



Análisis de aditivos e inhibidores de corrosión en anticongelantes dentro del DMQ

Analysis of additives and corrosion inhibitors in antifreeze within DMQ

Análise de aditivos e inibidores de corrosão em anticongelantes dentro do DMQ

Denny Javier Guanuche-Larco ^I

deguanuchela@uide.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-7376-0105>

Guillermo Gorky Reyes-Campaña ^{II}

gureyesca@uide.edu.ec

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

Jorge Luis Yanouch-Recalde ^{III}

joyanouchre@uide.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-8312-2710>

Ricardo José Cedeño-Arévalo ^{IV}

ricedenoar@uide.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-5877-4613>

Correspondencia: deguanuchela@uide.edu.ec

Ciencias de la Ingeniería

Artículo de investigación

***Recibido:** 25 de junio de 2021 ***Aceptado:** 20 de julio 2021 *** Publicado:** 09 septiembre de 2021

- I. Ingeniero en Mecánica Automotriz, Magíster en Sistemas Automotrices, Docente Investigador, Coordinador Vinculación Escuela Ingeniería Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- II. Ingeniero Mecánico Especialidad Mecánica Automotriz, Magíster en Sistemas Automotrices, Docente investigador, Coordinador de Investigación Escuela Ingeniería Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- III. Estudiante de la Escuela Ingeniería Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.
- IV. Estudiante de la Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador.

Resumen

A nivel nacional se ofertan diferentes tipos de líquidos refrigerantes para motor y muchos de los usuarios únicamente se fijan en el costo y cantidad, más no en las propiedades físico-químicas de lo cual se componen estos fluidos. Para determinar qué refrigerantes son los más utilizados en concesionarios y talleres automotrices dentro del Distrito Metropolitano de Quito, se estructuró y realizó una encuesta analítica descriptiva. Se planteó un método inductivo deductivo, en el que se analizó las variables propuestas en los ensayos de laboratorio, cumpliendo normativas y procesos estandarizados garantizando los valores obtenidos de las muestras analizadas, describiendo las características cuantitativas de los fluidos seleccionados dentro del DMQ. En los resultados obtenidos de los 3 fluidos de análisis, se observó que una de las tres muestras (probeta A) no contiene glicol; otro factor importante dentro del sistema de refrigeración es la disminución y prevención del fenómeno de cavitación el cual depende de manera significativa de la concentración de molibdatos en la composición del líquido, observando que la muestra D tiene una diferencia favorable equivalente al 30% respecto las muestras B y C; Se observa que los diferentes aditivos anticorrosivos no tienen diferencias significativas en las pruebas de laboratorio, pero lo que llama la atención es que el refrigerante A tiene características muy básicas respecto al resto de muestras, lo que provocaría inconvenientes a corto plazo al sistema de refrigeración.

Palabras clave: Anticongelante; aditivo; análisis; corrosión; motor.

Abstract

At the national level, different types of motor cooling liquids are offered and many of the users only focus on the cost and quantity, but not on the physical-chemical properties of which these fluids are composed. To determine which refrigerants are the most used in auto dealerships and workshops within the Metropolitan District of Quito, a descriptive analytical survey was structured and conducted. An inductive deductive method was proposed, in which the variables proposed in the laboratory tests were analyzed, complying with regulations and standardized processes, guaranteeing the values obtained from the analyzed samples, describing the quantitative characteristics of the fluids selected within the MDQ. In the results obtained from the 3 analysis fluids, it was observed that one of the three samples (test tube A) does not contain

glycol; Another important factor within the refrigeration system is the reduction and prevention of the cavitation phenomenon, which depends significantly on the concentration of molybdates in the composition of the liquid, observing that sample D has a favorable difference equivalent to 30% with respect to the samples. B and C; It is observed that the different anticorrosive additives do not have significant differences in laboratory tests, but what is striking is that coolant A has very basic characteristics with respect to the rest of the samples, which would cause short-term inconveniences to the cooling system.

Keywords: Antifreeze; additive; analysis; corrosión; engine.

Resumo

A nível nacional, são oferecidos diferentes tipos de refrigerantes para motores e muitos dos utilizadores apenas olham para o custo e quantidade, mas não para as propriedades físico-químicas de que estes fluidos são compostos. A fim de determinar que refrigerantes são os mais utilizados nos concessionários e oficinas de automóveis no Distrito Metropolitano de Quito, foi estruturado e realizado um levantamento analítico descritivo. Foi utilizado um método dedutivo indutivo, no qual as variáveis propostas nos testes laboratoriais foram analisadas, cumprindo os regulamentos e processos normalizados, garantindo os valores obtidos das amostras analisadas, descrevendo as características quantitativas dos fluidos seleccionados dentro do DMQ. Nos resultados obtidos dos 3 fluidos de análise, observou-se que uma das três amostras (amostra A) não contém glicol; outro factor importante dentro do sistema de arrefecimento é a redução e prevenção do fenómeno de cavitação que depende significativamente da concentração de molibdatos na composição do líquido, observando-se que a amostra D tem uma diferença favorável equivalente a 30% em relação às amostras B e C; Observa-se que os diferentes aditivos anticorrosão não têm diferenças significativas nos testes de laboratório, mas o que é notável é que o refrigerante A tem características muito básicas em comparação com o resto das amostras, o que causaria inconvenientes a curto prazo ao sistema de arrefecimento.

Palavras-chave: Anticongelante; aditivo; análise; corrosão; motor.

Introducción

Realizar un análisis en el cual se pueda medir el estatus actual de líquidos refrigerantes se centra, en base al aumento de daños del motor por sobrecalentamiento y problemas de corrosión en cuanto al sistema de enfriamiento en vehículos de la última década. Teniendo como punto de referencia el momento de su adquisición; es decir, para la compra de estos aditamentos, la decisión es tomada, en gran parte, con base en características como la cantidad y el costo, mas no en la calidad del líquido refrigerante de motor representada por medio de su disipación térmica y cuidado del sistema de refrigeración. Por lo tanto, el presente artículo plantea puntos relevantes a analizar: la capacidad de disminución del punto de fusión, así como la solidificación; en otros términos, el porcentaje de etilenglicol. Se llevarán a cabo análisis en laboratorios muy específicos para constatar porcentajes y niveles de: Glicol, Silicatos, Fosfatos, molibdatos, Nitritos, Potencial Hidrógeno (PH) y la conductividad del líquido.

El estudio está centrado, en gran parte, en los paquetes anticorrosivos, pues a pesar de ser un tema sustancial, muy pocas veces es tomado en consideración por los fabricantes o por los potenciales compradores del mismo. Cabe destacar que se ha prestado menos importancia a los inhibidores de corrosión: encargados de mantener en condiciones óptimas de operación a todos los componentes del sistema de refrigeración. Al mismo tiempo, es vital puntualizar que, dentro del proceso de composición de los líquidos refrigerantes, existen materias primas caducas y muy económicas que se usan como base para la composición de un paquete anticorrosivo, mismas que pueden afectar la salud humana y el medio ambiente.

Al hacer énfasis en la prevención de daños dentro del sistema de refrigeración y conjuntamente del motor de combustión interna, este estudio hace un análisis comparativo en cuatro muestras distintas de líquidos refrigerantes para motor (A, B, C, D), pues estas muestras son las más utilizadas por mecánicas y concesionarios dentro del DMQ.

Los puntos analizados en sus componentes y niveles de concentración de los mismos fueron: Glicol, silicatos, fosfatos, Nitritos, potencial de hidrogeno y conductividad. A partir de los resultados obtenidos en los laboratorios, se puede comprobar la veracidad de las especificaciones de la ficha técnica adjunta en los envases de los productos analizados.

El líquido refrigerante del vehículo es un compuesto químico a base de etilenglicol que tiene la capacidad de regular la temperatura y ofrece un amplio rango térmico que va desde los -30 °C

hasta los 140 °C aproximadamente. De modo que su presencia en el circuito interno del motor asegura que este trabaje a una temperatura estable y óptima para su funcionamiento; i.e., en torno a los 90 °C.

Es evidente que en el país existen estudios previos en torno a líquidos refrigerantes para motor tales como: El artículo de las 5 claves para un escogimiento adecuado (Ec, 2020) y el análisis del desempeño de varios tipos de refrigerantes utilizados en los motores de combustión interna ciclo otto, y su incidencia en la eficiencia del motor de un vehículo liviano (Pinos, 2016) ; no obstante, no existe un estudio que base su análisis exclusivamente a las tecnologías de paquetes anticorrosivos utilizado en los refrigerantes más comercializados dentro del DMQ.

Fundamento teórico

La función principal del líquido refrigerante yace en la absorción calórica del motor para evitar peligrosos sobrecalentamientos. Además, al tolerar temperaturas muy bajas, el líquido refrigerante no permite que las piezas se congelen en invierno, lo cual causaría graves inconvenientes mecánicos. También actúa como lubricante: limpia y protege del óxido a las piezas del sistema de refrigeración gracias a sus propiedades anticorrosivas. (Ec, 2020)

Al abordar los motores térmicos de combustión interna, es crucial hacer hincapié en el principio de su funcionamiento. Se dedujo que, dentro de la cámara de combustión, precisamente en el tiempo de expansión, los componentes del motor pueden alcanzar temperaturas sorprendentes que oscilan entre 2.000 °C y 2.500 °C. Las válvulas, especialmente las de escape, pueden llegar a los 800 °C, y los cilindros pueden alcanzar temperaturas entre los 180 °C a 220 °C. En función de esta referencia térmica, el motor funcionaría a una temperatura ideal que ronda los 90 °C. Por lo tanto, con respecto al líquido refrigerante y el sistema de refrigeración del motor, la disipación de calor que debe generar para lograr un correcto funcionamiento es bastante amplia (Mundo, 2019).

Un axioma indica que cuando la temperatura supera los 100 °C, el agua empieza a evaporarse. Al mismo tiempo, este excesivo aumento de temperatura produce dilatación; esto quiere decir que aumenta la presión al punto de levantar la tapa del radiador y derramar el agua contenida. En la actualidad, los parámetros en los motores son más exigentes y fácilmente superan esa temperatura; por lo que, el agua, ya no es una alternativa confiable como refrigerante, además, por sus características, este elemento tiende a ser un excelente conductor de electricidad, que

combinado con la cantidad de metales que componen el motor, genera un fenómeno denominado corriente galvánica.

Estas corrientes galvánicas son las causantes de producir porosidades en los cilindros y bloque motor, además de causar severas oxidaciones en todo el sistema de refrigeración que desemboca en daños irreversibles y muy significativos (San Miguel, 2016).

Otro de los problemas comunes dentro del sistema de refrigeración, por uso de líquidos refrigerantes con paquetes anticorrosivos deficientes, ocurre cuando la turbina de la bomba de agua es atacada por la corrosión hasta desgastar los álabes. Además, puede producir la perforación del cuerpo completo, generando pérdidas.

Se puede mencionar el grave problema de corrosión que tiene lugar en la culata y junta que sella los cilindros de la cámara de agua del circuito, lo que conduce a una falla de estanquidad y origina una fuga de compresión de los cilindros al sistema de refrigeración. Esta sobrepresión que se forma en el sistema refrigerante conlleva a otros daños significativos tales como: sobrecalentamiento, perforación de mangueras y roturas de radiador (Todeshi, 2019).

He allí la importancia de utilizar un líquido refrigerante de buena calidad, apto para la exigencia que demanda un motor, con la intención de evitar daños irreversibles. Es por esto que, para la elección de un líquido refrigerante adecuado, se debe tomar en cuenta dos aspectos. En primer lugar, el porcentaje de Glicol que determina la efectividad para disipar calor, como se describe en la tabla 1. En segundo lugar, la calidad y tecnología del paquete anticorrosivo son vitales puesto que estos aseguran una prolongada vida útil tanto de componentes del sistema de refrigeración cuanto del motor.

Tabla 1: Punto de ebullición etilenglicol

Concentración (%) glicol	Punto de ebullición (°C)
5	101
30	104
50	107

Fuente: Qualco, Ecuador.

El etilen glicol es un líquido cuyo punto de ebullición es de 197,60 °C. El punto de fusión es de -13 °C, se produce a través de la hidrólisis y es un líquido inodoro, incoloro de sabor dulce, que es miscible con disolventes polares; entre los más utilizados: agua, alcoholes, éteres de glicol y

acetona. Es muy poco soluble con disolventes no polares como el: benceno, tolueno, dicloroetano y cloroformo. Además, se aplican colorantes para diferenciarlo de los demás compuestos, es altamente tóxico, no se recomienda su mala manipulación o ingesta, ya que puede ocasionar problemas graves como coma y deceso.

El glicol es el principal compuesto del líquido refrigerante: su función es absorber el calor del motor y disiparlo a través del radiador; de esta manera, mantiene la flexibilidad de las mangueras y las juntas, y eleva el punto de ebullición del refrigerante. La proporción de la mezcla agua/anticongelante debe situarse entre 60:40 y 50:50. Tiene la capacidad de evitar la solidificación del líquido debido a su baja temperatura de fusión (Hella, 2020).

El Potencial Hidrógeno (PH) es aquel encargado de medir la acidez o basicidad de una solución, en este caso, del líquido refrigerante de motor. Este debe oscilar a 8, pero se debe tener en cuenta que con el tiempo el refrigerante pierde propiedades y aumenta su nivel de acidez. Cuando el PH es menor a 7, la corrosión generalmente empieza a propagarse en las camisas de cilindros, bloque motor y culata. Por otro parte, un valor muy alto de potencial hidrógeno puede ser igual de cáustico que un PH bajo; pues este puede dañar sellos y componentes fabricados de materiales blandos (Martínez D., 2019).

La conductividad de un líquido refrigerante para motor se mide en $\mu\text{S} / \text{cm}$, y es muy importante que esta puede generar corrientes galvánicas; es decir, conectar mediante un electrolito, en este caso, corriente a distintos tipos de metales. Estos se unen eléctricamente entre sí y generan zonas con diferente potencial eléctrico (ánodos y cátodos) que producen corrosión y desgaste.

En un refrigerante de buena calidad su conductividad, teóricamente, debería ser baja, al tener en cuenta la cantidad de aditivos; sin embargo, en algunos casos no ocurre lo descrito. Se agregan ánodos de sacrificio para compensar al metal más sensible y evitar la corrosión (Dolf, 2017).

Paquete anticorrosivo de líquido refrigerante

El paquete anticorrosivo es el responsable de cuidar todas las superficies metálicas y no metálicas del sistema; provee protección anticorrosiva y evita la formación de depósitos. La dificultad técnica de contar con un paquete efectivo recae en que se debe tener varios compuestos químicos trabajando de forma sinérgica para cuidar superficies de distintos metales al mismo tiempo (Qualco, 2020).

Los refrigerantes pueden estar compuestos de elementos químicos variopintos, mezclados con

tintes y químicos amargos para la distinción visual de las diversas marcas existentes en el mercado, y para evitar la ingesta accidental de los mismos. No obstante, los componentes importantes en los refrigerantes para motor son los llamados inhibidores.

El mayor ingrediente, en porcentaje, de un líquido refrigerante es el agua en su estado puro (desionizada) en conjunto el Glicol; por lo general, 50/50, mientras que, paradójicamente, los inhibidores ocupan solamente entre un 3% y 8% de toda la solución lo que significa que no reciben el protagonismo que ameritan a pesar de constituir el compuesto principal para la diferencia de calidad. Sin este paquete, el refrigerante perdería toda la capacidad de mantener funcionando el motor de manera correcta (HDexpert, <https://hdexpert.com/>, 2020).

Tecnologías del refrigerante

En Estados Unidos, la tecnología aplicada en el paquete anticorrosivo del líquido refrigerante está normada y varía por su coloración. Localmente, en Ecuador, no existe una normativa que regule la calidad; sin embargo, parte de este estudio busca que los talleres tomen una decisión acertada al momento de adquirir los refrigerantes. La intención académica de este documento no solamente apunta a preservar el buen funcionamiento del sistema de refrigeración y del motor; sino que, es importante también concientizar, con base en los avances tecnológicos, que los nitritos son altamente cancerígenos, y los fosfatos son potenciales contaminantes del medio ambiente (Qualco, 2020).

Tecnología inorgánica (IAT)

Esta es la primera tecnología utilizada en los paquetes anticorrosivos de líquidos refrigerantes e incorpora sales inorgánicas de bajo costo tales como: boratos, nitratos y silicatos. También protege metales como el cobre, la soldadura, el latón, el acero, el hierro fundido y el aluminio. Al garantizar cierto resguardo contra la cavitación de camisas húmedas, esta tecnología es recomendada para motores de generaciones pasadas, dado que sus inhibidores se agotan con rapidez y su durabilidad es limitada. Su coloración generalmente es verde amarillento como lo retrata la figura 1.

Tecnología Orgánica (OAT)

Esta tecnología utilizada para motores modernos (por lo general, a partir del año 2000) tienen una mayor durabilidad frente a los IAT. Su base es de ácidos orgánicos neutralizados, y su componente principal es el carboxilo que brinda una mayor protección a todo el sistema

refrigerante, especialmente a los que están contruidos con acero liguero o aluminio. Al mismo tiempo, se los mezcla con nitritos y molibdeno para la protección de camisas húmedas, y no es propenso a la cavitación. Otro potencial beneficio es su baja toxicidad para la salud humana y el medio ambiente; por el contrario, tiene un costo muy alto en comparación a un inorgánico. Visualmente, por lo general, su coloración es rosa, rojo, azul (GMB, GMB, 2021).

Los refrigerantes con tecnología (G) aparecieron en 1994, con el G12, y evolucionó hasta el 2008, con el G13. Aunque existen también los G11, G12+, y G12++, no es aconsejable mezclar los refrigerantes. La tabla 2 exhibe las variantes que pueden ser mezcladas de manera acertada.

Tabla 2: Mezcla (G) OAT

	G11	G12	G12+	G12++	G13
G11	SI	NO	*	*	*
G12	NO	SI	*	*	*
G12+	*	*	SI	*	*
G12++	*	*	*	SI	SI
G13	*	*	*	SI	SI

Fuente: Actualidad Motor

Este tipo de refrigerantes contienen tecnologías orgánicas y son particularmente usados por algunas marcas automotrices, pues contienen propiedades de protección específicas acordes a los requerimientos que un vehículo necesita llevar. Usualmente, los refrigerantes del tipo OAT tienen su identificación en la etiqueta frontal del producto.

Tecnologías híbridas (HOAT o SI-OAT)

Al tratarse de tecnologías híbridas, su composición es el resultado de la mezcla de los OAT e IAT; esto es, inhibidores orgánicos e inorgánicos. Se basan en una combinación de sales inorgánicas presentes en refrigerantes tradicionales, y algunos ácidos orgánicos, totalmente neutralizados, que están presentes en los refrigerantes OAT (Villacon, 2017).

Esta tecnología promete la posibilidad de obtener un producto de calidad a un precio accesible porque cuenta con excelentes características antioxidantes, pero, a la vez, menos porcentaje de componentes dañinos para la salud y el medio ambiente. Existen distintos tipos de refrigerantes híbridos, los más comerciales son HOAT o SI-OAT (son híbridos compuestos por silicatos y ácidos orgánicos), y P-OAT (son híbridos fosfatados).

Con respecto a su coloración, esta varía en torno a su composición; no obstante, entre los colores

más comunes destacan: turquesa, rosa, azul y púrpura. (Villacon, 2017).

Tipos de corrosión en el sistema de refrigeración del motor CI

Hay dos modos diferentes por los que la corrosión puede hacer fallar el sistema de refrigeración. El primero es el desgaste corrosivo que debilita el metal lo suficiente para producir fallas mecánicas, tales como perforaciones y fugas del refrigerante. El segundo es la formación de bloqueos en el paso del líquido a causa de partículas y pedazos de metal corroído. Esto conduce a la reducción del flujo de líquido y al sobrecalentamiento del motor (Fieldson, sf).

Otra consideración sobre la corrosión en motores de combustión interna es su relación con el flujo de calor. El metal que está cediendo calor tiene una tasa de corrosión más alta que el metal que lo está absorbiendo; el mayor ejemplo de metal que cede calor es el bloque de cilindros cuando transfiere su calor al líquido refrigerante. Existe un cierto número de diferentes metales que se encuentran presentes en los sistemas de refrigeración de los automotores; los más comunes son el acero, el hierro, el cobre, el bronce, el aluminio y la soldadura de estaño. En términos generales, la corrosión se previene por medio de la formación de un revestimiento protector estable en las superficies metálicas. Esta película se forma por productos de la misma corrosión, como cuando el aluminio se expone al aire, o por la absorción de algún otro químico como los silicatos (Fieldson, s.f.).

Inhibidores de corrosión analizados

Como ya se mencionó en los párrafos previos, los refrigerantes (OAT) tienen como principales componentes de corrosión a los ácidos monocarboxílicos, caracterizados por ser solubles en solventes como el alcohol, benceno, etcétera. Los ácidos carboxílicos hierven a temperaturas más altas que los alcoholes lo que le otorga un agregado superior para funcionar de forma magnífica en refrigerantes para motor (Murry, 2015).

El fosfato es el inhibidor más común y también el más discutido, visto que es muy conocido como inhibidor en los metales ferrosos. Los fabricantes americanos de autos han incrustado el fosfato en los refrigerantes por ser un elemento altamente efectivo contra la cavitación. Los fabricantes europeos, por su parte, especifican refrigerantes sin fosfatos porque tienen propensión a precipitar en aguas duras. También tienen un efecto negativo en la tasa de corrosión del aluminio. Los efectos benéficos tienen su pico en concentraciones de 3 g/l y bajan a más bajas y más altas concentraciones. Las concentraciones típicas van de 0 a 8 g/l (Fieldson).

El nitrito es un ácido que mejora la protección anticorrosiva del hierro y ayuda levemente a reducir la cavitación. Es muy común encontrarlo en refrigerantes para vehículos antiguos. El nitrito y el aluminio no son una buena combinación pues corroe a este último. Cabe mencionar que, a pesar de que el refrigerante contenga otros aditivos para proteger el aluminio, al repelerse esta corrosión en presencia de nitritos, si no presenta ningún tipo de protección adicional, el nitrito puede oxidar todo el aluminio del motor. En la actualidad, la gran mayoría de fabricantes utiliza más componentes de aluminio y es muy importante verificar la cantidad de nitritos en líquido refrigerante, sobre todo si se lo usa en motores modernos (GMB, 2021).

El molibdato es un aditivo ampliamente benéfico que previene la corrosión de muchos metales, y actúa en sinergia con fosfatos y silicatos para prevenir la corrosión. El molibdato también parece prevenir la cavitación; se lo selecciona usualmente para tener esta función en refrigerantes sin fosfatos. Sus concentraciones típicas son de 2 a 3 g/l (Fieldson).

El benzoato y el nitrito son parte de la fórmula para inhibir la corrosión del British Standards Institute (BSI). El benzoato es más común en las fórmulas europeas que en las americanas. Aunque, Vukasovich y Sullivan encontraron que no es efectivo protegiendo el hierro a concentraciones más bajas que 5% (que es una concentración desmesuradamente alta). Por otro lado, parece que no ofrece protección al acero y a la soldadura en concentraciones más bajas. Una concentración típica es 5 g/l (Fieldson).

Por último, el silicato probablemente constituya la mejor opción a favor del aluminio. El problema con los silicatos es que no son indefinidamente estables en una solución. Otros aditivos pueden usarse de cierto modo para estabilizar a los silicatos. 2 g/l es una concentración efectiva (Clavijo González, 2017).

Materiales y métodos

Metodología

Para el presente documento académico, la toma de muestras se desarrolló con la compra de 1 galón de líquido refrigerante para motor, de cada una de las marcas seleccionadas y se colocaron en envases membretados de 1000 ml. Este es un método que pretende recopilar información cuantificable para ser utilizada en el análisis estadístico de la muestra y, por consiguiente, describir las características del fenómeno en cuestión.

A partir de esta metodología, el presente estudio propone realizar una comparativa de calidad con base en la ficha técnica del producto, y los resultados de análisis en laboratorio ponderados en 2 segmentos: concesionarios y talleres automotrices convencionales. Por lo tanto, se analiza de manera numérica y estadística los resultados arrojados, y se demuestra las diferencias que existen entre las distintas variables.

Para el análisis de silicatos, la EPN colocará una cantidad de las muestras en crisoles de porcelana y las pesará; a continuación, se pone en una mufla hasta 650 °C para obtener cenizas, estas se disgregan con varios ácidos, se afora y se determina el contenido de silicio en las muestras. Por absorción atómica se realizan los cálculos respectivos.

El análisis de nitritos SGS se lo realizará mediante la cromatografía de iones (IC), siendo este un método cualitativo o cuantitativo que establece iones comunes en una escala de concentración en miligramos por litro a una baja concentración en partes por millón (ppm). Este procedimiento engloba el análisis químico de los líquidos refrigerantes para motores, con lo que se determina los nitritos y nitratos del mismo.

El análisis de fosfatos se realizará mediante la espectrofotometría de absorción ultravioleta visible, comprendida entre los 160nm y 780nm por cada molécula, que causa la excitación de un electrón. Los electrones de enlace de moléculas absorben radiación, de esta forma los picos de absorción se pueden correlacionar con diferentes tipos de enlaces disponibles en el compuesto. Por este motivo, la espectrofotometría ultravioleta visible puede determinar grupos funcionales presentes en una molécula, en este caso determinará el porcentaje de fosfatos.

Materiales y equipos seleccionados

Para determinar qué refrigerantes son los más utilizados en concesionarios y talleres convencionales dentro del DMQ, se estructuró y realizó una encuesta, misma que arrojó porcentajes en cuanto a marcas empleadas, y el nivel de importancia que los usuarios de otorgan a la ficha técnica adherida en los envases de los refrigerantes para motor.

Resultados de las encuestas realizadas en el DMQ

Se realizaron un total de 50 encuestas en talleres automotrices convencionales. Estas fueron tomadas de acuerdo a la cantidad de talleres por sector, tal como explicita la tabla 3. Además de considerar las características buscadas en los mismos, y determinar muestras exactas para el

presente estudio, se comprobó que los concesionarios utilizan, en su gran mayoría, una marca propia de líquido refrigerante para motor; aunque, en las encuestas, se pudo evidenciar que existen 2 marcas muy usadas en los dos segmentos.

Tabla 3: Número de encuestados por sector

Sector	Número de encuestados
SUR	12
NORTE	11
CUMBAYA	15
VALLE	12

Fuente: Cedeño y Yanouch (2021)

En cuanto a los refrigerantes más utilizados en los concesionarios, se pudo conocer que en gran mayoría utilizan marcas propias. Como complemento investigativo para este segmento, se indagó en torno a las marcas de autos más vendidas en la ciudad de Quito y, con esos datos, seleccionar los refrigerantes más utilizados.

Normativas

Se utilizó como base para la comparativa de vigencia en cuanto a la tecnología y calidad implementada en los refrigerantes analizados las siguientes normativas: ASTM D-1384-87, ASTM D3306, ASTM D1985, GM 1825M, GM 1899M, SAE J1034, SAE J814, SAE J1941, FORD ESE-M97B44-A, CHRYSLER MS-7170, TCM of ATA RP-302 A/B.

Para mayor evidencia académica, se recurrió a laboratorios certificados con la capacidad de realizar los análisis solicitados; de esta manera se logró contactar a SGS Laboratorios Ecuador, Laboratorio Lasa, y Laboratorio de la Escuela Politécnica Nacional. En estos lugares se realizaron un total de siete análisis de los siguientes compuestos: Glicol, Silicatos, Fosfatos, molibdatos, Nitritos, Potencial Hidrógeno (PH) y la conductividad del líquido refrigerante. Se utilizaron un total de 4 líquidos refrigerantes para motor como se observa en la tabla 4. En las marcas A, B, C, al ser estos los más utilizados dentro del DMQ.

Tabla 4: Distinción de refrigerantes.

Refrigerante "A"	Freezotone Products Inc.
Refrigerante "B"	Prestone US.
Refrigerante "C"	ACDelco Autopartes.
Refrigerante "D"	Valvoline-Zerex.

Fuente: Cedeño y Yanouch (2021).

Los laboratorios emplearon diversos equipos y métodos de análisis para determinar los parámetros solicitados para el presente estudio académico; de los cuales, se puede destacar lo siguiente:

SGS Ecuador utilizó un refractómetro Glicol de Etileno HI96831, este es un dispositivo portátil resistente e impermeable al agua que utiliza la medición del índice de refracción para determinar el volumen y el punto de congelación de refrigerantes basados en glicol de etileno o anticongelante (Inc & Hanna Instrumentos).

SGS Ecuador también utilizó un medidor de Potencial Hidrogeno PCE-PHD, este cuenta con certificación de calibración ISO-17025, y sirve para el control en el agua del valor de pH, oxígeno, salinidad, conductividad, por lo que resulta apropiado para la medición de la temperatura. Una calibración a 3 puntos, así como una compensación de temperatura automática garantizan una gran precisión al momento de medir temperaturas volubles (Instrumentos).

Lasa-Laboratorio utilizó un espectrofotómetro UV/VIS 1603, que permitirá la determinación cuantitativa de compuestos absorbentes de radiación electromagnética en solución para longitudes de onda comprendidas entre 200 y 1100nm. Este instrumento es adecuado para la caracterización y análisis de aguas (DQO, color, hierro, sulfatos, lignina disuelta, etc.); así como la identificación y determinación de aditivos no celulósicos en el papel, almidón, resinas, entre otros (Vivero Rocero).

Por su parte, el laboratorio de la Escuela Politécnica Nacional utilizó un espectrómetro de absorción atómica, marca PerkinElmer, modelo Analyst 300, este equipo ofrece un alto rendimiento en todas las aplicaciones (Criollo, 2021).

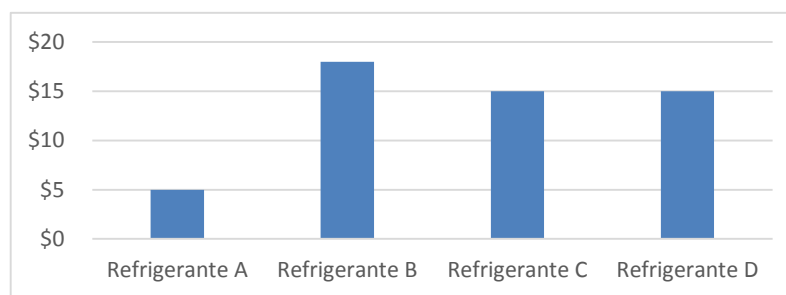
Para el respectivo análisis, botellas membretadas con la marca, en recipientes de 1000 ml, fueron entregados a cada uno de estos laboratorios químicos.

Resultados y discusión

Un hecho inquietante, encontrado por medio de las encuestas, es que de cada 10 personas 9 exhiben muy poco interés en el datasheet o ficha técnica del líquido refrigerante. Cuando básicamente debería ser puesto a consideración, pues mediante este desmenuce técnico se pueden conocer las características principales del producto y valorar si es conveniente para un determinado automóvil de acuerdo a los componentes internos de su motor y sistema de refrigeración.

No se puede pasar por alto una característica intrínseca en cuanto a la elección de un refrigerante por sobre otro; esto es, el costo. Esta característica está en el gráfico 2. Los costos de los refrigerantes son variados y en el mercado se pueden encontrar refrigerantes de muy bajo costo sin grandes características en cuanto a disipación de calor y protección contra fenómenos como la cavitación, pero que cuentan con paquetes anticorrosivos aceptables. También existen en el mercado líquidos refrigerantes de un costo más elevado que son eficientes en cuanto a protección de temperatura, corrosión y fenómenos que podrían producirse dentro del sistema de refrigeración; ya que son sometidos a pruebas más rigurosas como las normativas ASTM D3306, SAE J1034, J1941, SAE J814, J1941.

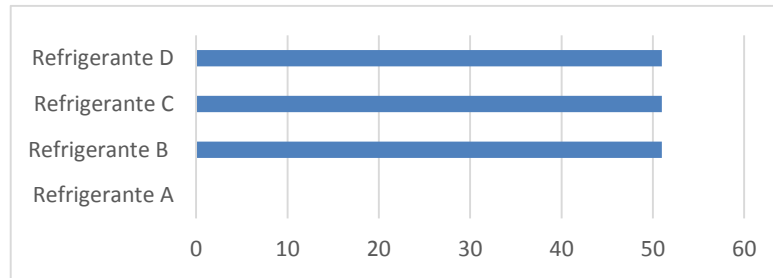
Gráfico 2: Costos de refrigerantes analizados



Fuente: Cedeño y Yanouch (2021)

Las muestras enviadas a los laboratorios fueron analizadas con éxito y, de esta manera, se pudieron identificar varios detalles que no concuerdan con los datos explicitados en las fichas técnicas de los refrigerantes.

Gráfico 3: Porcentajes de glicol

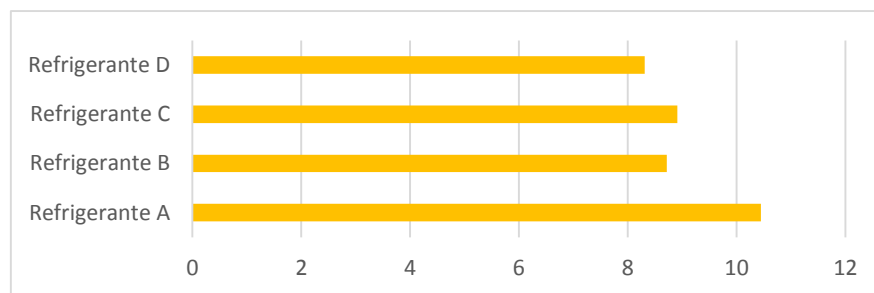


Fuente: Cedeño y Yanouch (2021)

En cuanto al resultado del análisis relacionado al porcentaje de Glicol (Gráfico 3), se evidencia que los refrigerantes B, C y D tienen un 51% de glicol tal y como se describe en la ficha técnica de cada producto. Por lo tanto, tienen la capacidad de disipar el calor de manera eficiente, además de evitar la cavitación, punto de fusión, mantiene mangueras y sellos flexibles como se mencionó anteriormente.

Por su parte, el líquido refrigerante A no contiene Glicol, lo que lo convierte en un líquido refrigerante con menor capacidad de disipación de calor. Al mismo tiempo, tiende a evaporarse por su baja capacidad de soportar temperaturas mayores a los 100 °C y, debido a esto, podría congelarse a temperaturas menores de los -5 °C. Cabe recalcar que la hoja técnica del producto indica, de manera resaltada, que no contiene Glicol.

Gráfico 4: Valores de Ph.



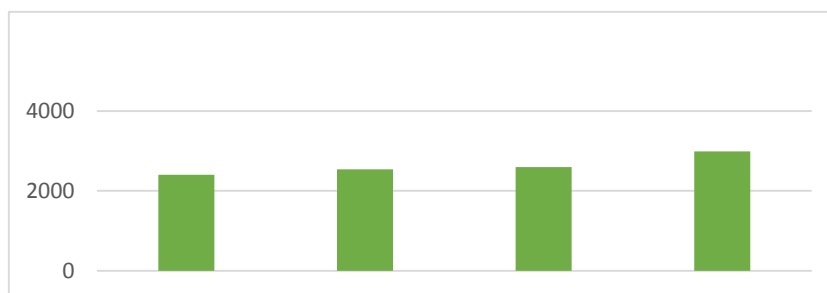
Fuente: Cedeño y Yanouch (2021)

Los resultados de potencial hidrogeno (Ph), esquematizados en el gráfico 4, son favorables para los refrigerantes “C” (8.96), B (8.72), y D (8.31); visto que están dentro de los parámetros mencionados en su hoja técnica por la normativa ASTM D 1287 donde menciona que los valores

ideales de un líquido refrigerante de alta calidad deben estar entre 8 y 8.9 (ASTM, 2021).

El refrigerante A tiene un Ph de 10.45 que es menos ácido en comparación con los otros refrigerantes analizados. La misma normativa ASTM D 1287 menciona que el número de Ph muy elevado es igual de dañino que un Ph menor a 7, pues este ataca a materiales más blandos como el aluminio. Los datos mencionados en la ficha técnica del refrigerante A concuerdan con el nivel Ph encontrado.

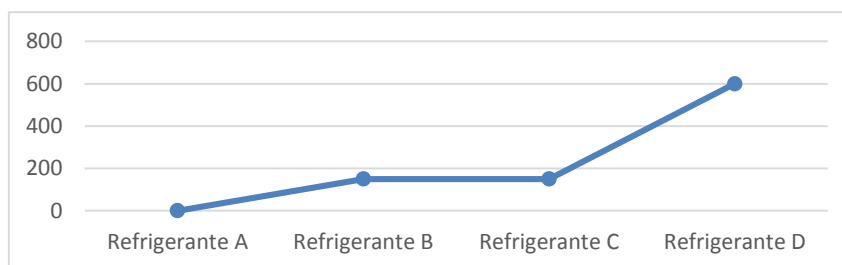
Gráfico 5: Conductividad de los refrigerantes



Fuente: Cedeño y Yanouch (2021)

Los resultados del análisis de conductividad eléctrica, mostrados en el gráfico 5, reflejaron que el refrigerante A tiene (2400µS / cm) de conductividad, siendo menos conductor que los refrigerantes D (2990µS / cm), C (2595µS / cm) o B (2536µS / cm). En las fichas técnicas de los productos no se menciona la conductividad, ya que es un factor poco confiable para determinar la calidad del paquete anticorrosivo; por lo cual, los refrigerantes con mayor cantidad de aditivos tendrán un mayor índice de conductividad. Sin embargo, tienen mayor protección a la corrosión debido a la cantidad de inhibidores presentes.

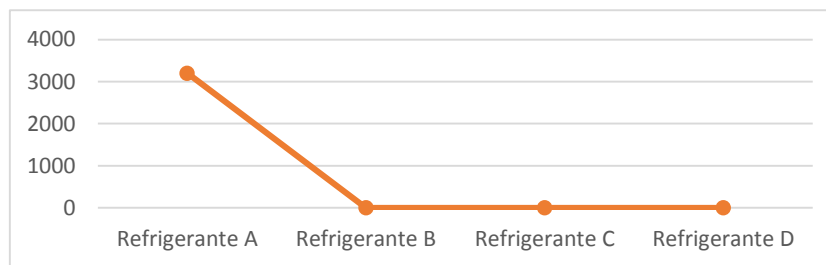
Gráfico 6: Molibdatos en refrigerantes



Fuente: Cedeño y Yanouch (2021)

El laboratorio SGS proporcionó la posibilidad de analizar los molibdatos existentes en los refrigerantes, explicitados en el gráfico 6. Como resultados, se confirmó la presencia de este inhibidor en 3 de las 4 marcas analizadas. Los porcentajes exactos fueron: refrigerante D (600 ppm), en su hoja técnica específica la normativa ASTM D 2809 que es un método estándar para características de cavitación y corrosión. Refrigerante B (150 ppm) y refrigerante C (150 ppm); por consiguiente, estas marcas manejan tecnologías de corrosión vigentes. Es muy importante mencionar que el molibdato es un excelente inhibidor de la corrosión, y también ofrece una excepcional protección contra la cavitación de la camisa húmeda cuando se utilizan en aplicaciones diésel de servicio pesado, pues es capaz de actuar en conjunto con el nitrito, silicatos, fosfatos para inhibir a otros metales. Es curioso el haberlo encontrado puesto que este elemento tiene un costo elevado (HDexpert).

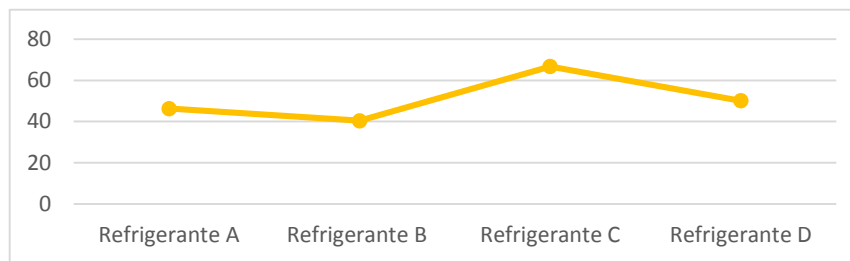
Gráfico 7: Nitritos en refrigerantes



Fuente: Cedeño y Yanouch (2021)

Los resultados del análisis de nitritos, graficados en el gráfico 7, indican que el único refrigerante que contiene este inhibidor es el A en una cantidad de 3200 ppm. Los nitritos son muy buenos inhibidores de corrosión para metales como el hierro. Estos eran ampliamente utilizados en refrigerantes para motores antiguos o diésel, pero es una tecnología caduca porque corroe el block y la culata, en el caso de ser de metales más blandos como el aluminio. En este caso la marca A debería especificar en su hoja técnica la presencia de nitritos, porque estos son perjudiciales para sistemas de refrigeración de motores modernos.

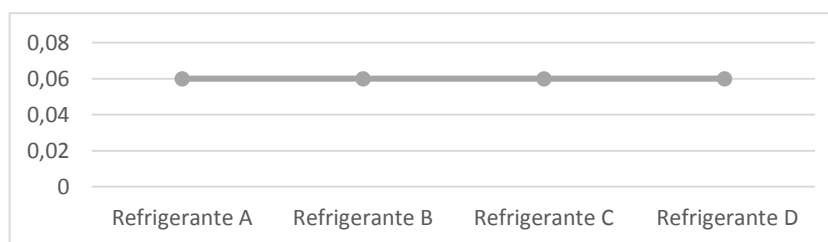
Gráfico 8: Silicatos en refrigerantes



Fuente: Cedeño y Yanouch (2021)

Los resultados obtenidos en el análisis de silicatos, se encuentran descritos en el gráfico 8. Los refrigerantes nos mostraron datos interesantes y los porcentajes exactos fueron los siguientes: refrigerante C (66.7 mg/kg), refrigerante D (51 mg/kg), refrigerante A (46.3 mg/kg), y refrigerante B (40.4 mg/kg). Las fichas técnicas de los refrigerantes D y C hacen mucho énfasis en cuanto a estar libres de silicatos; mientras que el análisis indica que estos cuentan con los porcentajes más altos de este inhibidor que brinda excelente protección al aluminio de la corrosión. No obstante, se debe mencionar que los silicatos tienden a corroer las juntas o empaques de la bomba agua y culata. Los refrigerantes A y B no mencionan la presencia de silicatos en sus datos técnicos.

Gráfico 9: Fosfatos en refrigerantes



Fuente: Cedeño y Yanouch (2021)

Los resultados obtenidos del análisis de fosfatos, gráfico 9, indican que ninguno de los 4 refrigerantes sometidos a esta prueba contiene fosfatos. Los refrigerantes D y C sí mencionan esto en sus respectivas fichas, pero los refrigerantes A y B no especifican esta información que es muy importante para identificar los vehículos en los cuales se puede usar de manera segura.

Los refrigerantes que contienen cantidades altas de fosfatos son propensos a desprenderse y formar escamas a largo plazo; los sistemas suelen obstruirse con sarro, y limitan la eficiencia del sistema de refrigeración.

Conclusiones

- El enfoque general obtenido en el estudio indica la importancia de hacer la elección correcta puesto que existe poco conocimiento e interés por la calidad del líquido refrigerante. Al momento de reemplazarlo, la gran mayoría opta por la opción más económica; sin embargo, esta mala decisión tendrá como consecuencia daños graves y, muchas veces, irreversibles para el motor.
- El presente estudio logró determinar la cantidad de glicol en cada refrigerante analizado; de esta manera, se demostró que los refrigerantes B, C, D tienen un 51%, lo que indica características de calidad bastante buenas. En este ámbito, el refrigerante A carece de glicol lo que lo sitúa en otro segmento de calidad en función a su costo en el mercado.
- Se demostró, con base en el análisis de nitritos, que solo el refrigerante A contiene este compuesto anacrónico; sin embargo, continúa siendo muy efectivo para motores de generaciones pasadas.
- Se comprobó que todos los refrigerantes analizados contienen silicatos y existen variables en cuanto a la credibilidad de la información técnica, tal es el caso de los refrigerantes D y C que niegan la presencia de silicatos. Mientras en los análisis de laboratorio se encontraron porcentajes de 51 mg/kg y 66.7 mg/kg, respectivamente.
- El análisis de fosfatos estableció que ninguno de los refrigerantes escudriñados contiene este compuesto que causa taponamiento severo y, al igual que los nitritos, constituye una tecnología obsoleta.
- El estudio demuestra la diferencia del estatus actual de líquidos refrigerantes para motor en base al costo y la calidad. Se determinó que los compuestos más importantes como el glicol, y la calidad del paquete anticorrosivo, pueden alcanzar un mayor costo, pero, al mismo tiempo, son los encargados de prolongar la vida útil del motor.
- Se estipuló la importancia que tiene la información técnica de los refrigerantes, pues esta es sustancial al momento de decantarse por una marca u otra, siempre teniendo en consideración

el tipo de motor, sus características técnicas y los materiales que componen el sistema de refrigeración y el interior del mismo.

Referencias bibliográficas

1. 360, E. (2009). standards.globalspec.com. Recuperado de <https://standards.globalspec.com/std/3837972/astm-d1119-05-2009>
2. 360, E. (2011). standards.globalspec.com. Recuperado de <https://standards.globalspec.com/std/1574871/sae-j1034>
3. Alacant, U. d. (2018). <https://ssti.ua.es/>. Recuperado el 21 de julio de 2021, de <https://ssti.ua.es/es/instrumentacion-cientifica/unidad-de-rayos-x-de-monocristal-y-espectroscopias-vibracional-y-optica/espectroscopia-ultravioleta-visible.html>
4. ASTM. (2021). <https://www.metrohm.com/>. Recuperado en agosto 5, 2021, de <https://www.metrohm.com/es/applications/AN-T-201>
5. Clavijo Gonzalez, J. (2017). <https://repository.uamerica.edu>. Recuperado el 20 de Julio de 2021, de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6261/1/6042105-2017-1-IQ.pdf>
6. Criollo, E. (2021). laboratorios escuela politécnica nacional. Recuperado el 21 de julio de 2021 de <file:///C:/Users/User/Downloads/Jorge%20Luis%20Yanouch%20ST-8200-signed%20FET%2029jul21.pdf>
7. D5827, C. d.-A. (2011). <http://tribologik.com/>. Recuperado el 21 de julio de 2021 de <http://tribologik.com/coolanttest.php?lang=es>
8. Decamino.firststop. (2019). <https://decamino.firststop.es/>. Recuperado de <https://decamino.firststop.es/blog/como-y-cuando-cambiar-liquido-refrigerante>
9. Dolf, G. (2017). /guillerdolf.com. Recuperado el 21 de julio de 2021, de https://guillerdolf.com/index_3.html
10. Ec, Q. (2020). <https://www.qualco.com.ec/>. Recuperado de <https://www.qualco.com.ec/post/refrigerante-las-5-claves-para-un-escogimiento-adeecuado>
11. Excellence, I. t. (n.d.). www.isotools.org. Recuperado de

<https://www.isotools.org/normas/calidad/iso-iec-17025/>

12. Fieldson, G. (s.f.). lubtechnology. Recuperado el 20 de Julio de 2021, de <https://lubtechnology.com/pdf/soluciones/Fluidos%20refrigerantes%20de%20Motores%20de%20Combustion%20Interna.pdf>
13. Fortaleza, B. R. (2018). <https://www.radiadores.com.pe/>. Recuperado de <https://www.radiadores.com.pe/blog/la-importancia-de-comprar-un-buen-refrigerante-para-vehiculos/>
14. GMB, N. A. (2021). Recuperado el 21 de julio de 2021, de <https://www.gmb.net/es/aditivos-de-refrigerante-comunes-y-como-pueden-danar-su-motor/>
15. GMB, N. A. (2021). GMB. Recuperado el 21 de julio de 2021, de <https://www.gmb.net/es/refrigerante-inorganico-vs-organico-cual-es-la-diferencia/>
16. HDexpert. (s.f.). Recuperado el 21 de julio de 2021, de https://hdexpert.com/wp-content/uploads/2020/03/Whitepaper_2_Sp.pdf
17. HDexpert. (2020). <https://hdexpert.com/>. Recuperado el 20 de Julio de 2021, de https://hdexpert.com/wp-content/uploads/2020/03/Whitepaper_2_Sp.pdf
18. Hella, S. (2020). www.hella.com. Recuperado el 21 de julio de 2021, de <https://www.hella.com/techworld/es/Informacion-Tecnica/Refrigeracion/Como-rellenar-refrigerante-2708/>
19. Inc, H. I., & Hanna Instrumentos, I. (s.f.). cdn.hannachile.com. Recuperado el 2 de agosto de 2021, de https://cdn.hannachile.com/hannacdn/support/manual/2012/11/20140707094146-manual_hi--96831.pdf
20. Instrumentos, P. (n.d.). www.pce-instruments.com. Recuperado el 2 de julio de 2021, de https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/medidor-de-ph-pce-instruments-medidor-de-ph-pce-phd-1-ica-incl.-certificado-de-calibraci_n-iso-det_5956071.htm?_list=kat&_listpos=15
21. INTERNATIONAL, A. (2005). www.astm.org/. Recuperado de <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D4985-05.htm>
22. International, S. (1999). www.sae.org. Recuperado de

- https://www.sae.org/standards/content/j814_199911/
23. International, S. (2004). www.sae.org. Recuperado de https://www.sae.org/standards/content/j1941_200408/
 24. Martínez, C. (n.d.). jimdofree.com. Recuperado en agosto 4, 2021, de [file:///C:/Users/User/Downloads/Investigaci%C3%B3n%20Descriptiva%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Investigaci%C3%B3n%20Descriptiva%20(2).pdf)
 25. Martínez, D. (2019). <https://flash-cooling.com/>. Recuperado el 21 de julio de 2021, de <https://flash-cooling.com/es/ph-del-refrigerante/>
 26. Mundo, M. (2019). El líquido refrigerante del vehículo es un compuesto químico a base de etilenglicol que tiene la capacidad de regular la temperatura. Ofrece un amplio rango térmico que va desde los menos 30°C hasta los 140°C aproximadamente, de modo que su presencia en e. Mundo Motor, 1-15.
 27. Murry, J. (2015). <https://www.uaeh.edu.mx/>. Recuperado el 21 de julio de 2021, de <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa3/n8/m9.html>
 28. Orozco, G. M. (n.d.). <https://www.pruebaderuta.com/>. Recuperado de <https://www.pruebaderuta.com/es-mas-recomendable-usar-refrigerante-o-agua.php>
 29. Pinos, E. V. (2016). <http://repositorio.ute.edu.ec/>. Recuperado de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14092/1/65637_1.pdf
 30. Ptextsa. (n.d.). www.Pretexsa.com. Recuperado de <http://www.pretexsa.com/pXoaA3MB.html#:~:text=DEX%2DCOOL%20es%20un%20tipo,el%20funcionamiento%20de%20su%20veh%C3%ADculo>.
 31. Qualco. (2020). <https://www.qualco.com.ec/>. Recuperado el 21 de Julio de 2021
 32. San Miguel, V. (2016). autopista.es. Recuperado el 21 de julio de 2021, de https://www.autopista.es/preguntas-dudas/dudas-que-temperatura-puede-alcanzar-el-motor-de-un-coche_142793_102.html
 33. textoscientificos. (n.d.). www.textoscientificos.com. Recuperado en julio 2, 2021, de <https://www.textoscientificos.com/quimica/etilenglicol>
 34. Todeshi, M. (2019, agosto 20). lubri-press.com. Recuperado el 21 de julio de 2021
 35. Villacon, F. (2017). <https://frenosvillacon.do/>. Recuperado de <https://frenosvillacon.do/cuidando-tu-sistema-de-refrigeracion-que-refrigerante-debo-escoger-para-mi-auto-y-como-cambiarlo/>

36. Vivero Rocero, B. (n.d.). www.upc.edu. Recuperado el 21 de julio de 2021, de <https://www.upc.edu/sct/es/equip/624/espectrofotometre-uv-visible.html>

© 2021 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)