



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v9i1>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

Análisis de eficiencia de un tratamiento químico y aditivos aplicado a un motor de combustión interna.

Efficiency analysis of a chemical treatment and additives applied to an internal combustion engine

Análise da eficiência de um tratamento químico e aditivos aplicados a um motor de combustão interna

Guillermo Gorky Reyes-Campaña ^I

gureyesca@uide.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-7133-9509>

Renato Nicolás Avilés-Cedeño ^{II}

reavilesce@uide.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-5475-5239>

Rafael Rodrigo Hernández-Yáñez ^{III}

rahernandezya@uide.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-0084-1438>

Correspondencia: gureyesca@uide.edu.ec

***Recibido:** 29 de diciembre de 2022 ***Aceptado:** 12 de enero de 2023 * **Publicado:** 07 de febrero de 2023

- I. Ingeniero Mecánico Automotriz, Magíster en Sistemas Automotrices, Doctorado en Educación Superior, Universidad Internacional del Ecuador. Quito, Ecuador.
- II. Ingeniero Mecánico Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador. Quito, Ecuador.
- III. Ingeniero Mecánico Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador. Quito, Ecuador.

Resumen

En la presente investigación Se realizó un estudio entre un tratamiento químico y aditivos para analizar cuál de estos factores y proporciones genera un menor coeficiente de fricción (μ) entre las piezas mecánicas de un motor a combustión interna y observar cuál de estos elementos a estudiar produce un mejor rendimiento del vehículo. Siendo una investigación cuantitativa, comparativa, teórica y de campo tomando los datos de tres diferentes componentes químicos antifricción, se usó un equipo de fricción calibrado bajo normas API. Se analizó tres puntos en común los cuales son F y F crítico que generan la confirmación de la investigación, la varianza para obtener una muestra del tratamiento químico y la correlación entre las variables obtenidas, donde el tratamiento químico genera una brecha considerable sobre los aditivos. Por consiguiente, es más efectivo el tratamiento químico. Tiene una mejor resistencia a la temperatura en comparación con los aditivos del 45.95%. Consecuentemente, en la fase de fuerza se obtuvo un resultado de 62.53% en relación con la fuerza aplicada de los demás aditivos y la fricción producida del tratamiento químico es de 62.50% mayor al aditivo siendo directamente proporcional a la fuerza aplicada, lo que genera un margen de error de ± 0.03 %, ya que los datos fueron tomados en el LAB y comprobados, para reducir al máximo el margen de error.

Palabras Claves: Tratamiento químico; Aditivo; Fricción; Temperatura.

Abstract

In the present investigation, a study was carried out between a chemical treatment and additives to analyze which of these factors and proportions generates a lower coefficient of friction (μ) between the mechanical parts of an internal combustion engine and observe which of these elements to be studied produces better vehicle performance. Being a quantitative, comparative, theoretical and field investigation taking the data of three different anti-friction chemical components, a friction equipment calibrated under API standards was used. Three points in common were analyzed, which are F and F critical that generate the confirmation of the investigation, the variance to obtain a sample of the chemical treatment and the correlation between the variables obtained, where the chemical treatment generates a considerable gap on the additives. Therefore, chemical treatment is more effective. It has a better temperature resistance compared to additives of 45.95%. Consequently, in the force phase, a result of 62.53% was obtained in relation to the applied force of the other additives and the friction produced by the chemical treatment is 62.50% greater than the additive, being directly proportional

Análisis de eficiencia de un tratamiento químico y aditivos aplicado a un motor de combustión interna.

to the applied force, which generates a margin of error of $\pm 0.03\%$, since the data was taken in the LAB and verified, to reduce the margin of error as much as possible.

Keywords: Chemical treatment; Additive; Friction; Temperature.

Resumo

Na presente investigação, foi realizado um estudo entre um tratamento químico e aditivos para analisar qual desses fatores e proporções gera um menor coeficiente de atrito (μ) entre as partes mecânicas de um motor de combustão interna e observar qual desses elementos deve ser estudado produz melhor desempenho do veículo. Sendo uma investigação quantitativa, comparativa, teórica e de campo tomando os dados de três diferentes componentes químicos anti-fricção, foi utilizado um equipamento de fricção calibrado sob as normas API. Foram analisados três pontos em comum, que são F e F críticos que geram a confirmação da investigação, a variância para obter uma amostra do tratamento químico e a correlação entre as variáveis obtidas, onde o tratamento químico gera uma lacuna considerável nos aditivos. Portanto, o tratamento químico é mais eficaz. Tem uma melhor resistência à temperatura em relação aos aditivos de 45,95%. Conseqüentemente, na fase de força obteve-se um resultado de 62,53% em relação à força aplicada dos demais aditivos e o atrito produzido pelo tratamento químico é 62,50% maior que o aditivo, sendo diretamente proporcional à força aplicada, o que gera uma margem de erro de $\pm 0,03\%$, já que os dados foram retirados no LAB e verificados, para reduzir ao máximo a margem de erro.

Palavras-chave: Tratamento químico; Aditivo; Atrito; Temperatura.

Introducción

El presente artículo surge en el problema de desgaste por la fricción generada en las piezas de un motor a combustión interna, se realizó un análisis para la reducción de fricción que genera un tratamiento químico y los aditivos, comparando y analizando los diferentes resultados para proponer una solución. De acuerdo con el funcionamiento de un motor a combustión que transforma la energía química en energía mecánica, se requiere de varios componentes para realizar este trabajo, generando altas temperaturas y fricción entre las piezas de este. Un estudio de la universidad tecnológica de Pereira dice que:

A lo largo del tiempo la ciencia ha estudiado la interacción entre superficies, la mayoría de los estudios realizados han llegado a concluir que el rozamiento depende de muchos factores, los cuales

Análisis de eficiencia de un tratamiento químico y aditivos aplicado a un motor de combustión interna.

involucran entre otras las condiciones ambientales, el estado superficial, la humedad relativa, la magnitud de la fuerza normal, la dirección de movimiento, etc. (WILSON PEREZ CASTRO, 2010, pág. 6)

Asimismo, este factor de fricción que se genera afecta a cualquier maquinaria o vehículo a nivel mundial produciendo altas temperaturas y desgaste que influye en la productividad y vida útil. Gracias a esto se ha intentado reducir al máximo la fricción con lubricantes, pero existen aditivos y tratamientos químicos que ayudan aún más a reducir el coeficiente de fricción en las piezas, donde se prioriza en realizar un estudio comparativo para analizar cual da mejores prestaciones en reducción de fricción. Se realizó un estudio comparativo, cuantitativo y de LAB, entre la unión tratamiento químico y aditivos para de este modo analizar cuál de estos factores y proporciones genera un menor coeficiente de fricción entre las piezas mecánicas de un motor a combustión interna y observar cuál de estos elementos a estudiar produce un mejor rendimiento del vehículo. Este análisis se realizará con un tratamiento químico (TR1) y dos aditivos antifricción (AD1, AD2), donde serán probados en una máquina que principalmente nos permitirá medir el coeficiente de fricción entre dos componentes metálicos uno de acero con aleación de aluminio y el segundo de acero poniendo a prueba cada uno de los elementos a estudiar y obtener una tabla de datos y gráficos de curvas. Un estudio de la universidad César vallejo nos menciona que “los métodos de engrase de los motores de cuatro ciclos en particular y los sistemas hidráulicos, mecánicos en general son esenciales para maximizar la vida útil económica de estos distintos elementos” (Pasache, 2020, pág. 54).

Al no colocar estos componentes químicos en el motor se tendría un coeficiente de fricción muy elevado desgastando las piezas mecánicas prematuramente. En otro estudio, Carlos Santillán (2019) menciona que “El coeficiente de fricción es un factor que influye considerablemente en los diferentes tipos de fallo y por ende su alta incidencia en la eficiencia de pares de contacto” (pág.1). Dando a entender que a menor coeficiente de fricción se obtiene un mejor rendimiento y un menor daño entre las piezas que se encuentran en rozamiento. También Yuji Mihara (2017) de la Universidad de la ciudad de Tokio menciona que “Se han desarrollado varias tecnologías para reducir la pérdida de energía de escape, la pérdida de calor y la pérdida por fricción, que son los principales problemas con los motores de combustión interna” (pág. 82), donde mientras más fricción se genere, habría una mayor temperatura dentro del motor a combustión interna y por esta razón se intenta disminuir ambos lo máximo posible usando tratamientos químicos y aditivos antifricción. Por otro lado, el Journal of applied and tecnología menciona que “Los fluidos provenientes de los metales reducen la fricción y

Análisis de eficiencia de un tratamiento químico y aditivos aplicado a un motor de combustión interna.

el desgaste entre los componentes bajo condiciones de presión extrema, además de servir como medio de enfriamiento” (Jose Taha-Tijerina, 2018, pág. 394). Analizando la afirmación, dentro de un motor a combustión interna se manejan presiones altas del fluido reduciendo la fricción y el desgaste de los materiales y un aspecto también muy importante es la reducción de la temperatura. Según otro estudio Hal Université des Antilles “La reducción de la fricción y el desgaste consiste en introducir entre las superficies de fricción un lubricante (sólido, líquido o gas), cuyo principal objetivo es evitar el contacto directo entre las superficies” (P. Thomas, 2017, pág. 1). Donde claramente es necesario tener algún componente químico que forme esta pared laminar entre los mecanismos ya que sin ella la fricción sería alta y las piezas tendrían una vida útil corta. Igualmente, Afafia Abdelhafid (2019) de la Universidad du 8 mai 1945 menciona que” La presencia de aditivos que mejoran la viscosidad (polímeros) de los aceites lubricantes reduciendo la fricción” (pág.3). Esto quiere decir que gracias a los aditivos se genera una pared laminar más gruesa entre las piezas reduciendo considerablemente la fricción producida. Para finalizar se realizó una investigación cuantitativa, cualitativa, teórica y una investigación de campo tomando los datos de tres diferentes componentes químicos antifricción, donde primero, en una máquina que particularmente genera fricción (Falex) entre dos piezas metálicas de acero con aluminio, probando cada uno de los componentes unidos en proporciones iguales.

Metodología

El motor de combustión interna se desarrolló con una evolución de la máquina de vapor. En este motor el trabajo se obtiene por la combustión interna de una mezcla de aire y combustible, a diferencia de la máquina de vapor, que aprovecha la presión del vapor de agua que se produce por una combustión externa. (Acebes, 2017, pág. 13)

Por otro lado, la primera ley de la termodinámica establece una relación entre la energía puede almacenarse dentro de los sistemas en diversas formas macroscópicas. La energía también puede transformarse de una forma a otra y transferirse entre sistemas. Para sistemas cerrados la energía se transfiere por medio de trabajo y de calor. La cantidad total de energía se conserva en todas las transformaciones y transferencias. Segunda ley de la termodinámica. (Bragado, 2003, pág. 35)

También, el concepto de temperatura se origina con la percepción de nuestros sentidos. Dicho concepto se basa en la noción de "calor" o "frío" que transmite un cuerpo. Utilizamos nuestro sentido

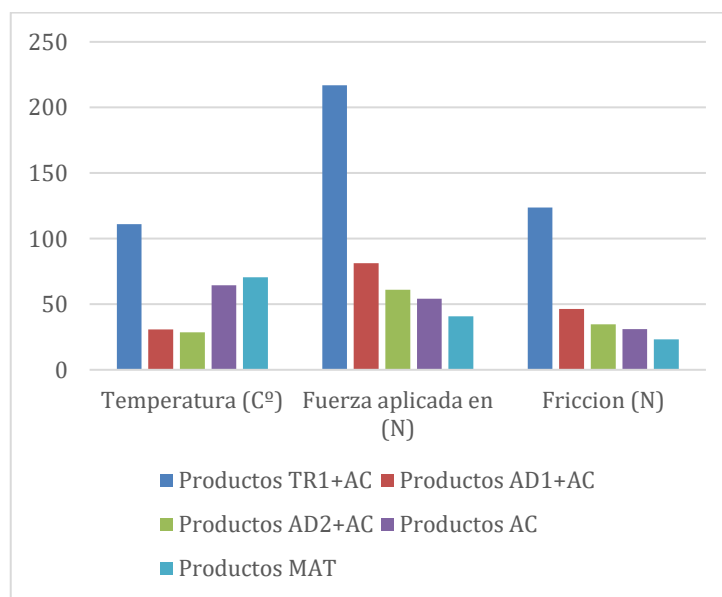
Análisis de eficiencia de un tratamiento químico y aditivos aplicado a un motor de combustión interna.

del tacto para distinguir los cuerpos calientes de los fríos ordenándolos y decidiendo que 1 es más caliente que 2, 2 más caliente que 3, y así sucesivamente. (Bragado, 2003, pág. 18)

Asimismo, el razonamiento seco se presenta cuando las superficies no lubricadas de dos sólidos en contacto se deslizan una con respecto a la otra o están a punto de deslizarse. Se desarrolla entonces una fuerza de rozamiento tangente a las superficies de contacto, tanto durante el tiempo que transcurre hasta el movimiento inminente como cuando ya tiene lugar el deslizamiento. El sentido de esa fuerza es siempre opuesto al del movimiento o al del movimiento inminente. El rozamiento seco se conoce también como rozamiento de Coulomb. (James L. Meriam, 2019, pág. 336)

Sin embargo, los aditivos o dopantes se utilizan para mejorar a la carta alguna o varias de las propiedades de los aceites hidráulicos. Hay aditivos para todo, aunque se suelen seleccionar para aumentar la estabilidad, reducir el desgaste, evitar corrosión o la formación de lodos. La cantidad máxima de aditivos que puede añadirse depende del tipo de aceite, pero no es conveniente que supere el 20% del volumen total. Hay que tener en cuenta que los aditivos son muy ácidos de humedad, pierden sus propiedades con el uso y, al envejecer, también pueden separarse del aceite y precipitar. (Jiménez, 2019, pág. 356)

Figura 2. Productos



Nota. El gráfico representa los resultados de la prueba LAB, respecto a temperatura, fuerza aplicada y fricción.

Fuente: (Autor, 2022)

Ecuaciones

La fuerza de fricción dinámica actuará siempre en la misma dirección, pero en sentido contrario al movimiento, es decir, en sentido contrario a la velocidad, provocando una aceleración negativa y consecuentemente un frenado. Una vez iniciado el movimiento la fuerza de fricción dinámica se mantiene constante, independientemente de que la magnitud de la velocidad sea grande o pequeña. Es directamente proporcional a la magnitud de la normal entre las superficies, por lo que puede escribirse:

$$F_d = \mu_d * N \quad (1)$$

F_d = Magnitud de la fuerza dinámica N.

N = Magnitud de la fuerza normal entre las superficies debido al peso en Newton (N).

μ_d = Coeficiente de fricción dinámico, sin unidades. (Pérez Montiel, 2021, pág. 145)

Coeficiente de fricción dinámica.

“El coeficiente de fricción dinámico es la relación entre la magnitud de la fuerza de fricción dinámica y la magnitud de la fuerza normal que tiende a mantener unidas dos superficies. Es adimensional” (Pérez Montiel, 2021, pág. 98).

$$\mu_d = \frac{F_d}{N} \quad (2)$$

F_d = Magnitud de la fuerza dinámica N).

N = Magnitud de la fuerza normal entre las superficies debido al peso en Newton (N).

μ_d = Coeficiente de fricción dinámico, sin unidades. (Pérez Montiel, 2021).

Fórmula de F estadístico.

$$F = \frac{\frac{SCR}{k}}{\frac{SCE}{n-k-1}} \quad (3)$$

SCR = Suma de cuadrados de la regresión.

SCE = Suma de cuadrados de los residuos.

N = Número total de observaciones en la muestra.

K = Grados de libertad. (Pérez Montiel, 2021).

Análisis de eficiencia de un tratamiento químico y aditivos aplicado a un motor de combustión interna.

El estadístico F es una prueba que se utiliza para evaluar la capacidad explicativa que tiene un grupo de variables independientes sobre la variación de la variable dependiente. Esta prueba es de uso común en inferencia estadística para realizar contrastes de hipótesis. (Richard I. Levin, 2004, pág. 612).

Coefficiente de correlación

$$r = \frac{\sum[(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 * \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

r = Coeficiente de correlación

X_i = Coeficiente de correlación

\bar{x} = Media de los valores de la variable X

Y_i = Valores de la variable y en una muestra

\bar{y} = Media de los valores de la variable y (Mark L. Berenson, 2006, pág. 619).

Materiales y Método

Metodología

Se realizó una investigación cuantitativa, cualitativa, teórica y de LAB tomando los datos de tres diferentes componentes químicos antifricción, donde se realizó en una máquina que específicamente genera fricción (Falex) entre dos piezas metálicas, donde existe un rodillo de acero cementado giratorio y un cilindro del mismo material, que al momento de colocar los componentes antifricción en contacto con estos materiales, se ejerce una fuerza medida en lb/pie hasta que el rodillo se detenga por la fuerza aplicada. Consecuentemente, cada prueba tenía una duración de tres minutos y medición constante de la temperatura en el rodillo con un termómetro láser a una temperatura inicial de 26,6 C^0 . Probando la unión de cada uno de los componentes y analizar cual proporciona un mejor rendimiento de resistencia a la fuerza, reducción de fricción, temperatura y desgaste.

Materiales Utilizados

Aceite para motor (AC).

Análisis de eficiencia de un tratamiento químico y aditivos aplicado a un motor de combustión interna.

Figura 3. Características (AC)

Gravedad de viscosidad SAE	5W-30	10W-30	15W-40	20W-50
Clasificación API	SL	SL/CI-4	SL/CI-4	SL/CI-4
Gravedad API a 60°F	31.0	28.1	28.0	27.0
Viscosidad cSt a 40° C	60.0	79.5	113.0	157.0
Viscosidad cSt a 100° C	10.2	11.69	15.0	18.0
Índice de viscosidad	160	140	140	127
Viscosidad CCS CP (°C)	6170(-30)	6750(-25)	6650(-15)	4200(-10)
HT/HS (ASTM D-4683)	3.3	3.4	4.22	5.0
Punto de Inflamación	204°C(400°F)	221°C(430°F)	221°C(430°F)	227°C(440°F)
Punto de fluidez (Máx.)	-37°C(-35°F)	-33°C(-27°F)	-29°C(-20°F)	-26°C(-15°F)
Prueba de filtro (GM EOFS)	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
Prueba de Espuma (ASTM D-892)	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
Cenizas sulfatadas % peso	.90%	1.40%	1.40%	1.40%

Análisis de eficiencia de un tratamiento químico y aditivos aplicado a un motor de combustión interna.

Calcio, p%	.195	.295	.295	.295
Fósforo, p%	0.070	.1167	.1167	.1167
Zinc, p%	.083	.127	.135	.135
TBN (ASTM D-2896)	8	11	11	11

Nota. Representa las características de los tipos de aceite según su densidad.

Fuente: (Widman, 03/24/22)

Es un aceite de máxima ejecución diseñado para satisfacer y exceder los últimos requerimientos de garantía de vehículos de fábrica. Formulado especialmente para satisfacer las demandas de motores de gasolina pequeños de desplazamiento RPM los cuales se encuentran hoy en los vehículos asiáticos, europeos y americanos. (Fennell, 1993).

Siendo un aceite sintético que ayuda a la reducción de fricción.

Por lo cual la decisión de tomar el tipo de AC de esta viscosidad es el motivo que la muestra de vehículos que accedan a este tratamiento es de 100mil KM en adelante por el deterioro interno de las piezas del vehículo y así tener una mejor eficiencia el momento de aplicar el producto TR1.

Tratamiento químico (TR1), “Es un tratamiento antifricción de 3ra generación. Único con el 100% del ingrediente activo, lo que lo hace compatible con cualquier lubricante de la clasificación API (Prueba de laboratorio secuencia IIF)” (Motorkote, 2020).

Aditivo 1 (AD1), “Forma una resistente película microscópica entre los metales para reducir al máximo el desgaste ocasionado por la fricción durante 80.000 Km. y/o 2500 horas de trabajo” (simonizauto, 2019).

Aditivo 2 (AD2), “Es un aditivo que va en conjunto con el aceite del motor reduciendo la fricción entre las piezas para que este no tenga un mayor desgaste protegiendo y preservando los nuevos y antiguos vehículos” (maxcarsumegacentro, 2021).

“La máquina generadora de fricción, está diseñada para poder ejercer una carga medida sobre una rodela y así poder probar diferentes tipos de lubricantes y sus propiedades tribológicas, generando una comparación de resistencia a la fricción y deformación” (Fennell, 1993).

Normativas

Sin embargo, todos los componentes químicos a estudiar cumplen la Norma API categoría SL (Total Blog España, 2016), de protección del motor y una mayor duración del lubricante. Por otro lado, también cumplen con el reglamento de seguridad CE nº 1907/2006 (miteco.gob.es, 2011), que tiene como objetivo principal mejorar la protección para la salud humana y el medio ambiente frente al riesgo que puede conllevar la fabricación, comercialización y uso de las sustancias y mezclas químicas.

(ASTM D 6984) con un motor GM 151S

Procedimiento de prueba para evaluar los aditivos de tratamiento de aceite de motor para aplicaciones Otto y diésel según la secuencia IIF. Reglamentada por la Ordenanza ANP nº 131, del 30.7.1999 y derogada por la Resolución ANP nº 10, del 03.07.2007, donde se exige la prueba de desempeño del referido aditivo luego de la Prueba de banco de motor ASTM Sequence IIF. La prueba PB/IMI-1109S3FGM151-2 establece un procedimiento para evaluar los aceites para motores de combustión interna, así como los aditivos frente a condiciones especiales de rendimiento, particularmente operando a alta temperatura según el procedimiento ASTM D 6984-09 Sequence IIF. Esta prueba mide el espesamiento del aceite, la formación de lodos y barnices en los componentes del motor, los depósitos en los pistones, el consumo de aceite y el desgaste del árbol de levas. (SAE International, 2013)

ASTM G99-95a (2000)

Este método de prueba describe un procedimiento de laboratorio para determinar el desgaste de los materiales durante el deslizamiento utilizando un aparato pin-on-disk. Los materiales se prueban en pares en condiciones nominalmente no abrasivas. Se describen las principales áreas de atención experimental en el uso de este tipo de aparatos para medir el desgaste. También se puede determinar el coeficiente de fricción. (ASTM, 2017)

Normativa API SJ

Motores de gasolina 1996. Mismas exigencias que para el servicio SH (incluido el sistema de licencia y certificación), junto a una mejor protección contra la oxidación del aceite a alta temperatura y el

Análisis de eficiencia de un tratamiento químico y aditivos aplicado a un motor de combustión interna.

envenenamiento del catalizador. El “donut” API que figura en el bidón certifica el nivel SJ. A partir del 01/08/97, el nivel SJ sustituye oficialmente al nivel SH. (API, 2020)

Normativa API SL

Motor de gasolina 2001. Nuevos ensayos de desgaste (Seq IVa), de detergencia (TEOST MHT4), oxidación (Seq III f, equivalente a Seq III e) y de depósitos a baja temperatura (Seq V g) para una mejor protección del motor y una mayor duración del lubricante. Reemplaza a API SJ. (API, 2020)

Normativa API SM

“Motor gasolina 2004. Prestaciones generales mejoradas para alargar los cambios de aceite. Ensayo TEOST severizado, nuevo ensayo de oxidación (Seq IIIG, equivalente a 2 Seq IIIF). Límites químicos para los grados fluidos con ILSAC GF-4” (API, 2020).

Resultados y Discusión

Datos de Entrada

En las siguientes tablas se aprecia los resultados, cabe recalcar que se obtuvieron mediante una prueba de LAB, por ende, son valores reales los cuales sirven para los respectivos datos como demostración y confirmación del resultado final con el tratamiento químico. En las tablas observamos las variables que son la temperatura en grados C^0 , la fuerza aplicada en la máquina falex en lb/p transformado en Newton, finalmente a través de los datos obtenidos con las ecuaciones la fricción y como adicional se observa las dos constantes momento de fricción y el sistema de velocidad continua que ayudan para la interpretación de las mismas.

Análisis de eficiencia de un tratamiento químico y aditivos aplicado a un motor de combustión interna.

Tabla 1. Tabla de variables y productos.

Variables	TR1+Ac	AD1+AC	AD2+AC	AC.MAT	MAT
Temperatura (C°)	111	30.7	28.7	64.5	70.5
Fuerza aplicada en (N)	217	81.349	61.011	54.232	70.5
Fricción	123.650	46.368	34.776	30.912	23.184

Nota. Datos resultantes de la prueba de LAB.

Fuente: (Autor, 2020)

Resultados Individuales.

A continuación, se observa la tabla de análisis de varianza de un factor la cual permite apreciar el resultado de suma, promedio, varianza.

Tabla 2. Análisis de varianza de un factor.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Tratamiento 1	3	451.581	150.527	3347.106
Adictivo 1	3	158.418	52.806	672.409
Adictivo 2	3	124.488	41.496	294.876
Oíl 20/50	3	149.645	49.881	296.225
Acero	3	134.359	44.786	572.370

Nota. Representa la medida de influencia respecto a las tres variables.

Fuente: (Autor, 2022)

Para la comprensión del porqué de las tablas 1 y tabla 2. Se obtuvieron valores significativos para el artículo como es la suma donde se ve una gran variación de resultados y confirma la magnanimidad del primer producto (TR1), por ende, el resultado del promedio se verá reflejado en la varianza, pero se observa que da un salto de 158 a 451 respecto al promedio se aprecia que de igual manera genera un salto para la investigación es un punto favorable ya que permite confirmar datos reales.

En la tabla 2 se aprecia la misma diferencia, pero con un dato extra que es el valor de F y el valor de F crítico estos dos valores permiten ver la parte significativa de la variable dependiente, los grados

Análisis de eficiencia de un tratamiento químico y aditivos aplicado a un motor de combustión interna.

de libertad permiten confirmar la cantidad de variables que son fiables para el artículo y como dentro de los pocos valores se tiene un resultado de 14 valores fiables en total, la suma de cuadrados se enfoca en la anterioridad o en los errores que entonces como definición F tiene que ser mayor al F crítico porque si F crítico es mayor los datos de la investigación son erróneos por lo tanto se tiene un valor de 6 en F y un valor de F crítico de 5 si estos valores estarían en otra posición no se confirma la investigación, pero si está de la forma correcta la investigación está confirmada y se puede decir que es aceptable y que los datos obtenidos son fiables.

Para complementar la información de la tabla 2 adicional se realiza el análisis de la varianza.

Tabla 3. Análisis de varianza.

Origen de Variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de cuadros	F	probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	25833,439	4	6458,359	6,230	0,008	5,994
Dentro de los grupos	10365,975	10	1036,597			
Total	36199,414	14				

Nota. Representa la probabilidad de error en los datos.

Fuente: (Autor ,2022)

La Tabla 3 muestra de una forma más amigable los resultados de las tablas de variables lo que permite dar a conocer la manera más fácil para interpretar la mismas con una gran diferencia entre el TR1 y los otros tratamientos como son AD1 y el AD2 los dos últimos son el valor de AC y por ultimo MT ya que para tener una base se realizó una prueba con la máquina Falex sin ningún tratamiento ni tampoco algún lubricante este caso fue acero contra acero lo que generó una gran cantidad de temperatura y un poca fuerza los valores que son recién recogidos por la prueba de campo da un resultado de 2 a 1 por el doble de fuerza en N da la mitad en temperatura por ejemplo en TR1 arroja una fuerza de 227 y en la temperatura de 116 y los demás resultado se siguen viendo reflejados de la

Análisis de eficiencia de un tratamiento químico y aditivos aplicado a un motor de combustión interna.

misma manera y la misma diferencia con las tablas numéricas se comprobó el resultado de campo y con la tabla gráfica permite ver la hegemonía de TR1 de una manera simbólica.

Comparativa De Resultados

Coefficiente de correlación

“Consecuentemente, “el coeficiente de correlación mide la fortaleza relativa de una relación lineal entre variables numéricas. Los valores del coeficiente de correlación varían desde -1 para una correlación negativa perfecta, hasta +1 para una correlación perfecta” (Widman, 03/24/22).

Tabla 4. Valores del coeficiente de correlación.

	<i>TR1+AC</i>	<i>AD1+AC</i>	<i>AD2+AC</i>	<i>AC</i>	<i>MT</i>
<i>TR1+AC</i>	<i>1</i>				
<i>AD1+AC</i>	0,980	<i>1</i>			
<i>AD2+AC</i>	0,997	0,991	<i>1</i>		
<i>AC</i>	0,110	-0,086	0,042	<i>1</i>	
<i>MT</i>	-0,256	-0,440	0,321	0,932	<i>1</i>

Nota. La tabla representa la medida específica de relación lineal entre los datos.

Fuente: (Autor,2022)

Analizando la tabla y el gráfico del coeficiente de correlación entre los valores obtenidos a través de las pruebas, el tratamiento químico TR1+AC llega al 1 positivo perfecto mientras que los otros componentes AD1+AC, AD2+AC, AC y solo el material sin lubricación tienen un descenso considerable, generando de este modo una diferencia y no llegar al 1 positivo perfecto mientras que en las pruebas entre acero nos da ya valores negativos siendo una correlación totalmente considerable entre los datos obtenidos y que por último al agregarlo un tratamiento antifricción es muy recomendable para resistir temperaturas más altas, disminuir la fricción y resistir mayor fuerza de trabajo.

Conclusiones

En conclusión, tras el análisis se puede deducir que, con la experimentación de los tres tipos de productos, TR1 sobresale de los demás afirmando la investigación realizada anteriormente. Por lo

Análisis de eficiencia de un tratamiento químico y aditivos aplicado a un motor de combustión interna.

tanto, el desgaste producido en el cilindro de acero cementado fue del 0,3%, generando una cristalización, aun cuando solo está funcionando el tratamiento químico sin ningún tipo de lubricante. Mientras que el desgaste producido por el AD1+AC tuvo una deformación del 8%, el componente AD2+AC tuvo una deformación del 10%, AC tuvo una deformación del 16% y MT tuvo una deformación del 20%, cabe recalcar que cada prueba duró un total de 3 min.

Por consiguiente, es más efectivo el tratamiento químico, ya que su temperatura llegó a $111\text{ }^{\circ}\text{C}$, la fuerza aplicada fue de 217 N y una fuerza de fricción de 123,651 N, tomando estos valores para el análisis comparativo con los diferentes datos. Donde, el AD1+AC tiene un porcentaje de temperatura del 27,658 %, con una fuerza aplicada y fricción de 37,50% siendo el mismo valor para ambos, ya que las constantes son directamente proporcionales. También el AD2+AC tiene una temperatura de 25,856 %, con una fuerza aplicada y fricción de 28,128%. Se puede observar que los datos de AD1+AC y AD2 + AC tienen valores muy semejantes con una ventaja en la reducción de temperatura más no en resistencia de fuerza aplicada.

Por otro lado, en los datos de AC se tiene un incremento porcentual drástico en la temperatura, llegando a 58,108% de la temperatura total de TR1+AC con una fuerza y fricción de solo 24,999%. Por ende, en los valores del material sin ningún lubricante tiene una temperatura mayor, pero no tan distante al AC de 63,513% con una fuerza y fricción de 18,750 N, donde generó un desgaste excesivo en el cilindro cementado, por lo que todos los datos de eficiencia porcentual se toman en referencia a los valores más altos que son de TR1+AC siendo el 100% de eficiencia.

Teniendo valores tan distintos en la toma de datos de los respectivos productos, dio valores directamente proporcionales en fuerza y fricción porcentual, dando un margen de error de $\pm 0,008\%$. Finalmente, el tratamiento químico reduce el coeficiente de fricción (μ) un 70% más que los aditivos y aceite, generando un ahorro de combustible, larga vida útil del motor y cambio de aceite a mayor kilometraje.

Referencias

1. Abdelhafid, a. (2019). Etude des effets des additifs ameliorant la viscosite des huiles lubrifiantes sur la presence de la pollution solide dans les paliers hydrodynamiques des machines tournantes. Université du 8 mai 1945 – guelma faculté des sciences et de la technologie département de génie mécanique , 1(1), 103.
2. Acebes, s. S. (2017). El motor de combustión interna. Editex.

Análisis de eficiencia de un tratamiento químico y aditivos aplicado a un motor de combustión interna.

3. Api. (2020). Api. (api) recuperado el 27 de 04 de 2022, de <https://www.api.org/-/media/files/certification/engine-oil-diesel/publications/motor%20oil%20guide%202020%20spanish.pdf>
 4. Astm. (16 de 08 de 2017). Astm. (astm) recuperado el 27 de 04 de 2022, de <https://tienda.aenor.com/norma-astm-g99-95a-2000-e1-009915>
 5. Bragado, i. M. (2003). Física general. España: ele.uva.
 6. Carlos José Santillán Mariño, j. M. (2019). Evaluación del coeficiente de fricción y carga de gripado. 3c tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme, 1(1), 15.
 7. Fennell, g. C. (1993). Probador de lubricantes falex: los cómo, porqué y lo que realmente demuestra . En probador de lubricantes falex: los cómo, porqué y lo que realmente demuestra (pág. 2). Rosario - sta. Fe: dino pezzetta.
 8. James I. Meriam, I. G. (2019). Mecánica para ingenieros. Estática i. Reverte.
 9. Jiménez, s. D. (2019). Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas. Catalunya: universitat politècnica de catalunya. Iniciativa digital politècnica.
 10. Jose taha-tijerina, f. C.-p.-g. (2018). Nanoparticles of zn and zno as extreme pressure (ep) additives for lubricants. Journal of applied research and technology, 1(1), 10.
 11. Mark I. Berenson, d. M. (2006). Estadística para administración. En d. M. Mark I. Berenson, estadística para administración (pág. 619). Pearson educación.
 12. Maxcarsumegacentro. (2021). Obtenido de maxcarsumegacentro: https://maxcarsumegacentro.com/products/aditivo-tmt-tratamiento-para-el-motor?gclid=cjwkcaia1aimbhaueiwacw25my3dxsmqkzsrxmaq1k4mj7-tgsjnxodv3convufxjgtbhshed0ecrocj1cqavd_bwe
 13. Mihara, y. (2017). Research trend of friction loss reduction in internal combustion engines. Japanese society of tribologist, 1(1), 7.
 14. Miteco.gob.es. (10 de 12 de 2011). Miteco.gob.es. (www.miteco.gob.es) recuperado el 15 de 12 de 2020, de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/productos-quimicos/reglamento-reach/default.aspx>
 15. Motorkote. (2020). Motorkote. Obtenido de motorkote: <https://motorkote.com.ec/motorkote-100-usos/>
 16. P. Thomas, r. S.-I. (2017). Utilisation des carbones pour la lubrification : paramètres clés pour la réduction du frottement. Hal université des antilles.
-

Análisis de eficiencia de un tratamiento químico y aditivos aplicado a un motor de combustión interna.

17. Pasache, b. J. (2020). Análisis de partículas metálicas del aceite lubricante para la determinación del tipo de. Universidad cesar vallejo, 1, 77.
18. Pérez montiel, h. (2021). Física 2 para bachilleratos tecnológicos. Grupo editorial patria.
19. Richard I. Levin, d. S. (2004). Estadística para administración y economía. Pearson education
20. Sae international. (07 de 10 de 2013). Sae international. (sae international) recuperado el 27 de 04 de 2022, de <https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/2013-36-0145/>
21. Simonizauto. (2019). Simonizauto. Obtenido de simonizauto: <https://www.simonizauto.com/product/aditivo-qualikote-250ml/>
22. Top1oil. (02 de 2015). Top1oil. Obtenido de top1oil: <http://top1oil.com/wp-content/uploads/2016/03/hp-20w-50-pds-spanish.pdf>
23. Total blog españa. (19 de 04 de 2016). Total blog españa. (total blog españa) recuperado el 15 de 12 de 2020, de <https://blog.total.es/api-motores-americanos/>
24. Widman, r. (03/24/22). La determinación de la verdad. Bolivia.
25. Wilson perez castro, j. F. (04 de 2010). Determinación experimental del coeficiente de fricción empleando. Universidad tecnológica de pereira., pág. 6.