., Asano, H., & Nishikawa, Y. (2011). Development of an electronic resin throttle body. *SAE Technical Papers*.
- Taneja, S., Singh, P., & Singh, G. (2018, February). Comparative analysis of the Performance and Emission Characteristics of ethanol-butanol-gasoline blends. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 310, No. 1, p. 012136). IOP Publishing.
- Tapia, P., Tigre, V., & Torres, F. (2017). Determinación del consumo de combustible de vehículos en base a los ciclos de conducción EPA FTP75 y EPA HWFET, en dinamómetro de chasis. Casos de estudio: vehículos Hyundai Santa Fe 2.7 L V6, 2009 y Chery QAC 1.0 L, 2017. *Infociencia*, 11(1), 5-12.

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

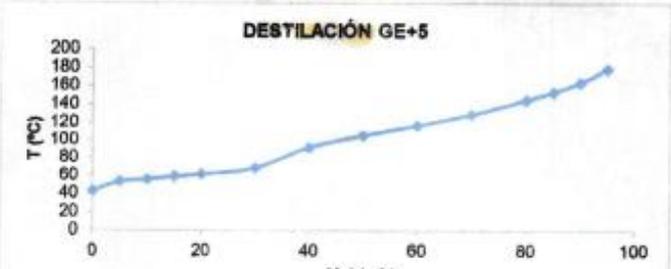
- Tripathy, S., Sahoo, S., & Srivastava, D. K. (2017). Gasoline direct injection-challenges. In *Combustion for Power Generation and Transportation: Technology, Challenges and Prospects* (pp. 367–379).
https://doi.org/10.1007/978-981-10-3785-6_16
- Tyagi, R. K., & Ranjan, R. (2015). Effect of heating the catalytic converter on emission characteristic of gasoline automotive vehicles. *International Journal of Ambient Energy*, 36(5), 235–241. <https://doi.org/10.1080/01430750.2013.853205>
- Van Basshuysen, R., & Schäfer, F. (2016). *Internal combustion engine handbook-basics, components, systems and perspectives* (Vol. 345).
- Verma, A., Dugala, N. S., & Singh, S. (2021). Experimental investigations on the performance of SI engine with Ethanol-Premium gasoline blends. *Materials Today: Proceedings*.
- Yang, C. (2020). A review on the structural analysis of engine assembly. *Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers*, 28(1), 87–92.
<https://doi.org/10.7467/KSAE.2020.28.1.087>

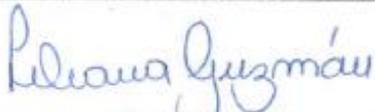
EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

Anexo 1

Propiedades fisicoquímicas de Extra + 5 etanol

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL		Revisión: 00			
			Fecha: 03-Sep-2018			
INFORME DE ANÁLISIS DE RESULTADOS			Página: 10 de 14			
			FPT0401-00			
I-LACBAL-2019-019						
INFORMACIÓN CLIENTE:	NOMBRE/EMPRESA	UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK				
	DIRECCIÓN	EL CALVARIO S/N Y FRANCISCO COMPTÉ				
	NÚMERO DE MUESTRAS	13				
INFORMACIÓN GENERAL:						
RESPONSABLE DEL INFORME		ING. TANIA PARRA	ORDEN DE TRABAJO	EPN DQ-OT0061-2019 LACBAL OT-LACBAL-2019-019		
FECHA	RECEPCIÓN DE MUESTRA	17-05-2019	PROFORMA	EPN DQ-P0210-2019		
	INICIO DE ENSAYO	29-05-2019		LACBAL COT-LACBAL-2019-019		
	ENTREGA DE INFORME	25-06-2019				
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:						
IDENTIFICACIÓN	CÓDIGO LABORATORIO	TIPO MUESTRA	TIPO ENVASE	CANTIDAD		
EXTRA + 5% ETANOL	M-LACBAL-2019-019-09	Gasolina	Vidrio	1 L		
CONDICIONES AMBIENTALES:						
TEMPERATURA [°C]	18.4	HUMEDAD RELATIVA [%]	58	PRESIÓN [kPa] 72.9		
RESULTADOS OBTENIDOS:						
MUESTRA	ENSAYO	NORMA MÉTODO	UNIDAD	NORMA REQUISITO*	VALOR OBTENIDO	
M-LACBAL-2019-019-09	*Número de octano (RON)	NTE INEN 2102	---	92 Mín.	88.4	
	*Ensayo de destilación:	Temperatura del 10%	ASTM D86-15	°C	70 Máx.	56
		Temperatura del 50%		°C	77 a 121	105
		Temperatura del 90%		°C	190 Máx.	164
		Punto final		°C	220 Máx.	196
		Residuo		%	2.0 Máx.	1.0
	*Presión de vapor Reid	ASTM D323-15a	kPa	60 Máx.	48.3	
	*Corrosión a la lámina de cobre	ASTM D130-12	---	No. 1 Máx.	1A	
	*Contenido de azufre	ASTM D4294-16	%	0.065 Máx.	0.023	
*Contenido de Gomas	ASTM D381-12	mg/100mL	3.0 Máx.	1.6		
INFORMACIÓN ADICIONAL:						
						


ING. LILIANA GUZMÁN
RESPONSABLE DE LABORATORIO
LACBAL



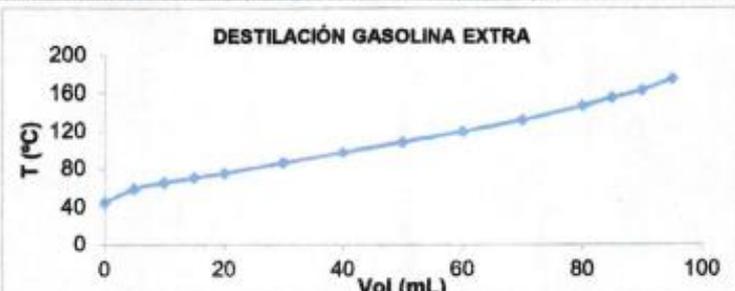
- NOTAS ACLARATORIAS**
- Los parámetros se encuentran dentro del Sistema de Gestión ISO 17025, pero no están acreditados.
 - Los resultados reportados corresponden únicamente a los ítems ensayados.
 - Queda prohibido la reproducción de forma parcial o total del presente informe sin autorización del Laboratorio LACBAL.
 - Cuando aplique, se realizan los ensayos aun sin cumplir con los criterios de aceptación y rechazo de las muestras de objeto de ensayo previa aceptación del cliente.
 - El muestreo es responsabilidad del cliente, la Escuela Politécnica Nacional no responde por posibles variaciones ocasionadas por la toma de muestra.

Ladrón de Graneros E11-253-F&B, Edificio Química (Nº 17) - Sto. Domingo

Propiedades fisicoquímicas de Extra + 15 etanol

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  LACBAL	Revisión: 00
		Fecha: 03-Sep-2018
		Página: 9 de 14
INFORME DE ANÁLISIS DE RESULTADOS		FPT0401-00

I-LACBAL-2019-019						
INFORMACIÓN CLIENTE:	NOMBRE/EMPRESA	UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK				
	DIRECCIÓN	EL CALVARIO S/N Y FRANCISCO COMPTÉ				
	NÚMERO DE MUESTRAS	13				
INFORMACIÓN GENERAL:						
RESPONSABLE DEL INFORME		ING. TANIA PARRA	ORDEN DE TRABAJO	EPN	DQ-OT0061-2019	
FECHA	RECEPCIÓN	17-05-2019		LACBAL	OT-LACBAL-2019-019	
	INICIO DE ENSAYO	29-05-2019	PROFORMA	EPN	DQ-P0210-2019	
	ENTREGA DE INFORME	25-06-2019		LACBAL	COT-LACBAL-2019-019	
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:						
IDENTIFICACIÓN	CÓDIGO LABORATORIO	TIPO MUESTRA	TIPO ENVASE	CANTIDAD		
EXTRA + 15% ETANOL	M-LACBAL-2019-019-08	Gasolina	Vidrio	1 L		
CONDICIONES AMBIENTALES:						
TEMPERATURA [°C]	18.4	HUMEDAD RELATIVA [%]	58	PRESIÓN [kPa]	72.9	
RESULTADOS OBTENIDOS:						
MUESTRA	ENSAYO	NORMA MÉTODO	UNIDAD	NORMA REQUISITO ^a	VALOR OBTENIDO	
M-LACBAL-2019-019-08	*Número de octano (RON)	NTE INEN 2102	---	87 Mín.	94.1	
	*Ensayo de destilación:	Temperatura del 10%	ASTM D86-15	°C	70 Máx.	57
		Temperatura del 50%		°C	77 a 121	74
		Temperatura del 90%		°C	190 Máx.	165
		Punto final		°C	220 Máx.	200
		Residuo		%	2.0 Máx.	1.0
	*Presión de vapor Reid	ASTM D323-15a	kPa	60 Máx.	41.4	
	*Corrosión a la lámina de cobre	ASTM D130-12	---	No. 1 Máx.	1A	
	*Contenido de azufre	ASTM D4294-16	%	0.065 Máx.	0.020	
*Contenido de Gomas	ASTM D381-12	mg/100mL	3.0 Máx.	3.6		
INFORMACIÓN ADICIONAL:						
						


ING. LILIANA GUZMÁN
RESPONSABLE DE LABORATORIO
LACBAL



NOTAS ACLARATORIAS

- Los parámetros se encuentran dentro del Sistema de Gestión ISO 17025, pero no están acreditados.
- Los resultados reportados corresponden únicamente a los ítems ensayados.
- Queda prohibida la reproducción de forma parcial o total del presente informe sin autorización del Laboratorio LACBAL.
- Cuando aplique, se realizan los ensayos aun sin cumplir con los criterios de aceptación y rechazo de las muestras de objeto de ensayo previa aceptación del cliente.
- El muestreo es responsabilidad del cliente, la Escuela Politécnica Nacional no responde por posibles variaciones ocasionadas por la toma de muestra.

Ladrón de Guevara E11 25-3-Edf. Eléctrica Química (Nº 17) - 5ta piso

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  LACBAL	Revisión: 00
	INFORME DE ANÁLISIS DE RESULTADOS	Fecha: 03-Sep-2018
		Página: 13 de 14
		FPT0401-00

I-LACBAL-2019-019

INFORMACIÓN CLIENTE:	NOMBRE/EMPRESA	UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK
	DIRECCIÓN	EL CALVARIO S/N Y FRANCISCO COMPTÉ
	NÚMERO DE MUESTRAS	13

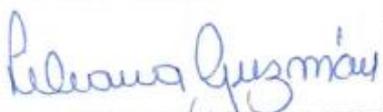
INFORMACIÓN GENERAL:					
RESPONSABLE DEL INFORME	ING. TANIA PARRA	ORDEN DE TRABAJO	EPN	DQ-OT0061-2019	
FECHA			LACBAL	OT-LACBAL-2019-019	
	RECEPCIÓN	17-05-2019	PROFORMA	EPN	DQ-PO210-2019
	INICIO DE ENSAYO	29-05-2019		LACBAL	COT-LACBAL-2019-019
	ENTREGA DE INFORME	25-06-2019			

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:				
IDENTIFICACIÓN	CÓDIGO LABORATORIO	TIPO MUESTRA	TIPO ENVASE	CANTIDAD
SUPER + 5% ETANOL	M-LACBAL-2019-019-12	Gasolina	Vidrio	1 L

CONDICIONES AMBIENTALES:					
TEMPERATURA [°C]	18.4	HUMEDAD RELATIVA [%]	58	PRESIÓN [kPa]	72.9

RESULTADOS OBTENIDOS:						
MUESTRA	ENSAYO	NORMA MÉTODO	UNIDAD	NORMA REQUISITO*	VALOR OBTENIDO	
M-LACBAL-2019-019-12	*Número de octano (RON)	NTE INEN 2102	---	87 Mín.	NO DETERMINADO	
	*Ensayo de destilación:	Temperatura del 10%	ASTM D86-15	°C	70 Máx.	53
		Temperatura del 50%		°C	77 a 121	97
		Temperatura del 90%		°C	190 Máx.	164
		Punto final		°C	220 Máx.	192
	Residuo		%	2.0 Máx.	1.0	
	*Presión de vapor Reid	ASTM D323-15a	kPa	60 Máx.	44.8	
	*Corrosión a la lámina de cobre	ASTM D130-12	---	No. 1 Máx.	1A	
	*Contenido de azufre	ASTM D4294-16	%	0.065 Máx.	0.035	
*Contenido de Gomas	ASTM D381-12	mg/100mL	3.0 Máx.	2.9		




ING. LILIANA GUZMÁN
RESPONSABLE DE LABORATORIO LACBAL



NOTAS ACLARATORIAS

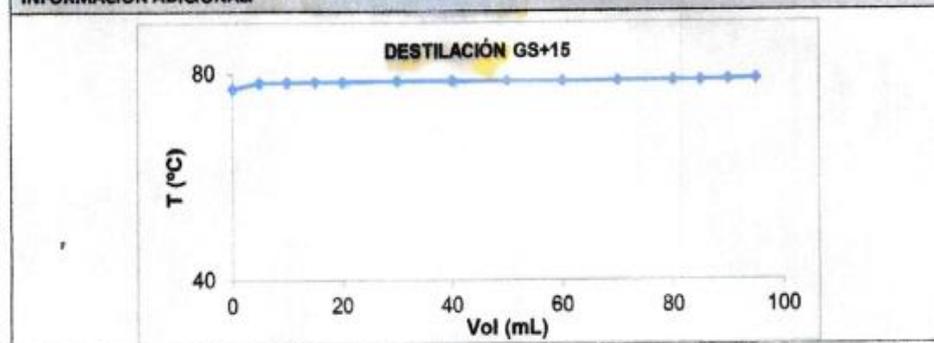
- Los parámetros se encuentran dentro del Sistema de Gestión ISO 17025, pero no están acreditados.
- Los resultados reportados corresponden únicamente a los ítem: ensayados.
- Queda prohibido la reproducción de forma parcial o total del presente informe sin autorización del Laboratorio LACBAL.
- Cuando aplique, se realizan los ensayos aun sin cumplir con los criterios de aceptación y rechazo de las muestras de objeto de ensayo previa aceptación del cliente.
- El muestreo es responsabilidad del cliente, la Escuela Politécnica Nacional no responde por posibles variaciones ocasionadas por la toma de muestra.

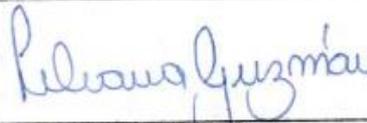
Ladrón de Guevara E 11 253 Edif. Eléctrica Química (Nº 17) - 5to piso

EVALUACIÓN UN MOTOR OTTO EXPERIMENTAL DE BAJA CILINDRADA

	ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	Revisión: 00
	LACBAL	Fecha: 03-Sep-2018
	INFORME DE ANÁLISIS DE RESULTADOS	Página: 12 de 14
		FPT0401-00

I-LACBAL-2019-019						
INFORMACIÓN CLIENTE:	NOMBRE/EMPRESA	UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK				
	DIRECCIÓN	EL CALVARIO S/N Y FRANCISCO COMPTÉ				
	NÚMERO DE MUESTRAS	13				
INFORMACIÓN GENERAL:						
RESPONSABLE DEL INFORME		ING. TANIA PARRA	ORDEN DE TRABAJO	EPN	DQ-OT0061-2019	
FECHA	RECEPCIÓN DE MUESTRA	17-05-2019		LACBAL	OT-LACBAL-2019-019	
	INICIO DE ENSAYO	29-05-2019	PROFORMA	EPN	DQ-P0210-2019	
	ENTREGA DE INFORME	25-06-2019		LACBAL	COT-LACBAL-2019-019	
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:						
IDENTIFICACIÓN	CÓDIGO LABORATORIO	TIPO MUESTRA	TIPO ENVASE	CANTIDAD		
SUPER + 15% ETANOL	M-LACBAL-2019-019-11	Gasolina	Vidrio	1 L		
CONDICIONES AMBIENTALES:						
TEMPERATURA [°C]	18.4	HUMEDAD RELATIVA [%]	58	PRESIÓN [kPa]	72.9	
RESULTADOS OBTENIDOS:						
MUESTRA	ENSAYO	NORMA MÉTODO	UNIDAD	NORMA REQUISITO ^a	VALOR OBTENIDO	
M-LACBAL-2019-019-11	*Número de octano (RON)	NTE INEN 2102	---	92 Mín.	94.9	
	*Ensayo de destilación:	Temperatura del 10%	ASTM D86-15	°C	70 Máx.	78
		Temperatura del 50%		°C	77 a 121	79
		Temperatura del 90%		°C	190 Máx.	79
		Punto final		°C	220 Máx.	79
		Residuo		%	2.0 Máx.	1.0
	*Presión de vapor Reid	ASTM D323-15a	kPa	60 Máx.	13.1	
	*Corrosión a la lámina de cobre	ASTM D130-12	---	No. 1 Máx.	1A	
	*Contenido de azufre	ASTM D4294-16	%	0.065 Máx.	0.001	
*Contenido de Gomas	ASTM D381-12	mg/100mL	3.0 Máx.	11.5		




ING. LILIANA GUZMÁN
RESPONSABLE DE LABORATORIO
LACBAL



- NOTAS ACLARATORIAS**
- Los parámetros se encuentran dentro del Sistema de Gestión ISO 17025, pero no están acreditados.
 - Los resultados reportados corresponden únicamente a los ítems ensayados.
 - Queda prohibido la reproducción de forma parcial o total del presente informe sin autorización del Laboratorio LACBAL.
 - Cuando aplique, se realizan los ensayos aun sin cumplir con los criterios de aceptación y rechazo de las muestras de objeto de ensayo previa aceptación del cliente.
 - El muestreo es responsabilidad del cliente, la Escuela Politécnica Nacional no responde por posibles variaciones ocasionadas por la toma de muestra.

Laboratorio de Química F-11-253-Edif. Eléctrica Química (Nº 17) - Sto. Domingo