



*Influencia en la viscosidad de los fluidos en el sistema abs*

*Influence on the viscosity of fluid in the abs system*

*Influência sobre a viscosidade dos fluidos no sistema abs*

Denny Javier Guanuche-Larco <sup>I</sup>  
[deguanuchela@uide.edu.ec](mailto:deguanuchela@uide.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-7376-0105>

Guillermo Gorky Reyes-Campaña <sup>II</sup>  
[gureyesca@uide.edu.ec](mailto:gureyesca@uide.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-7133-9509>

Edwin Andrés Cárdenas-Garzón <sup>III</sup>  
[edcardenasga@uide.edu.ec](mailto:edcardenasga@uide.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-1100-6083>

Franklin Alejandro Simbaña-Cevallos <sup>IV</sup>  
[frsimbanace@uide.edu.ec](mailto:frsimbanace@uide.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-1100-6083>

**Correspondencia:** [deguanuchela@uide.edu.ec](mailto:deguanuchela@uide.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Investigación

\***Recibido:** 27 de febrero de 2022 \***Aceptado:** 24 de marzo de 2022 \* **Publicado:** 01 abril de 2022

- I. Universidad Internacional del Ecuador UIDE, Docente Investigador de la Escuela de Ingeniería Automotriz, Quito, Ecuador.
- II. Universidad Internacional del Ecuador UIDE, Docente Investigador, Coordinador Investigación de la Escuela de Ingeniería Automotriz, Quito, Ecuador.
- III. Universidad Internacional del Ecuador UIDE, Egresado Investigador, Quito, Ecuador.
- IV. Universidad Internacional del Ecuador UIDE, Egresado Investigador, Quito, Ecuador.

## Resumen

El sistema de frenado de un vehículo posee partes importantes para funcionar, que es detener el vehículo, un elemento vital es el líquido de frenos, pero su aplicación se ve afectada por el tiempo de uso y por la captación de agua que el líquido genera. La presente investigación uso los resultados obtenidos en el laboratorio para soporte, además de realizar pruebas de temperatura de ebullición con el equipo Bosch BFT-100 teniendo en cuenta que se agregó porcentajes de agua (0%, 1% y 4%), la cual busca determinar que líquidos de freno funciona de mejor manera en un sistema de frenado ABS, con la condicional de que en las muestras de líquido de frenos; DOT 4, DOT 4,1 Y DOT 4.1 V2, se suministró porcentajes de agua potable, con esto podemos simular un estimado de degeneración del líquido por su uso. Se realizarán pruebas de laboratorio normadas bajo la normativa INEN se realizó en el laboratorio Qualco EcoEnergy (Codificación de muestras) y laboratorio LACBAL (Pruebas de viscosidad cinemática) se concluyó que de todos los líquidos de frenos el mejor en la acción de frenado al 0% de agua es decir en su estado natural es del DOT 4.1 V2, esto es por la cantidad de boratos que este tiene en su composición, pero al sufrir introducción de agua el líquido con capacidad de funcionar adecuadamente con humedad en el sistema ABS es el DOT 4.1 es más estable en comparación a los líquidos en los diferentes porcentajes que se analizaron.

**Palabras clave:** Líquido de frenos; Captación de agua; Viscosidad cinemática DOT; Sistema ABS.

## Abstract

The braking system of a vehicle has important parts to operate, which is to stop the vehicle, a vital element is the brake fluid, but its application is affected by the time of use and by the water collection that the liquid generates. The present research used the results obtained in the laboratory for support, in addition to performing boiling temperature tests with the Bosch BFT-100 equipment taking into account that percentages of water (0%, 1% and 4%) were added, which seeks to determine which brake fluids work best in an ABS braking system, with the conditional that in the brake fluid samples; DOT 4, DOT 4.1 and DOT 4.1 V2, percentages of drinking water were supplied, with this we can simulate an estimate of degeneration of the liquid by its use. Laboratory tests will be carried out under the INEN regulations was carried out in the Qualco EcoEnergy laboratory (Sample coding) and LACBAL laboratory (Kinematic viscosity tests) it was concluded that of all brake fluids the best in the braking action at 0% water that is to say in its natural state is

DOT 4.1 V2, this is because of the amount of borates that this has in its composition, but when suffering the introduction of water the liquid with the ability to function properly with humidity in the ABS system is the DOT 4.1 is more stable compared to the ichokes in the different percentages that were analyzed.

**Keywords:** Brake fluid; Water catchment; DOT; Kinematic viscosity; ABS system

## Resumo

O sistema de travagem de um veículo tem peças importantes para funcionar, que é parar o veículo, um elemento vital é o fluido dos travões, mas a sua aplicação é afectada pelo tempo de utilização e pela absorção de água que o líquido gera. A presente investigação utiliza os resultados obtidos no laboratório para apoio, além de realizar testes de temperatura de ebulição com equipamento Bosch BFT-100, tendo em conta que foram adicionadas percentagens de água (0%, 1% e 4%), o que procura determinar quais os fluidos de travões que funcionam melhor num sistema de travagem ABS, com a condição de que nas amostras de fluido de travões; DOT 4, DOT 4.1 e DOT 4.1 V2, foram fornecidas percentagens de água potável, com isto podemos simular uma estimativa da degeneração do fluido devido à sua utilização. Os testes laboratoriais serão realizados de acordo com os regulamentos do INEN. Estes foram realizados no laboratório Qualco EcoEnergy (codificação de amostras) e no laboratório LACBAL (testes de viscosidade cinemática) e concluiu-se que de todos os fluidos de travagem, o melhor em termos de acção de travagem com 0% de água, ou seja, no seu estado natural, é o DOT 4. 1 V2, isto deve-se à quantidade de boratos que tem na sua composição, mas quando a água é introduzida, o fluido com capacidade para funcionar adequadamente com a humidade no sistema ABS é DOT 4.1, que é mais estável em comparação com os fluidos nas diferentes percentagens que foram analisadas.

**Palavras-chave:** fluido de travões; captação de agua; viscosidade cinemática DOT; sistema ABS.

## Introducción

Los líquidos de freno que se utilizan en el sistema de frenado del vehículo, por su funcionamiento en el automotor constituye un tema de estudio de alta importancia; debido a que, por lo general se lo considera como el elemento con menos importancia y esto puede resultar perjudicial para la seguridad del conductor, para el estudio se toma en cuenta que tipo de líquidos de freno se usan en

los vehículos utilitarios, el cual es establecido por el fabricante del vehículo; y, este es medido en base al tiempo, la condición que no se toma en cuenta es la vida útil del líquido de frenos, que se ve alterada por el porcentaje de agua que el propio líquido genera, en base a su desgaste natural, esta condición proporciona directamente en la distancia de frenado dando como resultado una mejor eficiencia de frenado dando como resultado un desplazamiento menor del cuerpo, por cuanto el líquido en un porcentaje ínfimo no puede tener las mismas propiedades químicas luego de la presencia del agua, es decir al 100 %; así como también, es importante reducir los desperfectos mecánicos que pueden llevar a causar graves accidentes de tránsito que se pueden producir por falta de chequeos en los automotores.

En Ecuador de acuerdo a un censo realizado en el año 2019 se logró concluir que, los siniestros de tránsito llegaron a la cifra de 24.595, lo que ocasionó un total de 19.999 heridos y 2.180 fallecidos, lo que resulta preocupante, debido a que, la mayoría de accidentes de tránsito fueron ocasionados por desperfectos mecánicos con mayor incidencia en los sistemas de freno. (Murillo S. , 2020)

En la industria automotriz ecuatoriana de producción de vehículos, se ofrecen una gran variedad de los mismos, entre los que tenemos: SUV, sedan, hatchback, pick-up, entre otras, vehículos que se ofrecen con un sistema de frenado ABS, la mayoría comandada por una computadora únicamente encargada del mismo sistema, cada uno de estos usan líquidos de frenos de diferentes marcas, debiéndose verificar que la viscosidad de los líquidos tienden a cambiar para mejorar la eficiencia de frenado, de acuerdo al estudio realizado para determinar la vida útil de los líquidos de freno estipula que estos deben ser reemplazados por intervalos de tiempo entre 1 a 3 años correspondientemente. (Brake influencia de agua) (Jung Kao, 2014)

Debido a las razones antes mencionadas se realizó un estudio de diferentes líquidos de freno, para de esta manera determinar la vida útil de los mismos, basado en la captación de agua que va a ingresar en cada muestra, debido a que esto influirá directamente en la viscosidad que estos poseen, lo cual genera mayor velocidad de respuesta ya que se reduce la viscosidad del líquido de frenos. Finalmente, basado en las premisas planteadas poder determinar bajo pruebas químicas de laboratorio un porcentaje de valoración para la posterior estimación del deterioro o la mejoría del frenado. (Nickolay Podoprigora, 2018)

El estudio y el análisis, se llevó a cabo bajo pruebas de viscosidad cinemática realizadas por un laboratorio certificado, esto nos permitió adquirir datos imprescindibles para la variación de eficiencia del frenado, de acuerdo a los diferentes líquidos de freno que se utilizaron, con esto, se

determinó una estimación de frenado basado en la vida útil del líquido de freno antes que este disuelva sus propiedades químicas.

Las características del líquido de freno lo establece el fabricante del vehículo; el propósito del líquido es que ejerza presión sobre las mordazas de freno, esto mediante un pedal y una bomba que multiplica la presión que se ejerce sobre el pedal mediante el principio de esfuerzo ejercido por el conductor. (Murillo S. , 2020)

De acuerdo a lo expuesto en líneas anteriores, la distancia de frenado; y, la eficiencia como tal se ven afectadas con esta condición, ahora bien, esto cambia de acuerdo a la normativa DOT (Department of Transportation) entidad estadounidense la cual determina las regulaciones de varios componentes automovilísticos, estas regulaciones clasifican los líquidos de freno de acuerdo a su punto de ebullición nombrándolos con la terminología DOT y un número el cual depende de la categoría en que este se encuentre. (Energiteca, 2019)

Para la obtención de resultados precisos se realizó un procedimiento basado en la norma ASTM-D445; este método menciona que el tiempo se mide de acuerdo a un volumen fijo de líquido, bajo la acción de la gravedad a través del tubo capilar del viscosímetro calibrado bajo un cabezal de conducción reproducible y una temperatura estrictamente controlada y conocida. La viscosidad cinemática (valor determinado) es el producto del tiempo de flujo medido y la constante de calibración del viscosímetro. Se requieren dos de estas mediciones para calcular el resultado de la viscosidad cinemática, que es el promedio de las dos mediciones aceptables. (Cálculo de viscosidad cinemática) (Marzieh Salehi, 2020)

El estudio planteado en los sistemas de frenado con ABS consta de nueve muestras las cuales poseen 0%, 1% y 4% de agua potable, con esto se busca definir una incidencia en la eficiencia de frenado basado en la captación de agua de cada líquido.

De esta manera, el objetivo del presente estudio es determinar la relación que existe entre la captación de agua del líquido de freno; y, como está influye en la variación de viscosidad que presentan los líquidos de freno, en base a la captación de agua que dispone cada líquido para la modificación del porcentaje de agua usado en los líquidos.

Para cumplimiento de este objetivo se determinará el cambio progresivo de la viscosidad de los líquidos de freno, mediante la variación del porcentaje de agua captado por el líquido, con esto, se midió mediante un análisis la estimación de la eficiencia de frenado que llegan a tener los sistemas

con ABS dependiendo de cada líquido; y, su composición lo cual se tomará de la ficha técnica de cada líquido.

## **Metodología**

### ***Antecedentes***

La función de un sistema de frenos es convertir la energía cinética del vehículo en movimiento de calor. Gran parte de este calor se disipa en el aire circundante, pero el líquido de frenos absorbe una cantidad considerable de energía térmica. Los sistemas de frenos de los vehículos modernos están sujetos cada vez a temperaturas más altas, por lo que los líquidos de frenos poseen una estabilidad térmica suficiente y una presión de vapor baja. (Akira Kawakami!, 2000)

Después de la segunda guerra mundial, se fabricaron sistemas antibloqueo de frenos electromecánicos para controlar los trenes de aterrizaje de los aviones a reacción, estos diseños se incorporaron en el año 1960 en vehículos industriales. Uno de los primeros modelos en aplicar este sistema de frenos fue en el modelo deportivo británico “Jersen FF” en el cual sus resultados de utilización fueron afables, por motivos de costos del sistema, no era viable para instalarlo en modelos de gran serie. Para 1970 la firma alemana BOSCH desarrolla un dispositivo eficiente y con posibilidad de comercialización a gran escala por reducción de costos y simplificación de componentes, gracias al desarrollo de la electrónica analógica. Luego en 1975 BOSCH adquirió el desarrollo del ABS de Teldix y el know-how logró un gran avance en el desarrollo del sistema ABS reduce el número de componentes del sistema de 1000 componentes análogos a 140, en el año de 1978 BOSCH con colaboración de la marca MERCEDES BENZ, se instaló el primer sistema ABS en un vehículo de serie (Mercedes de clase S) como equipo opcional , BMW también en 1978 instaló el sistema ABS en los vehículos de serie 7 de igual manera como equipo opcional, finalmente OPEL en 1983 instaló el sistema ABS en los vehículos OPEL SENATOR. (Cerrato, 2009)

### ***Sistema de frenos***

El sistema de frenos funciona mediante un sistema de accionamiento hidráulico. El sistema de accionamiento hidráulico es un sistema que utiliza fluido hidráulico presurizado para operar. El principio básico para usar líquido hidráulico en el sistema de frenos es la ley de pascal. (S. Nadasabapathy)

Los frenos constituyen uno de los más importantes sistemas de seguridad de un automóvil. En virtud de ello, los fabricantes dedican mucho tiempo al desarrollo y diseño de los sistemas de frenado. Buena prueba de ello es que hoy en día pueden encontrar coches de la talla del Audi S4, Mitsubishi Carisma Evo VI o Porsche Carrera 4 capaces de pasar de 150 km/h a 0 en escasos 75 metros y menos de 3 ½ segundos. Cuando éstos ya frenaron, un coche sin ABS se mueve aún a 50 km/h. Este tipo de coches son fruto de años de evolución de la industria automovilística y aplica las características de los WRC (World Rally Car) a los turismos. (Cerrato, 2009)

### ***Características del sistema ABS***

El mecanismo de frenado es regulado por un sistema electrónico modular, compuesto por microprocesadores que actúan de manera simultánea, de acuerdo con la información emitida por unos sensores acoplados en las ruedas, de tal manera que, cada segundo envía a las válvulas reguladoras del freno la información necesaria, para que las ruedas se adapten en su proceso de frenada a las características del terreno. (CEA, 2020)

De esta manera para que el funcionamiento del sistema ABS sea correcto es indispensable un buen líquido de frenos, que al ponerlo en el sistema actué de manera adecuada y brinda mayor confiabilidad al sistema, de tal forma, es imprescindible conocer la influencia de la viscosidad en la calidad y eficiencia de frenado en el sistema. (Solares, 2006)

### ***Líquido de frenos***

El líquido de frenos utilizado en la actualidad es un fluido compuesto por derivados del poliglicol (líquidos de silicona y aceites minerales), tiene las propiedades en las que el líquido absorbe el agua de la atmósfera. Como resultado, el contenido de agua del líquido de frenos aumenta con el paso del tiempo y el punto de ebullición desciende gradualmente, por esta razón debe mantenerse en buen estado y para ello es necesario cambiarlo periódicamente, en este sentido uno de los principales factores es su punto de ebullición, cuanto más calor genera y más alta es la temperatura que alcanza el líquido de frenos, más fácil es que entre en ebullición, provocando la aparición de burbujas que disminuyen la efectividad de la frenada.

### ***Vapor Lock***

A la aparición de burbujas en el líquido de frenos se la denomina Vapor Lock, este fenómeno surge antes de la ebullición del líquido de frenos de tal forma que el crecimiento de las burbujas se produce a una temperatura inferior al punto de ebullición del líquido de frenos. Además, el crecimiento de las burbujas no comienza a una temperatura fija, sino en un rango de temperatura

comparativamente amplio. Inevitablemente, la velocidad de crecimiento aumenta cuando la temperatura es alta y se ralentiza cuando la temperatura es baja. (Akira Kawakami!, 2000)

Otro de los factores que más afectan a los líquidos de frenos, es que, tienen propiedades higroscópicas, que reaccionan químicamente al agua de tal forma que se afectan por la humedad del ambiente. (Parera, 1993)

### ***Tipos de líquidos de frenos***

Los líquidos de frenos para automóviles están formulados para satisfacer los requisitos de importantes especificaciones internacionales. Dos de los más conocidos son el estándar J1703f de SAE (Sociedad de Ingeniero Automotrices) y el estándar federal de Vehículos motorizados No. 116 (FMVSS 116). El último estándar federal clasifica los líquidos de frenos en tres categorías de gravedad creciente, de acuerdo con el Departamento de Transporte DOT3, DOT4 y DOT5. Las características más destacadas de las tres se muestran en la tabla 1. (Peter Keith Brian HodgesBSc., 1996)

**Tabla 1.** Comparación de requisitos esenciales para DOT3, DOT4 y DOT 5 líquidos de frenos.

	<b>DOT3</b>	<b>DOT4</b>	<b>DOT5</b>
<b>Kinematic viscosity (mm<sup>2</sup>/s) at - 40°C, (minimum)</b>	1500	1800	900
<b>Minimum dry equilibrium reflux boiling point (°C)</b>	205	230	260
<b>Minimum wet equilibrium reflux boiling point (°C)</b>	140	155	180

**Fuente.** (Peter Keith Brian HodgesBSc., 1996)

DOT 3. Su punto de ebullición seco es de 205 grados Celsius, el húmedo es de 140 grados Celsius y su viscosidad es de 1500 Cts. (unidades de viscosidad). En la práctica, el agua se absorbe en el líquido de frenos, especialmente a través del cierre del tanque de compensación del líquido de frenos y, según la experiencia práctica, es una cantidad promedio del 2% en peso anual. (3, 2006)

A continuación, en la Tabla 2 se detalla las características de los líquidos de frenos DOT 3, 4, 5, 5.1, tomando en consideración los datos de la tabla 1 añadiendo los datos del líquido de frenos DOT5,1 con uno de aspecto muy importantes que es el punto de ebullición seco con el cual se



ayuda para determinar la calidad del líquido y el punto de ebullición húmedo que es de principal importancia teniendo en cuenta los líquidos de frenos con glicol en funcionamiento ya que absorben el agua (higroscópicos)

**Tabla 2.** Características de líquidos de frenos DOT

Líquido de frenos	Punto de ebullición seco	Punto de ebullición húmedo	Viscosidad
DOT 3	205°C	140°C	1500 Cts.
DOT 4	230°C	155°C	1800 Cts.
DOT 5	260°C	180°C	900 Cts.
DOT 5.1	270°C	180°C	900 Cts.

**Fuente.** (Compralubricantes.com, 2017); Autores, 2021)

Finalmente, un líquido de frenos en mal estado genera multitud de anomalías en el sistema de frenado del vehículo, en la actualidad, son numerosos los casos de averías en el sistema ABS ocasionados por obstrucciones de sedimentos en las electroválvulas, también se produce graves daños en el sistema de frenado por la oxidación de algunos componentes del circuito como válvulas y tuberías en el caso que el porcentaje de agua en el líquido supere el 3%. (teroson, s.f.)

### **Viscosidad**

La viscosidad es un factor importante en el fluido dinámico y afecta el movimiento de las moléculas del fluido, la viscosidad en el fluido está influenciada por factores como la temperatura, el esfuerzo cortante y presión. (Omowaye, 2021)

La viscosidad de un fluido es una medida de su resistencia a la deformación. En los líquidos, la viscosidad se produce por las fuerzas de cohesión entre las moléculas. (Yunes A. Cengel, 2006)

La viscosidad dinámica es la resistencia al movimiento de una capa de un fluido sobre otra y se define:

$$\eta = \frac{F}{A} = \frac{dw}{ds}$$

La viscosidad cinemática es la viscosidad dinámica dividida por la densidad y es la relación entre las fuerzas viscosas y las fuerzas de inercia.

$$v = \eta/d$$

La viscosidad de un fluido necesita tanto de la presión como de la temperatura, inclusive cuando la dependencia proporcional a la presión es baja. (Yunes A. Cengel, 2006)

#### ***Norma ASTM D445***

Método de prueba estándar para la viscosidad de líquidos transparentes y opacos. Este método de prueba especifica un procedimiento para la determinación de la viscosidad cinemática, “V”, de derivados de petróleo líquidos, tanto transparentes y opacos, al medio el tiempo para que un volumen de líquido fluya por gravedad a través de un viscosímetro capilar de vidrio calibrado, la viscosidad dinámica, “N”, se obtiene al multiplicar la viscosidad cinemática, “V”, por la densidad, “P”, del líquido.

Para la medición de la viscosidad cinemática y la viscosidad de bitumen, consultar también métodos de prueba D 2170 Y D 2171. (BUSTAMANTE, 2018)

ISO 3104 CORRESPONDE AL MÉTODO DE PRUEBA D445. (INTERNATIONAL, 2018)

#### ***Eficacia de frenado***

La eficacia de frenado nos da una información general del estado y funcionamiento de los frenos en su conjunto. Si todos los elementos actúan correctamente, la eficacia de frenado para un vehículo a motos de 4 ruedas y un máximo de 8 plazas debe ser al menos del 58%. (Antonio, 2016)

$$Ef = \left(\frac{d}{g}\right) \times 100\%$$

La dinámica de los cambios en la condición técnica del sistema de frenos generalmente se estima sólo por el grado de desgaste de las pastillas de rotura. Al mismo tiempo, otros factores también cambian durante el funcionamiento. Entre ellas se encuentran las propiedades del líquido de frenos: su viscosidad, temperatura de ebullición y contenido de humedad. Estos indicadores están regulados por un estándar individual y afectan la dinámica de los cambios en la eficiencia de la activación de la unidad de frenado (Vytenis Surblys, 2015)

#### ***Eficiencia de frenos***

La eficiencia de los frenos es la diferencia de frenado que existe entre los ejes, se expresa en porcentaje y se calcula en función de la fuerza máxima de frenado de las cuatro ruedas eje por eje y el peso del automóvil. El valor de la eficacia admisible es igual o superior a 60% para el freno de

servicio, e igual o superior al 20% para el freno de estacionamiento. (Diego Francisco Sanmartín Vaca, 2017)

## **Materiales y Métodos**

La presente investigación es cuantitativa, con aplicación de los resultados obtenidos en el laboratorio, además de realizar pruebas de temperatura de ebullición con el equipo Bosch BFT-100 teniendo en cuenta que se agregó porcentajes de agua (0%, 1% y 4%) y haciendo uso de soporte bibliográfico, la cual busca determinar qué líquidos de freno funciona de mejor manera en el sistema de frenado ABS.

En una primera etapa se analizó las características de las muestras de líquidos de frenos con su variación de porcentaje de agua según la normativa NTE INEN 442, el sistema de frenos ABS, los distintos líquidos de frenos, la viscosidad de los fluidos, punto de ebullición seco y húmedo para determinar la influencia de la viscosidad en los fluidos en el sistema ABS, luego de las pruebas de laboratorio que se obtuvieron mediante un ensayo de viscosidad cinemática a 100°C bajo la normativa ASTM D445 se estableció la utilización de la investigación aplicada, La investigación aplicada que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que de adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. (Murillo W. , 2008)

### ***Normativa***

Para el estudio se consideró realizar las pruebas de laboratorio bajo la acreditación N° SAE LEN 21-002 avaladas al laboratorio LACBAL el cual fue encargado de realizar pruebas de viscosidad cinemática bajo la norma ASTM-D445, de esta manera se logró determinar los resultados de las pruebas mencionadas; todos los parámetros de medición se basan en la norma de gestión ISO 17025.

### ***Fichas técnicas de líquidos de frenos***

#### **FICHA TÉCNICA DOT 4**

Mediante la empresa ECOENERGY CIA LTDA “QUALCO” se examina las muestras de líquidos de frenos DOT 4, para el análisis se usó muestras nacionales puesto que la empresa fabrica productos para varias casas comerciales de vehículos en el país, con las características que se detallaran a continuación.

**Tabla 3.** Composición/ información de componentes

<b>Compuesto</b>	<b>Número CAS</b>	<b>Concentración</b>
Ethanol, 2-butoxy-, manufacture of, by-products from Eye Dam. 1, H318	161907-77-3	>20—<30%
2-(2-methoxyethoxy) ethanol Repr. 2, H361d	111-77-3	<3.0%
dihydro-3-(tetrapropenyl)furan-2,5-dione	26544-38-7	<0.1%

**Fuente.** (Autores, 2021)

**Tabla 4.** Propiedades Físicoquímicas

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
<b>Forma</b>	Líquida
<b>Color</b>	Amarilla
<b>Olor</b>	Característico del producto
<b>pH a 20°C</b>	7-10.5
<b>Punto de fusión/Punto de congelamiento</b>	-50°C
<b>Punto inicial de ebullición</b>	>230 °C

**Fuente.** (Autores, 2021)

## FICHA TÉCNICA DOT 4.1

Las propiedades del líquido de frenos DOT 4.1 se detallarán en la tabla 3 y las propiedades fisicoquímicas en la tabla 4.

**Tabla 5.** Composición de los ingredientes del líquido de frenos DOT 4.1

<b>Compuesto</b>
Polyglycol
Glycol Ether
Inhibidos
Glycol Ether Borate

**Fuente.** (Autores, 2021)

**Tabla 6.** Propiedades Físicoquímicas

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
forma	Líquida
Color	Amarilla
Olor	Característico del producto
pH a 20°C	7-8.5
Punto de fusión/Punto de congelamiento	-50°C
Punto inicial de ebullición	265 °C
Flash Point	135,5 °C
Viscosidad a -40 C	700 Cts.
Densidad a 20°C	1.06 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad en agua	Totalmente miscible

**Fuente.** (Autores, 2021)

## FICHA TÉCNICA DOT 4.1 V2

Finalmente, para esta investigación en la tabla 5 se detalla la composición del líquido de frenos DOT 4.1 V2 y en la tabla 6 se especifica las propiedades físicoquímicas.

**Tabla 7.** Composición/ información

<b>Compuesto</b>	<b>Número CAS</b>	<b>Concentración</b>
Polyethylene glycol	9004-74-4	6 ~ 13 %
Mono Methylether		
Methoxy tri glycol	111-77-3	25 ~ 35 %
Tri ethylene glycol monobutyl ether	143-22-6	3 ~ 10 %
Boron Ester Compound	30989-05-0	45 ~55 %
Trade secret (S1)	-	MAX 5%

**Fuente.** (Autores, 2021)

**Tabla 8.** Propiedades Físicoquímicas

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Forma	Líquida
Color	Amarilla
Olor	Característico del producto
pH a 20°C	7.5-8.5
Punto de fusión/Punto de Congelamiento	-50°C
Punto inicial de ebullición	260 °C
Flash point	135°C
Viscosidad a -40°C	1000 Cts.
Densidad a 20°C	1.061-1.071 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad en agua	Totalmente miscible

**Fuente.** (Autores, 2021)

### **Laboratorio**

El laboratorio LABCAL (Laboratorio de combustibles, biocombustibles y aceites lubricantes) de la Escuela Politécnica Nacional ubicado en la ciudad de Quito, fue el lugar donde se efectuó el análisis de las nueve muestras de fluidos, el laboratorio forma parte de la lista de Organismos Evaluadores de la Conformidad SAE, de esta forma los resultados que se obtuvieron de las pruebas realizadas, están dentro del sistema de gestión ISO 17025 y la acreditación N° SAE LEN 21-002.

**Tabla 9.** Muestras preparadas en laboratorio

<b>Muestra Preparada</b>	<b>Cantidad de agua(ml)</b>	<b>Cantidad de líquido de frenos</b>
DOT 4 (1% de agua)	10	990
DOT 4 (3% de agua)	30	970
DOT 4 (4% de agua)	40	960
DOT 4.1 (1% de agua)	10	990
DOT 4.1 (3% de agua)	30	970
DOT 4.1 (4% de agua)	40	960
DOT 4.1 v2 (1% de agua)	10	990
DOT 4.1 v2 (3% de agua)	30	970
DOT 4.1 v2 (4% de agua)	40	960

**Fuente.** (Ing. Ligia Moscoso, 2020)

### ***Porcentaje de agua***

Según la normativa NTE INEN 444 la tolerancia al agua del líquido de frenos establecido por los resultados de ensayo efectuado según INEN 442, se establece que la mezcla de agua y líquido de frenos no debe mostrar estratificaciones y la sedimentación no excederá 0,05% en volumen después de la operación de centrifugado y no excederá el 0,15% en volumen para una muestra tomada en empaques comerciales.

### ***Equipos de medición***

El comprobador Bosch BFT-100 mide en base al método del punto de ebullición, siendo el único procedimiento exacto para comprobar líquidos de frenos. Tras el cruce con los valores mínimos previstos en la especificación DOT (DOT 3, DOT 4, DOT 4 HP, DOT 5.1) almacenados en el aparato, el BFT 100 muestra el resultado en la pantalla.

## **Resultados y Discusión**

### ***Preparación de muestras***

Se midió la cantidad correspondiente de agua potable en un tubo de ensayo para preparar una mezcla de agua al 1%, 3%; y, 4% en cada líquido de frenos, se colocó la cantidad en un vaso de precipitación, se procedió a añadir el líquido de frenos faltante en un volumen de 300 ml, posteriormente se agitó la muestra a 300 rpm durante 10 minutos. El producto fue sellado en una botella para su correcto almacenamiento.

### ***Clasificación de muestras***

Las muestras envasadas se clasificaron:

**Tabla 10.** Clasificación de muestras

<b>Muestra Preparada</b>	<b>Cantidad de Agua (mL)</b>	<b>Cantidad de Líquido de Frenos (mL)</b>
DOT 4 (1% de agua)	10	990
DOT 4 (3% de agua)	30	970
DOT 4.1 (1% de agua)	10	990
DOT 4.1 (3% de agua)	30	970
DOT 4.1 v2 (1% de agua)	10	990
DOT 4.1 v2 (3% de agua)	30	970

**Fuente.** (Ing. Ligia Moscoso, 2020); (Autores, 2021)

En este estudio se tomó en consideración la viscosidad de los líquidos de freno por ello la cantidad que se estudió en el laboratorio de LACBAL es de 60 ml de acuerdo a las consideraciones entregadas por el laboratorio de Qualco.

### **Resultados DOT**

Una vez obtenidas las muestras de líquido de frenos con porcentajes de agua se procedió a realizar un estudio químico validado por el laboratorio de LACBAL, bajo la norma ISO 17025, la prueba trata a cada líquido el cual fue sometido a precipitación para determinar la viscosidad cinemática en consideración de que la prueba se llevó a los 100°, la prueba está normada bajo el método ASTM-D445, los resultados obtenidos son:

**Tabla 11.** Informe de análisis de resultados

<b>Muestra</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Normas</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor obtenido</b>
DOT 4.1 V2	Viscosidad cinemática 100°	ASTM-D445	<i>mm<sup>2</sup>/s</i>	2,725
DOT 4.1 V2 (1% de agua)	Viscosidad cinemática 100°	ASTM-D445	<i>mm<sup>2</sup>/s</i>	2,625
DOT 4.1 V2 (4% de agua)	Viscosidad cinemática 100°	ASTM-D445	<i>mm<sup>2</sup>/s</i>	2,573
DOT 4.1	Viscosidad cinemática 100°	ASTM-D445	<i>mm<sup>2</sup>/s</i>	2,027
DOT 4.1 (1% de agua)	Viscosidad cinemática 100°	ASTM-D445	<i>mm<sup>2</sup>/s</i>	2,019
DOT 4.1 V2 (4% de agua)	Viscosidad cinemática 100°	ASTM-D445	<i>mm<sup>2</sup>/s</i>	1,882
DOT 4	Viscosidad cinemática 100°	ASTM-D445	<i>mm<sup>2</sup>/s</i>	2,112
DOT 4 (1% de agua)	Viscosidad cinemática 100°	ASTM-D445	<i>mm<sup>2</sup>/s</i>	2,054
DOT 4 (4% de agua)	Viscosidad cinemática 100°	ASTM-D445	<i>mm<sup>2</sup>/s</i>	2,039

**Fuente.** (LACBAL, 2021); (Autores, 2021)



### *Condiciones ambientales de la prueba*

**Tabla 12.** Condiciones de prueba en laboratorio

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Humedad relativa (%)</b>	<b>Presión (kPa)</b>
20,0	42,1	72,8

**Fuente.** (LACBAL, 2021); (Autores, 2021)

Estos datos son basados en la normativa ASTM D445 de la prueba viscosidad cinemática que dicta valores estándar de temperatura, humedad y presión para la extracción de resultados, de esta manera se obtuvo un valor adecuado de acuerdo a la normativa establecida.

### **Análisis de Resultados**

#### *Análisis de pruebas de laboratorio*

Al analizar los resultados de la prueba “viscosidad cinemática” se determinó que el sistema de frenos en los vehículos con ABS influye de manera directa la captación de agua en el sistema. De las nueve muestras se obtuvo resultados en variación milimétrica los cuales daban a conocer que en primer lugar la captación de agua en el sistema varía en la viscosidad del líquido de frenos, por consiguiente, la eficiencia de frenado también varía de acuerdo al líquido de frenos que se encuentre en acción dentro del sistema.

En comparación con la variación de la viscosidad para determinar una eficiencia de frenado, se debe interpretar que el líquido de frenos afecta la captación de agua, ya que, porcentaje de viscosidad disminuye, y aumenta la eficiencia del frenado, entonces;

**Tabla 13.** Resultados de Líquidos DOT 4, 4.1 Y 4.1 V2 con 0% de agua

<b>Identificación</b>	<b>Porcentaje de agua</b>	<b>Resultado</b>
DOT 4	0%	2,112 mm <sup>2</sup> /s
DOT 4.1	0%	2,027 mm <sup>2</sup> /s
DOT 4.1 V2	0%	2,725 mm <sup>2</sup> /s

**Fuente.** (Autores, 2021)

Como se observa en la tabla 11 se determinó que el líquido con mejor rendimiento de acuerdo a la captación de agua al 0%, es decir el líquido en su estado base es el líquido de frenos DOT 4.1 V2, este líquido bajo la prueba de viscosidad cinemática resultó ser el más eficiente en el funcionamiento.

**Tabla 14.** Resultados de Líquidos DOT 4, 4.1 Y 4.1 V2 con 1% de agua

<b>Identificación</b>	<b>Porcentaje de agua</b>	<b>Resultado</b>
DOT 4	1%	2,054 mm <sup>2</sup> /s
DOT 4.1	1%	2,019 mm <sup>2</sup> /s
DOT 4.1 V2	1%	2,625 mm <sup>2</sup> /s

**Fuente.** (Autores, 2021)

En la tabla 14 se puede visualizar que el líquido de frenos con mejor resistencia a la captación de agua al 1%, es el líquido de frenos DOT 4.1 V2, como resultado de las pruebas de funcionamiento, la resistencia a ceder viscosidad en un 2,6% a diferencia de las dos muestras comparadas, basado en el momento del frenado en el sistema de frenos ABS este líquido es capaz de resistir la captación de agua para fluir por las cañerías de freno.

**Tabla 15.** Resultados de Líquidos DOT 4, 4.1 Y 4.1 V2 con 4% de agua

<b>Identificación</b>	<b>Porcentaje de agua</b>	<b>Resultado</b>
DOT 4	4%	2,039 mm <sup>2</sup> /s
DOT 4.1	4%	1,882 mm <sup>2</sup> /s
DOT 4.1 V2	4%	2,573 mm <sup>2</sup> /s

**Fuente.** (Autores, 2021)

Como se observa en la tabla 15 la resistencia de la captación de agua al 4% actúa de mejor manera en el líquido DOT 4,1 V2, con esto se determinó que es un líquido más eficiente en base a las pruebas de laboratorio a pesar de tener una captación de agua en mayor proporción.

**Tabla 16.** Variación de porcentaje de agua captado por el líquido

<b>% de agua</b>	<b>u DOT 4 (mm<sup>2</sup>/s)</b>	<b>Variación u</b>	<b>u esperada</b>
0	2,112		2,112
1	2,054	-2,7%	2,112
4	2,039	-3,5%	2,112
<b>% de agua</b>	<b>u DOT 4.1 (mm<sup>2</sup>/s)</b>	<b>Variación u</b>	<b>u esperada</b>
0	2,027		2,027
1	2,019	-0,4%	2,01673
4	1,882	-7,2%	2,039
<b>% de agua</b>	<b>u DOT 4.1 V2 (mm<sup>2</sup>/s)</b>	<b>Variación u</b>	<b>u esperada</b>
0	2,727		2,725
1	2,625	-3,75	2,70775
4	2,573	-5,6%	2,656

**Fuente.** (Autores, 2021)

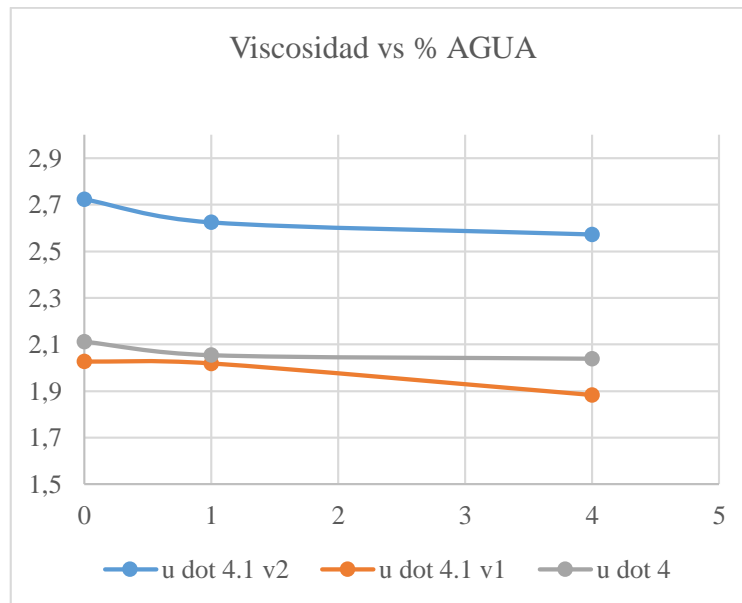
En esta tabla se determina las diferentes variaciones en los porcentajes admitidos en las muestras analizadas, donde “u” es el porcentaje de agua captado por el líquido y esa variación de viscosidad se hace con respecto a la viscosidad inicial del líquido de frenos sin agua.

**Tabla 17.** Viscosidad vs porcentaje de agua

<b>% agua</b>	<b>u dot 4.1 v2</b>	<b>u dot 4.1 v1</b>	<b>u dot 4</b>
0	2,725	2,027	2,112
1	2,625	2,019	2,054
4	2,573	1,882	2,039

**Fuente.** (Autores, 2021)

Basado en esto se realizó un gráfico donde se compara la viscosidad del líquido y el porcentaje de agua que este mantiene.



**Gráfico 1.** Viscosidad vs % de agua  
**Fuente.** (Autores, 2021)

En el gráfico 1 se representó la cantidad de agua en porcentaje comparado con la viscosidad del líquido en cada muestra, basado en los resultados se determinó bajo las pruebas de viscosidad cinemática que el líquido que mejor resiste cuando se genera humedad es el DOT 4.1 V2 basado solo en viscosidad cinemática.

Los resultados analizados en base a las pruebas de laboratorio se definieron como, un líquido con mayor aceptación a la adquisición de agua sin perder sus propiedades químicas es el DOT 4.1 V2 siendo superior con respecto a las muestras presentadas. Con estos resultados se determinó una eficiencia de frenado en un sistema básico con ABS para esto se tomó como un análisis previo una simulación de frenado, usando el coeficiente de viscosidad como porcentaje de resistencia dentro de la fórmula de acuerdo al líquido que se analizó, en este caso, el líquido con mayor eficiencia se concentró en la eficiencia de frenado con su captación al máximo de agua; y, el líquido con menor eficiencia de la misma manera.

### ***Análisis de la eficiencia de frenado***

Como es de conocimiento mundial en el sistema ABS, cuando el líquido de frenos se calienta y este llega a su temperatura de ebullición pierde por completo sus capacidades hidráulicas lo cual resulta catastrófico en la acción de frenado del vehículo aún más si este cuenta con sistema ABS porque este sistema lo que evita es que el freno se bloquee y también mantener la dirección del

vehículo en la acción constante de frenado, en este sistema la presión que se ejerce sobre los discos de freno es aproximadamente de 10 a 15 veces más con respecto a un sistema de freno convencional.

Por la presión que se ejerce es necesario determinar el líquido de frenos adecuado para el vehículo el cual estará dictado por el fabricante. Para este estudio se usó tres líquidos de freno distintos (DOT 4, 4.1 Y 4.1 V2), como se mencionó anteriormente la presión que se ejerce es mayor en el sistema ABS pero esto se ve afectado por el porcentaje de humedad que llega a generarse en los líquidos al pasar del tiempo, con esta premisa se procedió a realizar pruebas de temperatura de ebullición con el equipo Bosch BFT-100 con la finalidad de determinar qué sucede con el líquido al llegar a su temperatura de ebullición teniendo en cuenta que se agregó intencionalmente porcentajes de agua (0%, 1% y 4%) para este proceso se realizó con una muestra de 25 mm de cada líquido que se introdujo en el calentador del equipo por treinta segundos, cada prueba se realizó en un intervalo de doce horas para obtener datos acertados que se muestran en esta tabla.

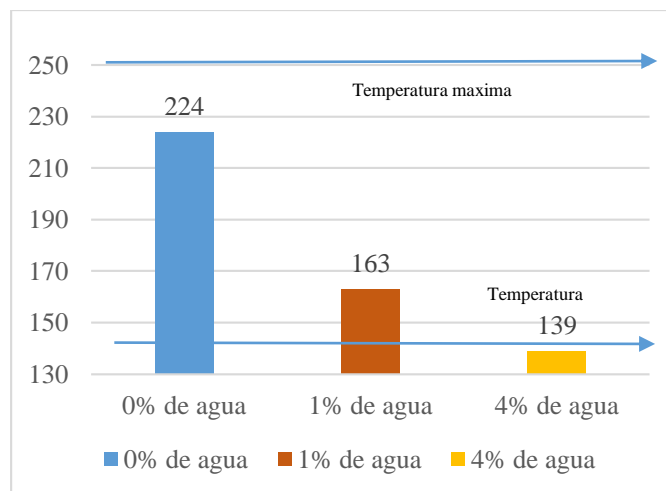
**Tabla 18.** Resultados de temperatura de ebullición a una temperatura mínima de 155°C

Nombre	Porcentaje de agua	de Temperatura de ebullición	de Temperatura mínima
DOT 4	0%	224°C	155°C
	1%	163°C	155°C
	4%	139°C	155°C
DOT 4.1	0%	258°C	155°C
	1%	246°C	155°C
	4%	177°C	155°C
DOT 4.1 V2	0%	264°C	155°C
	1%	230°C	155°C
	4%	171°C	155°C

**Fuente.** (Autores, 2021)

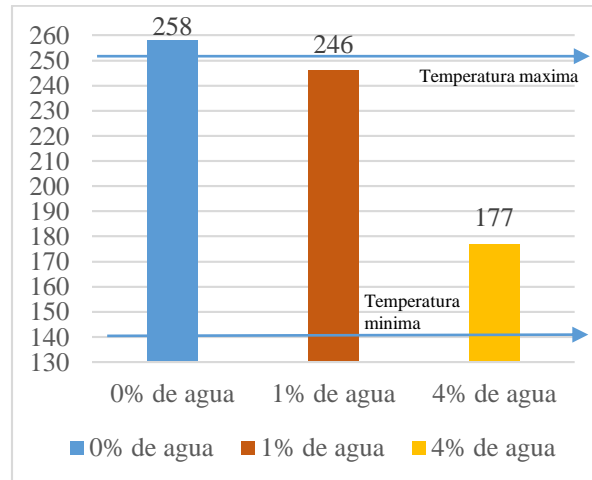
Como se puede evidenciar todos los líquidos usados al 4% de agua baja su rendimiento en la acción de frenado porque basado en la captación de agua de este su temperatura de ebullición baja drásticamente puesto que en el sistema el 4% de humedad genera burbujas de vapor, que son

comprensibles a diferencia del líquido lo cual indica que el freno perdería eficacia. Para esto se tomó en cuenta todos los elementos del sistema de frenado ya que este, como todos los sistemas del vehículo funcionan en conjunto. En el gráfico X1 se determinó una comparación de rendimiento del freno basado en la temperatura de ebullición entre los tres líquidos.



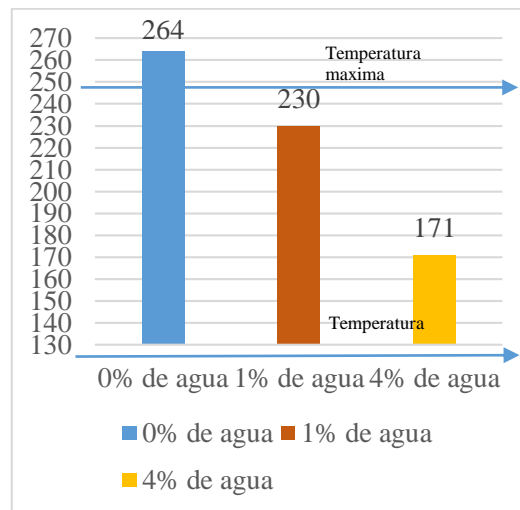
**Gráfico 2.** Temperatura de ebullición DOT 4  
**Fuente:** (Autores, 2021)

En el caso DOT 4 su temperatura de ebullición con el 4% de agua es muy baja ya que incluso el mismo equipo recomienda el cambio, el líquido de frenos DOT 4 por normativa la temperatura mínima de ebullición es 155 °C y su máximo es de 255 °C, pero puede excederlo, al 1% llega a estar al límite de cambio lo que hace de este líquido ineficiente para el frenado cuando este genera humedad además de que el líquido se deterioraba de manera significativa con respecto a los otros líquidos analizados.



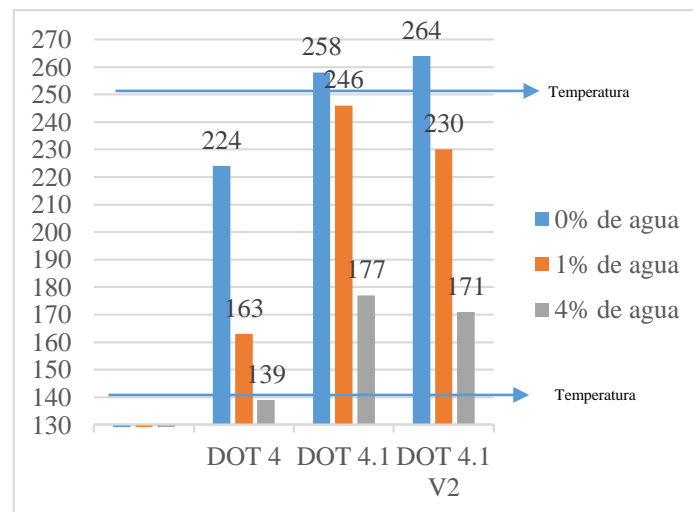
**Gráfico 3.** Temperatura de ebullición DOT 4.1  
**Fuente:** (Autores, 2021)

El líquido de frenos DOT 4.1 tiene una mejoría relevante con respecto al líquido anterior porque cuando se habla de eficiencia de frenado hablamos de estabilidad en las propiedades hidráulicas que posee el líquido antes de su punto de ebullición en este caso se evidencio que el líquido responde de mejor manera a la captación de agua en sus distintos porcentajes, haciéndolo un líquido eficiente para el frenado en sistemas ABS ya que logra mantener la presión de frenado.



**Gráfico 4.** Temperatura de ebullición 4.1 V2  
**Fuente:** (Autores, 2021)

En el líquido de frenos DOT 4.1 V2 se muestra una mejoría en el líquido en el estado natural pero se evidencia una caída de temperatura cuando embulle al 1% y cuando está al 4% de agua su punto de ebullición baja considerablemente con respecto a su antecesor, se evidencia que existe una mejora pero cuando se trata de frenado el líquido varía de manera significativa al momento de la captación de agua lo cual no lo hace ideal para la acción de frenado en largos intervalos ya que este se deteriora de manera más rápido con respecto al líquido de frenos DOT 4.1 cuando éste capta humedad lo cual no lo hace estable en su rendimiento pleno.



**Gráfico 5.** Gráfico de temperatura de ebullición general  
**Fuente:** (Autores, 2021)

En el siguiente gráfico se puede ver de manera general el líquido de frenos usado y sus distintos porcentajes de agua, como se explicó el líquido de frenos con mejor rendimiento es el DOT 4.1, cabe recalcar que lo que se busca es que el líquido logre mantener la presión de frenado cuando en este se genera humedad sin desbalancear de manera significativa la acción de freno, gracias al análisis se determinó incluso el líquido con menor rendimiento que resultó ser el líquido base DOT 4. En el estudio se determinó un límite en el porcentaje de captación de agua en cada muestra a 4%, cuando este porcentaje se excede en el líquido de frenos este se considera ineficiente para el sistema puesto que no llegaría ni a la temperatura mínima para su funcionamiento sin perder sus propiedades hidráulicas, lo cual genera que el sistema de frenos sea propenso a fallar o incluso a no lograr el frenado del vehículo.



## Conclusiones

A lo largo de la investigación fue posible determinar que el sistema de frenos en los vehículos con sistema ABS influye de manera directa la captación de agua en el sistema, ya que de las muestras que se analizaron se obtuvieron resultados, los cuales dan a conocer que la captación de agua en el sistema variará en la viscosidad del líquido de frenos, generando mayor velocidad de respuesta ya que se reduce la viscosidad del líquido de frenos, además de la presencia de un fenómeno por la captación de agua en el líquido de frenos conocido como Vapor lock que surge antes de la ebullición del líquido de frenos tomando en cuenta que no comienza a una temperatura fija y que reducirá la eficiencia de frenado.

Basado en la comparación que se realizó de todos los líquidos de freno se determinó que el mejor en la acción de frenado al 0% de agua es decir en su estado natural es del DOT 4.1 V2, esto es por la cantidad de boratos que este tiene en su composición, pero para determinar un rendimiento pleno del líquido se debe tomar en cuenta que el líquido al sufrir introducción de agua en su sistema debe tener la capacidad de mantener sus propiedades sin alterar de manera significativa la acción de frenado, como se evidencia en las pruebas de temperatura de ebullición y de viscosidad cinemática en el apartado anterior se evidencia que el líquido con capacidad de funcionar adecuadamente con humedad en el sistema ABS es el DOT 4.1 ya que es el más estable en comparación a los demás líquidos en los diferentes porcentajes que se analizaron.

De acuerdo a las pruebas realizadas de temperatura de ebullición que se realizó, el líquido DOT 4 que es usado en los vehículos que nueva generación actualmente, ahora bien, de acuerdo al estudio se determinó que se realice el cambio entre DOT 4 a DOT 4.1 para tener un mejor rendimiento en el frenado ya que en los vehículos convencionales la humedad en el sistema es muy propensa a generarse, con esta mejora de líquido el vehículo frenaría a pleno rendimiento incluso cuando se genere humedad en el sistema, en el caso del líquido DOT 4.1 V2 por su cantidad de boratos y su excedente de eficiencia en temperatura se delega su uso exclusivo en vehículos de alta gama con sistemas de frenado con ABS y EBD ya que poseen mejoras en sus prestaciones con respecto al sistema de frenos de los vehículos convencionales.

## Referencias

1. "QUALCO", L. M. (2021). *Entrega de muestras*. QUITO.
2. 3, Š. Č.-R.-J. (19 de 12 de 2006). *THE SPECIFICS ASPECTS OF BRAKE FLUIDS EVALUATION IN OPERATION* . Recuperado el 11 de 11 de 2021, de <https://pernerscontacts.upce.cz/index.php/perner/article/view/1404/1180>
3. Akira Kawakami!, A. S. (2000). Control method for brake vapor lock in automobiles. En *SAE of Japan* (págs. 73 - 78). Japan: ELSERVIER.
4. Antonio, A. S. (2016). Eficacia y distancia de frenado. *Publicaciones didácticas*(74), 341, 345.
5. Autores. (2021). *Proyecto influencia de la viscosidad en la calidad y eficiencia del frenado en el sistema ABS*.
6. BUSTAMANTE, J. F. (2018). *VALIDACIÓN DE LA NORMA ASTM D445 PARA LA MATRIZ DE JET A-1, EN EL CENTRO NACIONAL DE CONTROL DE CALIDAD DE HIDROCARBUROS DE LA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL HIDROCARBURIFERO*. Recuperado el SEPTIEMBRE de 2021, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/16486/1/T-UCE-0017-IQU-009.pdf>
7. CEA, F. (2020). *Frenar con ABS*. (Comisariato europeo del automovil ) Recuperado el septiembre de 2021, de <https://www.seguridad-vial.net/conduccion/conducir-seguro/73-frenar-con-abs>
8. Cerrato. (2009). *Mecánica del automóvil* . (Blogger) Recuperado el 12 de noviembre de 2021, de <http://mecanicayautomocion.blogspot.com/2009/03/sistemas-de-seguridad-en-el-automovil.html>
9. Compralubricantes.com. (17 de marzo de 2017). *¿Qué es el líquido de frenos y qué tipos hay?* Recuperado el septiembre de 2021, de <https://compralubricantes.com/blog/que-es-el-liquido-de-frenos-y-que-tipos-hay/>
10. Diego Francisco Sanmartín Vaca, M. A. (Noviembre de 2017). *Repositorio UIDE*. Recuperado el 22 de 02 de 2022, de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2491/3/T-UIDE-1783.pdf>
11. Energiteca. (8 de julio de 2019). *¿Qué significa `DOT` en el líquido de frenos?* (Energiteca) Recuperado el 10 de noviembre de 2021, de [https://energiteca.com/contenidos/tip/DOT\\_en\\_%20el\\_liquido\\_de\\_frenos%20](https://energiteca.com/contenidos/tip/DOT_en_%20el_liquido_de_frenos%20)

12. Ing. Ligia Moscoso, I. E. (2020). *Procedimiento de preparación de muestras convenio Qualco - Uide*.
13. INTERNATIONAL, A. (25 de mayo de 2018). *Método de prueba estándar para determinación de la viscosidad cinemática de líquidos transparentes y opacos (y cálculo de la viscosidad dinámica)*. Recuperado el SEPTIEMBRE de 2021, de <https://www.astm.org/Standards/D445-SP.htm>
14. Jung Kao, C. T. (2014). *Hidrophilic Characterization of Automotive Brake Fluid*. Recuperado el 12 de 11 de 2021, de <file:///C:/Users/User/Desktop/brake%20fluid%20moisture%20measurement.pdf>
15. LACBAL. (2021). *INFORME DE ANÁLISIS DE RESULTADOS*. Quito.
16. Marzieh Salehi, A. B. (16 de 06 de 2020). *Parameter Optimization for a laboratory friction tester to predict tire ABS braking distance using design of experiments*. Recuperado el 10 de 11 de 2021, de <file:///C:/Users/User/Desktop/abs%20tire%20tester.pdf>
17. mas.com, M. y. (marzo de 2011). *¿Cómo frenar de forma eficiente?* Recuperado el septiembre de 2021, de <https://motoresymas.com/cont-tecnico/como-frenar-de-forma-eficiente/>
18. Murillo, S. (15 de Noviembre de 2020). 11% de las muertes por accidentes viales ocurren en las Américas. *El Telégrafo*.
19. Murillo, W. (2008). *La investigación científica*. Recuperado el 28 de septiembre de 2021, de <http://www.monografias.com/trabajos15/invest-cientifica/invest-cientifica.shtml>
20. Nickolay Podoprigora, V. D. (2018). *Science Direct*. Recuperado el 07 de 2021, de [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
21. Omowaye, O. F. (2021). Significance of viscosity and thermal conductivity variation parameters on the dynamics of Newtonian fluid conveying tiny particles over a convectively heated surface. *ScienceDirect*, 7.
22. Parera, A. M. (1993). *Frenos ABS*. Marcombo.
23. Peter Keith Brian HodgesBSc., F. (1996). Hydraulic Brake Fluids. En *Hydraulic Fluids* (págs. 144 - 149). Butterworth Heinemann.
24. S. Nadasabapathy, S. R. (s.f.). Analysis of fluid behaviour inside the brake lines in non anti-lock braking. *ScienceDirect*, 7.

25. Solares, R. E. (junio de 2006). *Frenos ABS*. Recuperado el 1 de septiembre de 2021, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0509\\_M.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0509_M.pdf)
26. Tecnova. (2020). *Disco de frenos Fremax*. Recuperado el 11 de 11 de 2021, de <https://www.boschecuador.com/shop/producto?id=4853>
27. teroson, l. (s.f.). *Conociendo los distintos tipos de líquido de frenos*. (Ruta 401) Recuperado el septiembre de 2021, de <https://blog.reparacion-vehiculos.es/tipos-de-liquido-de-frenos>
28. Vytenis Surblis, E. S. (2015). Research of vehicle brake Testing efficiency. *ScienceDirect*, 7.
29. Yunes A. Cengel, J. M. (2006). Viscosidad. En *Mecánica de Fluidos* (págs. 46 - 50). México: McGraw-Hill.