UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE VISCOSIDAD DEL ACEITE EN UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA EN VEHÍCULOS LIVIANOS

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

AUTOR
EDIEE MAURICIO RUFASTO VARGAS

ASESOR
Ing. HUGO WALTER MUNDACA GUERRA

Chiclayo, 2019

DEDICATORIA

A Dios por estar siempre a mi lado y por haberme dado tantas bendiciones a lo largo de mi vida, como a las personas que dedico esta tesis. Gracias por haberme iluminado en los momentos más críticos de la carrera y gracias por permitirme sentir todos los días tu amor. Sin Dios no sería nada.

A mis padres, Ana y Cesar, que han sido las personas que me han guiado durante toda la vida, criándome con amor, brindándome valores y enseñando siempre con el ejemplo. Todo lo que soy se los debo a ellos, gracias por su apoyo incondicional he logrado todo. Gracias por haberme traído al mundo y darme lo mejor de ustedes. Ustedes son los mejores padres del mundo, los amo con todas mis fuerzas.

A mis hermanos, por haber sido cómplices en una infinidad de aventuras y travesuras de niños, que en ocasiones seguimos haciendo. Ellos siempre estarán en mi corazón, y estamos unidos por un lazo irrompible. Gracias por haber estado siempre a mi lado, mejorando juntos y saliendo delante de la mejor manera.

A mis mejores amigos, por darme el impulso para seguir adelante y hacer bien las cosas. Las personas más importantes que conocí del colegio y de la carrera; amigos, hermanos que cualquier persona desearía tener. Gracias por apoyarme siempre sin importar en la circunstancia en la que me encuentre, gracias por darme valor, fuerza y esperanza.

A mis abuelos, que, aunque ya no estén conmigo, me enseñaron a nunca dejarme vencer y salir adelante. Le agradezco a Dios por permitirme haber conocido a Cesar Vargas Pflucker, gran hombre, que me enseño como ser un caballero. Y le agradezco también por permitirme haber conocido a Consuelo Arnao, con las que pude conocer el cariño de una abuela, a su manera.

AGRADECIMIENTOS

Ante todo, darle gracias a Dios por regalarnos la vida y la oportunidad de terminar este proyecto para optar al título de Ingeniero Mecánico Eléctrico, porque es él quien nos regaló la sabiduría, la fortaleza y nos prestó la vida para terminar esta meta, que ha sido de muchos sacrificios, pero que gracias a ti padre celestial, ya se están viendo los resultados y las buenas oportunidades que van a llegar a nuestras vidas.

A nuestros padres, hermanos, tías y abuelos, expresarle nuestros deseos de gratitud por ese apoyo incondicional y por todos los buenos deseos que nos daban día tras día para que saliéramos adelante y se hiciera realidad este sueño. También darles gracias a nuestros profesores por sus enseñanzas y al Ingeniero James Celada por habernos adoptado en este proyecto. Además, para todos aquellos que estuvieron presentes en este proyecto y que aportaron su granito de arena, un Dios les pague por ese granito de arena para la realización de este gran paso en nuestras vidas y darles nuestros más sinceros agradecimientos…

RESUMEN

En este proyecto se realizó la implementación de un sistema de medición de viscosidad de aceite en un motor de combustión interna, con la finalidad de que el usuario obtenga información detallada de la degradación del aceite en el motor de su vehículo, garantizando la verdadera vida útil, y manteniendo de forma correcta su motor ante posibles recalentamientos, fundiciones y desgastes de sus componentes; las cuales pueden ser prevenidas por un sistema que transmita en un intervalo de tiempo los datos de la viscosidad del aceite a una pantalla lcd que pueda ver el usuario.

Los datos del sistema de medición son adquiridos por un sensor que está en el conducto de derivación doble, posterior al paso del filtro de aceite, y enseguida envía la información a una pantalla lcd que le muestra al usuario la degradación de la viscosidad del aceite del motor de su vehículo, el conductor va a estar enterado del comportamiento de las características del aceite internas del motor. En el momento que la información llega del sensor, esta es procesada por un microcontrolador que se encarga de verificar si las variables del sistema están dentro de los rangos establecidos, sino se presenta ninguna novedad en los datos, el sistema sigue funcionando normalmente; pero en el momento en que la viscosidad del sistema de lubricación llegue a descender o ascender fuera de los parámetros, inmediatamente será generada una alarma. Esta alarma será una alerta al usuario indicando que posiblemente va a tener un daño grave en su vehículo.

PALABRAS CLAVE: Degradación del aceite, motor de combustión interna, viscosidad.

ABSTRACT

This project implemented an oil viscosity measurement system in an internal combustion engine, so that the user obtains detailed information about the degradation of the oil in the engine of his vehicle, guaranteeing the true useful life, and maintaining your engine properly due to possible overheating, smelting and wear of their components; which ones would be prevented by a system that transmits in a time interval the viscosity data of the oil to a touch screen that the user can see.

The data of the measuring system are acquired by a sensor which, it's in the double bypass after the oil filter, and then sends the information to a touch screen which the user shows the viscosity degradation in the motor of your vehicle, the driver will be aware of the behavior of the internal engine oil characteristics. At the moment the information arrives from the sensor, it is processed by a microcontroller that is in charge of verifying if the system variables are within the established ranges, but if that new data wasn´t presented, the system continues to function normally; but at the moment when the viscosity of the lubrication system drops or rises outside the parameters, an alarm will be generated immediately. This alarm will alert the user to the possibility of serious damage to their vehicle.

KEYWORDS: Oil degradation, internal combustion engine, viscosity.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un sistema de medición de viscosidad del aceite en un motor de combustión interna en vehículos livianos.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar los datos sobre el estado de viscosidad del aceite en vehículos livianos.
- Analizar los parámetros físicos que intervienen en la degradación del fluido (aceite del motor).
- Diseñar el sistema de medición y su sistema electrónico hacia el tablero, para su visualización de la degradación del aceite de motor.

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE FIGURAS

Pág.

LISTA DE TABLAS

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, debido a los avances en la industria automotriz. La cual es una industria muy importante, en donde se requiere de un manual de mantenimiento preventivo para el correcto funcionamiento del automóvil. Entonces nos preguntamos: ¿Por qué los mantenimientos deben ser preventivos y correctivos? Si haciendo uso del mantenimiento predictivo encontramos mayor duración en un auto estándar.

Pues, muchas respuestas acerca de esta pregunta van a un interés automovilístico. La cual a nivel mundial es muy importante en la sociedad, sin dejar de producir avances tecnológicos que ayuden al público, las cuales son cada vez más atractivos económicamente. Por ello, la aplicación de este diseño podría evitar el uso de mantenimiento correctivo a un futuro cercano o algún accidente por algún motivo relacionado con el funcionamiento del motor.

¿Por qué elegimos vehículos livianos?, porque vemos una masificación superior de las mismas, permitiendo mayor obtención de información. Por ello, vemos motores recalentados o en algunos casos un desgaste considerable a causa de no haber cambiado el aceite según su uso. Esta necesidad no solo ayudaría en los vehículos livianos, sino se consideraría una posible aplicación en maquinaria pesada.

Un sistema de medición que le pueda indicar el nivel de desgaste del aceite de motor evitaría accidentes externos e internos en el automóvil. Y para las personas, significaría un ahorro importante a largo plazo.

Por ello la introducción del sistema de medición en la industria automotriz, es posible mediante un sensor, llamados sensores de proceso o sensores en línea y con el acoplamiento de un sistema electrónico hará posible llevar al usuario de una manera sencilla los datos de viscosidad, para lo cual ellos decidirán realizar el cambio de aceite en el momento o a la máxima brevedad posible.

La existencia de un viscosímetro de proceso, es posible gracias a la aplicación de la misma en otras industrias, para ello es posible que utilicemos un sensor de la marca Schneider – Telemecanique OsiSense XS o Avenisense Cactus para luego montar el sistema electrónico la cual llevara la señal del sensor de viscosidad a el tablero electrónico del auto, y poder mostrar el comportamiento del aceite de motor en el vehículo.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

Peña Martínez, "Viscosímetro con base de un PIC18F4550". Universidad Nacional Autónoma de México – 2012; realizaron el diseño de un viscosímetro con un sistema electrónico, el cual mostraría los resultados del estudio de viscosidad a través de un microcontrolador PIC18F4550 y con interfaz a una PC mediante el puerto USB.
Tomando un diseño ya existente, acoplando este sistema electrónico y la cual se puede llevar la información a una PC, encontramos la facilidad de envío de información del instrumento de medición portátil hacia el destino que sea de mayor aprovechamiento para el usuario.

Arboleda Arboleda, "Diseño de un sistema de protección electrónica para el sistema de lubricación de un motor". Universidad Tecnológica de Pereira – 2014; realizaron la implementación de un sistema de protección al sistema de lubricación de un motor de combustión interna, esto con el fin de darle una alternativa al usuario que tiene un vehículo de gama baja y que no tiene como observar los datos de su sistema de lubricación, exponiéndolo a posibles fallas mecánicas y sobrecostos en las reparaciones.
Por intermedio de un sensor, la cual será procesada por un microcontrolador que se encarga de verificar si las variables del sistema están dentro de los rangos establecidos, sino se presenta ninguna novedad en los datos, el sistema sigue funcionando normalmente, pero en el momento en que la presión del sistema de lubricación llegue a fallar o descender, inmediatamente será generada la alarma.

2.1.1 Productos similares existentes

1) <u>Hydramotion XL/7</u>

   Viscosímetro de proceso distribuida por Anisol Equipos S.L., instrumento de altas prestaciones para medida continua y en línea de la viscosidad de fluidos de proceso.

   Su sensor de acero inoxidable se sumerge en el fluido y gira microscópicamente sobre su propio eje a una elevada frecuencia; por ello se llama resonante. La ausencia de partes móviles, mecánicas, sellos o uniones permite una gran tolerancia a condiciones de proceso complicadas durante largos períodos de tiempo sin necesidad de mantenimientos.

   Trabaja en superficie completa, lo que significa que puede funcionar con fiabilidad en tanques o líneas de cualquier tamaño, y que las medidas de este instrumento de que se puede apreciar en la Figura N°01, son independientes de la posición en el tanque o la tubería.

   Los rangos de funcionamiento son de hasta 1 000,000 cPs y 450 °C [1].

Figura N°01: Viscosímetro de proceso Hydramotion XL/7

Fuente: https://hydramotion.com/en/products/xl7

2) MIVI

Viscosímetro de tipo vibrante la cual se puede apreciar en la Figura N°02, desarrollada por la compañía francesa SOFRASER, aplicada en múltiples sectores industriales.

El tiempo de respuesta del sensor es casi nulo, y la información de estabilidad y variación de viscosidad es disponible de manera continua, permitiendo controlar los procesos aún en presencia de fenómenos transitorios o perturbaciones rápidas.

La ausencia de partes en movimiento evita el desgaste y garantiza una perfecta estabilidad en el tiempo sin deriva y un mantenimiento casi nulo.

El funcionamiento a alta velocidad de cizallamiento, que reduce la sensibilidad de la medida a las variaciones de velocidad y flujo cuando el producto es pseudo plástico o rheofluidificante, es perfectamente adaptado a las medidas en proceso [2].

Figura N°02: Viscosímetro de proceso MIVI.

Fuente: https://www.viscosimetro-de-proceso.es/tag/viscosimetros-vibrantes/

3) L-Vis 510

Desarrollada por Anton Paar, muestran de forma continua la viscosidad a la temperatura del proceso y la temperatura de referencia, lo que permite el monitoreo las 24 horas de: petroquímicos, lubricantes, detergentes, revestimientos, adhesivos de almidón, barbotina de cerámica, viscos y muchos más líquidos de proceso.

Diseñados para medir a tres velocidades distintas del cilindro de medición [3]. También para aplicaciones de proceso y el funcionamiento en condiciones agresivas, la cual se puede ver en la Figura N°03.

Figura N°03: Viscosímetro de proceso L-Vis 510

Fuente: https://sai-tech.mx/webpage/category/anton-paar-proceso-viscosimetro-en-linea/

2.1.2 Problemática actual de los productos similares existentes

Una de la problemática de los productos es el costo elevado, y la aplicación en limitadas industrias, ya que, no está orientada hacia la industria automotriz. El producto al ser muy sofisticado y brindar fiabilidad se limita a empresas que cuenten con muchos recursos y busquen la solución más óptima a problemas referidos con el control de viscosidad en sus diferentes sistemas no automatizados en la empresa.

2.1.3 Planteamiento del problema

La aplicación de un instrumento de medición de proceso, o portátil de viscosidad en el sistema de lubricación del motor de combustion interna en un automóvil de gama baja o intermedia no existe, siendo limitada por un mantenimiento preventivo otorgada por la empresa fabricante mediante los manuales de fabricante, y ya que en algunos casos el aceite o lubricante de algún sistema del vehículo es enviado a un analizador de aceites estacionario por envío de muestras y recepcionado a los días

con un análisis más detallado. Por ello, para que determinar tantos parámetros para un cambio de aceite a través de un mantenimiento predictivo, a través del diseño de un sistema de medición de viscosidad de proceso.

2.1.4 Requerimientos del diseño

2.1.4.1 Componentes de un motor de combustion interna

El estudio previo de los componentes del motor de combustion interna nos facilitará el entendimiento del sistema de lubricación y ahorrará detalles de su funcionamiento orientado a una investigación más profunda. Las cuales se presentarán a continuación:

1) Cabeza o culata de cilindros
   Constituye la parte alta del motor y va montada sobre el monobloque. Sirve de base al árbol de levas, los buzos hidráulicos y las válvulas, así como las guías de esta y los resortes. Forma asimismo la parte superior de la cámara de combustion [4].

2) Monobloque
   Es la pieza más grande del motor y constituye su cuerpo básico. En él se alojan y trabajan los principales componentes, accesorios y mecanismos [4].

3) Cigüeñal
   Es la "columna vertebral" del motor, recibe el empuje de las bielas y los pistones. Su movimiento giratorio es aprovechado tanto para aplicarlo al desplazamiento del vehículo como para mover los agregados del motor. Dispone de venas para el flujo del aceite que lubrica los muñones de biela y de bancada [4].

4) Árbol de levas
   Es una barra con excéntricas accionadas por el cigüeñal por medio de una banda presentada o una cadena, va montada en la culata de motor (a la cabeza) y su trabajo consiste en accionar las válvulas en forma sincronizada con las carreras de los pistones. Esta disposición mecánica reduce el número de componentes y elimina la necesidad de mantenimiento [4]. (Ver: buzos hidráulicos)

5) Pistón
   Va alojado en un cilindro del monobloque, constituye la parte inferior de la cámara de combustion; recibe el empuje de la explosión y se desplaza dentro del cilindro con un movimiento rectilíneo y reciprocante. Dispone de ranuras donde van alojados los anillos y cuenta con un perno con el que se conecta la biela [4].

6) Anillos de pistón (Segmentos)
   Son aros abiertos que una vez montados en las ranuras del pistón y a la temperatura de trabajo del motor, prácticamente quedan cerrados. Su trabajo consiste en cerrar los espacios entre el pistón y el cilindro. [4].

7) Cilindro
Es una cavidad maquinada dentro del monobloque que sirve de alojamiento para el pistón y dentro de la cual trabaja este. Forma las paredes de la cámara de combustion y la superficie. El acabado de su superficie tiene un microrrayado para mantener el aceite (película lubricante) entre los anillos y el cilindro [4].

8) Biela
Constituye el eslabón entre el pistón y el cigüeñal, transmitiendo el empuje de aquel hacia este. Dispone de una vena de lubricación y su trabajo fundamental consiste en convertir el movimiento rectilíneo y reciprocante del pistón, en movimiento giratorio del cigüeñal. En sus extremos tiene dos "ojos", la menor aloja el perno del pistón, y el mayor (abierto) se instala en el muñón del cigüeñal [4].

9) Buzos hidráulicos
Se encargan de transmitir el movimiento de las levas hacia las válvulas para abrirlas. Su principal característica es que eliminan la necesidad de ajustes y calibraciones pues desaparecen por completo los entrehierros y por lo tanto los juegos de tolerancias [4].

10) Válvulas
Accionadas por las levas a través de los buzos, las de admisión abren o cierran el paso del aire exterior hacia los cilindros. Las de escape abren o cierran la salida de los gases del interior de los cilindros hacia el exterior a través de múltiples del mismo nombre [4].

11) Cárter
(Charola de aceite). Es un depósito que colecta el lubricante del motor y se encuentra ubicado en la parte inferior del monobloque, cubre al cigüeñal y a la bomba de aceite, y esta toma de ahí el necesario para su función [4].

12) Tapa de válvulas
Constituye la parte superior del motor y cubre al árbol de levas. Generalmente se encuentra en ella el tapón hermético para el rellenado de aceite [4].

13) Distribución
Consiste básicamente en una pareja de engranes que puede estar endentados entre sí o por medio de una banda dentada o una cadena. El engrane superior, que corresponde al árbol de levas, es movido por el engrane inferior, que corresponde al cigüeñal, con una relación de 2:1; es decir que el engrane del árbol de levas tiene el doble de dientes que el del cigüeñal [4].

14) Volante del motor
Es un disco pesado cuya función básica es acumular la inercia del cigüeñal, al que va atornillado en su extremo posterior. Sirve también de superficie de trabajo para el disco de embrague y cuenta con una cremallera (rueda dentada) periférica

donde aplica el engrane de mando del motor de arranque (marcha) para hacer funcionar el motor [4].

15) Alternador
Aparato generador de corriente eléctrica, movido por el motor a través de una banda "V". Su eficiencia es alta debido a que produce corriente aún a bajas revoluciones del motor y su trabajo consiste en mantener la batería a su nivel de carga, así como proveer al motor y al vehículo con la energía eléctrica necesaria para cubrir cualquier demanda, mientras el motor está funcionando [4].

16) Bomba de aceite
Accionada por el motor por medio de engranes, proporciona la presión de aceite necesaria para mantener lubricados los elementos móviles del motor. Toma el aceite necesario succionándolo del cárter y regula la presión por medio de válvulas para mantenerla adecuada en cualquier circunstancia de funcionamiento [4].

17) Bomba de agua
Del tipo de propela, es movida por el motor por medio de una banda. Mantiene en circulación el líquido refrigerante a través de las galerías de enfriamiento del monobloque y de la culata hasta el radiador [4].

18) Múltiple de admisión
Unidad de conductos que dirigen el aire requerido para la combustion hasta la entrada de cilindros en la culata. Generalmente son tantos los ductos como el número de cilindros del motor [4].

19) Múltiple de escape
Unidad de ductos que se ocupa de llevar los gases residuales de la combustion, desde la culata hasta el tubo de escape [4].

20) Bayoneta
Varilla plana y flexible que sirve para medir el nivel de aceite lubricante dentro del cárter del motor para lo que dispone de marcas que indican los niveles mínimo o máximo [4].

21) Termostato
Dispositivo termosensible que opera por dilatación y se encuentra ubicado en el curso del líquido refrigerante. Su válvula cierra el flujo de este cuando el motor esta frio y evita que pase por el radiador para acelerar el periodo de calentamiento. Conforme el motor alcanza su temperatura de trabajo la válvula se abre paulatinamente y viceversa en el proceso de enfriamiento [4].

22) Filtro de aceite
Se encuentra instalado en el flujo de lubricante y se encarga de dejarlo libre de impurezas: carbonilla resultante de la combustion, partículas de metal, rebabas,

etc., que pudieran dañar o acelerar el desgaste de las partes móviles del motor. Algunos motores, debido a las características de su trabajo, incorporan en la base del filtro un enfriador de aceite. El elemento filtro debe reemplazarse periódicamente [4].

23) Distribuidor
Mecanismo encargado de enviar los impulsos eléctricos de alto voltaje, generados por el transformador de encendido en las bujías. Es un dispositivo giratorio, movido por el motor. Los impulsos eléctricos salen de él en forma consecutiva a través de cables que se conectan a las bujías [4].

24) DIS (Distributorless Ignition System)
Sistema de encendido sin distribuidor, totalmente electrónico. Se basa en las señales de dos sensores, uno inductivo (magnético) que registra las rpm del cigüeñal y otro tipo Hall que realiza el mismo trabajo pero en el árbol de levas. Ambos envían sus señales a la Unidad de mando y esta define el momento de la inyección y el avance al encendido. Carece de partes móviles por lo que no sufre desgaste [4].

25) Bujía
Constituye la etapa final de cualquier sistema de encendido y su función consiste en producir la chispa que servirá para inflamar la mezcla aire combustible. Consiste en un electrodo central (+) dentro de un aislador montado a su vez en un cuerpo de metal (-) cuyo extremo roscado se atornilla en la culata de cilindros (cabeza), uno por cada cilindro. Así los electrodos, entre los cuales salta la chispa, quedan en el interior de la cámara de combustion [4].

26) Inyector
Es una válvula electromagnética que va instalada en el múltiple de admisión a la entrada de cada cilindro (inyección directa). Consiste en un solenoide (bobina con núcleo hueco) en cuyo interior se mueve una aguja apoyada por un resorte. La punta de esa aguja mantiene cerrado el orificio de inyección mientras el solenoide no tiene corriente, pero al energizarse este, levanta la aguja de su asiento y permite el paso de gasolina por el orificio. Como aquella viene a presión sale finamente dispersada [4].

27) Transformador de encendido
Dispositivo electromagnético que se encarga de producir, a partir de los doce voltios del sistema, el alto voltaje (30 000 V) necesario para hacer saltar la chispa de encendido entre los electrodos de las bujías. Dispone de una etapa final de potencia que se ocupa de lograr la interrupción eléctrica indispensable para la creación y colapso del campo magnético [4].

28) Cuerpo de mariposa
Dispositivo que controla el paso del aire exterior hacia el motor. Consiste en una válvula de estrangulación accionada por el pedal del acelerador, en la medida en

que se oprime el pedal, la válvula se abre. Se encuentra ubicada a la entrada del múltiple de admisión y dispone de sensores y actuadores para controlar su operación [4].

29) Ventilador
Cuando el vehículo se desplaza, basta con el viento que pasa por el radiador para lograr un buen enfriamiento, pero en tráfico denso, un sensor térmico (bulbo) hace funcionar el motoventilador eléctrico para lograr el mismo efecto. También existen ventiladores con un acoplamiento viscoso que hace girar las aspas en la medida que sube la temperatura del motor. En ambos casos busca que el motor no gaste energía para mover el ventilador cuando no se necesita [4].

30) Radiador
Los radiadores modernos se fabrican generalmente de aluminio para reducir el peso del vehículo. El líquido refrigerante circula por el radiador, impulsado por la bomba, a través de tubos dotados de aletas de enfriamiento que por su gran superficie expuesta al paso del aire, enfrían el líquido refrigerante. Este regresa al motor en un ciclo ininterrumpido que le permite acarrear más calor desde el motor y dejarlo en el aire que pasa por el radiador [4].

31) Motor de arranque (marcha)
Es un motor eléctrico que, alimentado con corriente de la batería y accionado por la llave de encendido, hace girar el motor del vehículo para hacerlo funcionar. Dispone de un mecanismo electromecánico que conecta el piñón (engrane pequeño) de la marcha con la cremallera del volante del motor en el momento de girar la llave y liberándose al soltarla una vez encendido el motor [4].

32) Sensor
Se conoce con este nombre a cualquier dispositivo que envíe una señal hacia la Unidad de mando, indicando las características operativas del elemento que monitorea [4].

33) Actuador
Cualquier dispositivo que, al recibir una señal, procede a efectuar la operación para la que fue diseñado. Este actuador recibe la orden de la Unidad de mando y por medio de un pequeño electromotor hace girar al eje de la mariposa ubicándola en la posición deseada [4].

34) Unidad de mando
Componente electrónico que recibe las señales de los sensores, las procesa y reenvía a los actuadores. Controla las características del encendido y de la inyección del combustible; contiene memoria con valores supletorios promedio, para sustituir la eventual ausencia de datos por falla de algún sensor [4].

35) Embrague

Empleado solamente en vehículos con transmisión manual, su trabajo consiste en acoplar y desacoplar la fuerza del motor con la caja de cambios. Consiste en un disco con pastas de fricción por ambas caras, que se encuentra montado entre el volante y el plato opresor. Es accionado a voluntad por el pedal de embrague (clutch) para efectuar los cambios de velocidad [4].

36) Metales de antifricción

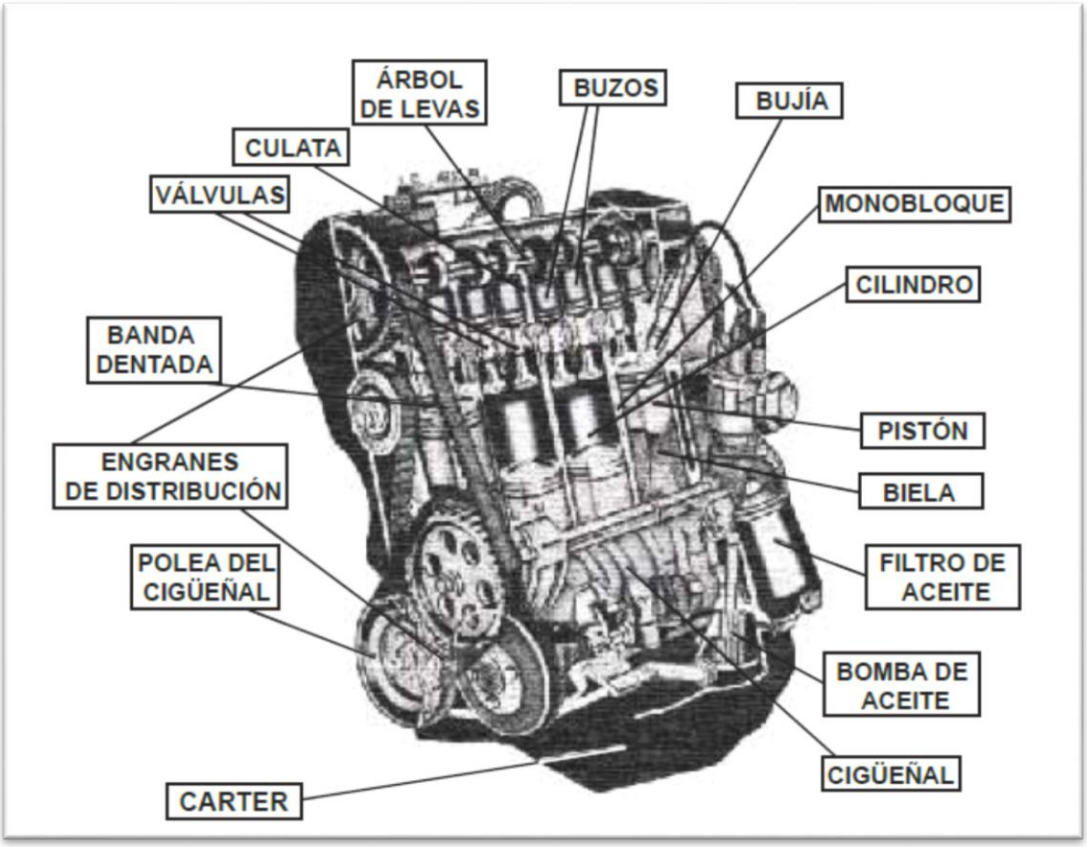
Se encuentran ubicados entre el "ojo" mayor de la biela y el muñón de biela del cigüeñal y están divididos en mitades para su instalación. Este mismo tipo de metales se emplea entre los muñones de bancada del cigüeñal y los puntos de apoyo del monobloque [4].

37) Bulbo de presión de aceite

Instalado en una vena de lubricación, registra la presión del lubricante generada por la bomba. Su trabajo consiste en avisar por medio de una luz piloto y una alarma audible en el tablero de instrumentos del vehículo, una eventual caída de presión del aceite. De presentarse esta, el conductor deberá detener el auto y apagar el motor de inmediato para evitar daños mayores [4].

Representaremos los componentes del motor de combustion interna en la Figura N°04.

Figura N°04: Componentes del motor de combustion interna.



Fuente: http://mariox-bwalker-tareas.blogspot.com/2006_05_01_archive.html.

2.1.4.2 Interpretación de un análisis de aceite

El estudio de un análisis de aceite es un verdadero arte ingenieril, por ello al interpretarlo conlleva conocimientos básico- intermedios de física-química, así como de impacto ambiental y normas de diseño establecidas para su correcto uso del mismo. Por ello tomaremos en cuenta los siguientes factores:

El combustible utilizado:

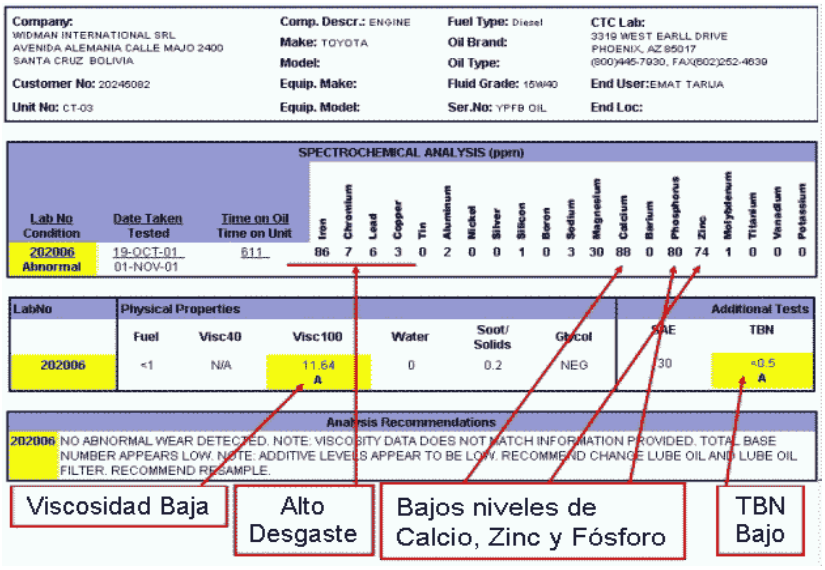
- Diesel: Combustible "sucio", motor de alta compresión, problemas frecuentes con inyectores y bombas inyectoras.
- Gasolina: Combustible relativamente limpio, compresión variable entre modelos, pero menor que los motores a diesel.
- GNC (Gas Natural Comprimido): Combustible limpio, problemas de nitración y oxidación en los aceites, especialmente si son formulados con aceites básicos API grupo I (por alta cantidad de moléculas saturadas que absorben nitrógeno del aire quemado en la combustion) [5].

El uso del motor:

- Camión: Alta carga, normalmente rutas largas.
- Auto particular: Todo rango de velocidad, cargas y tipo de viaje.
- Taxi: Mucho uso en la ciudad utilizando primera y segunda marcha. Pocos kilómetros para muchas horas de trabajo.
- Auto de carrera: Altas velocidades, revoluciones y fuerzas.
- Tractor o implemento agrícola: Una sola velocidad, pocos arranques, menos variables.
- El tamaño del cárter (capacidad del aceite) relacionado al tamaño del motor.
- El aceite utilizado y sus valores originales.
- Las horas o kilómetros que el aceite fue utilizado.
- Uso en carretera o caminos de tierra [5].

La Figura N°05 es una muestra que indica problemas serios con el aceite y su nivel de protección.

Figura N°05: Muestra 01 de un análisis de aceite.



Company: WIDMAN INTERNATIONAL SRL AVENIDA ALEMANIA CALLE MAJO 2400 SANTA CRUZ BOLIVIA	Comp. Descr.: ENGINE	Fuel Type: Diesel	CTC Lab: 3319 WEST EARLL DRIVE PHOENIX, AZ 85017 (800)445-7930, FAX(602)252-4639
Customer No: 20246082	Make: TOYOTA	Oil Brand:	End User: EMAT TARIJA
Unit No: CT-03	Model:	Oil Type:	End Loc:
	Equip. Make:	Fluid Grade: 15W40	
	Equip. Model:	Ser.No: YPFB OIL	

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)

Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil Time on Unit	Iron	Chromium	Lead	Copper	Tin	Aluminum	Nickel	Silver	Silicon	Boron	Sodium	Magnesium	Calcium	Barium	Phosphorus	Zinc	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium
202006 Abnormal	19-OCT-01 01-NOV-01	611	86	7	6	3	0	2	0	0	1	0	3	30	88	0	80	74	1	0	0	0

LabNo	Physical Properties						Additional Tests	
	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/ Solids	Glycol	SAE	TBN
202006	<1	N/A	11.64 A	0	0.2	NEG	30	<0.5 A

Analysis Recommendations

202006 NO ABNORMAL WEAR DETECTED. NOTE: VISCOSITY DATA DOES NOT MATCH INFORMATION PROVIDED. TOTAL BASE NUMBER APPEARS LOW. NOTE: ADDITIVE LEVELS APPEAR TO BE LOW. RECOMMEND CHANGE LUBE OIL AND LUBE OIL FILTER. RECOMMEND RESAMPLE.

Fuente: https://www.widman.biz/Analisis/motores.html

Viscosidad

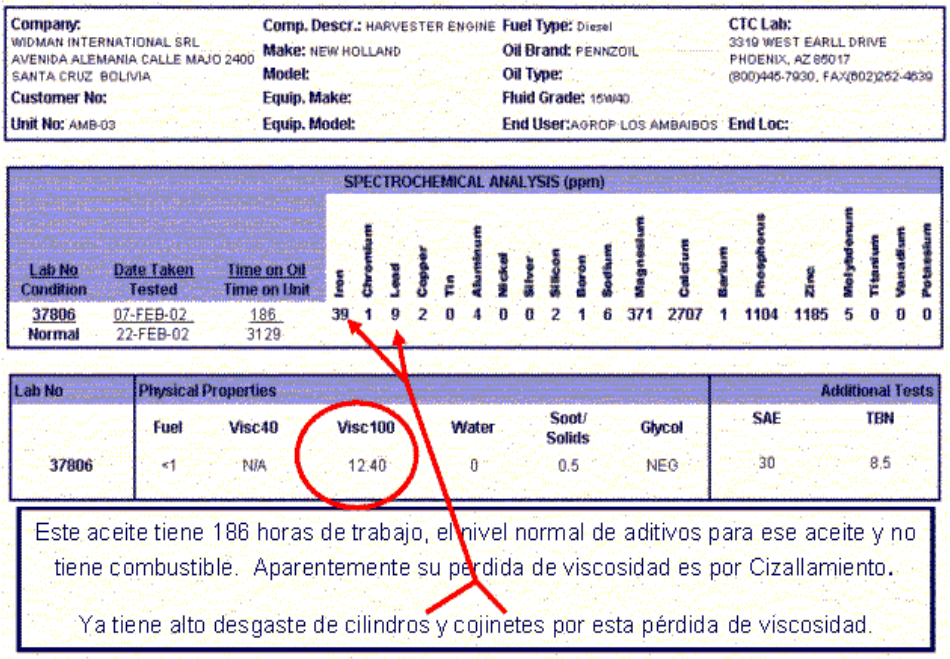
La viscosidad del aceite de motor se mide a 100 °C y debería mantenerse dentro de los rangos establecidos por el API para el grado utilizado. Un SAE 40 o un SAE 12W-40 debería mantenerse entre 12.5 cSt y 16.3 cSt a 100 °C. Variaciones dentro de este rango no son significativas. Para los valores de otras viscosidades vea la tabla SAE J300. La pérdida de viscosidad causara mayor desgaste de cojinetes (plomo, estaño, bronce) por la falta de lubricación hidrodinámica. El aumento de viscosidad puede causar mayor desgaste de anillos y alta presión de aceite que puede abrir la válvula de alivio de presión del filtro de aceite y pasar aceite sucio al motor. Viscosidad, alta causa alto desgaste de cojinetes por lo que demora en llegar en cada arranque. Cuando evaluamos la viscosidad en el reporte, observar:

Si bajo la viscosidad, las causas más probables pueden ser:

- Dilución con aceite más delgado (puede ser aceite hidráulico, de transmisión, u otro, o un SAE 5W-30 aumentando al SAE 15W-40 por error del operario).
- Contaminación por combustible (problemas de inyectores, falta de termostato, viajes cortos, marcha en vacío, etc.).
- Rotura o ruptura de polímeros (utilizados para fabricar el aceite multigrado) por cizallamiento (polímeros baratos, altas temperaturas o presiones, molienda entre los engranajes o anillos).
- Cizallamiento o rotura de aceite base. El aceite básico de baja calidad puede perder su viscosidad.

En la Figura N°06, se observa una muestra con problemas de viscosidad.

Figura N°06: Muestra 02 de un análisis de aceite.



Company: WIDMAN INTERNATIONAL SRL AVENIDA ALEMANIA CALLE MAJO 2400 SANTA CRUZ BOLIVIA	**Comp. Descr.:** HARVESTER ENGINE	**Fuel Type:** Diesel	**CTC Lab:** 3319 WEST EARLL DRIVE PHOENIX, AZ 85017 (800)446-7930, FAX(602)252-4639
Customer No:	**Make:** NEW HOLLAND	**Oil Brand:** PENNZOIL	
Unit No: AMB-03	**Model:**	**Oil Type:**	
	Equip. Make:	**Fluid Grade:** 15W40	
	Equip. Model:	**End User:** AGROP LOS AMBAIBOS	**End Loc:**

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)

Lab No / Condition	Date Taken / Tested	Time on Oil / Time on Unit	Iron	Chromium	Lead	Copper	Tin	Aluminum	Nickel	Silver	Silicon	Boron	Sodium	Magnesium	Calcium	Barium	Phosphorus	Zinc	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium
37806	07-FEB-02	186	39	1	9	2	0	4	0	0	2	1	6	371	2707	1	1104	1185	5	0	0	0
Normal	22-FEB-02	3129																				

Lab No	Physical Properties						Additional Tests	
	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/ Solids	Glycol	SAE	TBN
37806	<1	N/A	12.40	0	0.5	NEG	30	8.5

Este aceite tiene 186 horas de trabajo, el nivel normal de aditivos para ese aceite y no tiene combustible. Aparentemente su pérdida de viscosidad es por Cizallamiento.

Ya tiene alto desgaste de cilindros y cojinetes por esta pérdida de viscosidad.

Fuente: https://www.widman.biz/Analisis/viscosidad.html

Si aumento la viscosidad, las causas más probables pueden ser:

- Oxidación del aceite (alta temperatura, altas revoluciones o baja calidad de aceite básico).
- Cocción del aceite (alta temperatura o baja calidad del aceite base).
- Contaminación por agua o glicol (falla de empaquetadura de culata, perforación de camisas o bloque).
- Contaminación por alta acumulación de hollín (combustible de baja calidad, mala combustión, ausencia o falla de termostato, problemas de bomba inyectora o inyectores).
- Contaminación por tierra (falla de filtro de aire, perforaciones en el sistema de entrada de aire).
- Mezcla con un aceite más viscoso.

En la Figura N°07, se observa una muestra con problemas de contaminación por hollín.

Figura N°07: Muestra 03 de un análisis de aceite

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)

Desgaste

Lab No / Condition	Date Taken / Tested	Time on Oil / Time on Unit	Iron	Chromium	Lead	Copper	Tin	Aluminum	Nickel	Silver	Silicon	Boron	Sodium	Magnesium	Calcium	Barium	Phosphorus	Zinc	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium
241594 Abnormal	30-OCT-03 10-NOV-03	417 4943	92	8	11	24	0	7	0	0	5	0	2	14	3442	0	1277	1326	1	0	0	0
224603 Abnormal	21-SEP-03 17-OCT-03	405 4526	92	9	11	22	0	7	0	0	8	0	3	21	3648	0	1258	1328	1	0	0	0
203456 Normal	23-AUG-03 22-SEP-03	363 4121	75	10	9	9	0	8	0	0	10	1	8	25	3500	0	1145	1249	1	0	0	0
169482 Abnormal	21-JUL-03 07-AUG-03	378 3476	63	4	11	8	0	8	0	0	6	5	0	25	3236	0	1256	1404	6	0	0	0

LabNo	Physical Properties						Additional Tests	
	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/ Solids	Glycol	SAE	TBN
241594	<1	N/A	16.88 A	0	4.0 A	NEG	50	9.0
224603	<1	N/A	17.06 A	0	3.3 A	NEG	50	6.5
203456	<1	N/A	16.66	0	1.8	NEG	50	5.0
169482	<1	N/A	17.31 A	0	3.2 A	NEG	50	6.2

Este aceite tiene alta contaminación por hollín. Este hollín espesó el aceite, causando un aumento en presión del aceite y desgaste de cojinetes y cilindros.

Fuente: https://www.widman.biz/Analisis/viscosidad.html

- Para determinar la causa específica, hay que comparar los ítems arriba mencionados con los contaminantes y contenido aditivos.
- Si el aceite bajo de viscosidad, vea la cantidad de combustible identificado. Normalmente esto debería ser cero, pero un buen aceite puede tolerar hasta un 2% o 3% sin mucho problema, un 10% de combustible puede bajar la viscosidad del aceite SAE 40 a SAE 30. Un análisis del problema y acciones proactivas pueden mantener la cantidad de combustible en cero. Mientras menos combustible tiene el aceite, menos desgaste tendrá el motor. Debe corregir las causas y cambiar el aceite, aunque sea nuevo.
- Si no hay combustible en el aceite y falta viscosidad, revise el nivel de aditivos. Si este nivel también bajo y no tiene relación con el valor original ni de los otros análisis, puede ser contaminación por aceite hidráulico. También pregunte al operador o revise tener su registro de cambios y aumentos de aceite.
- Si falta viscosidad y no tiene los problemas mencionados arriba, hay que pensar en la calidad del aceite. Compare esta muestra con otras para ver la tendencia. Hay que considerar que algunos motores son más "agresivos" con el aceite. Cuando la base de datos muestra un tipo de motor que cizalla aceite, hay que considerar eso en el programa de mantenimiento.
- Si la viscosidad aumentó, lo primero que se revisa es la cantidad de hollín. Un motor diesel puede ser regulado y un buen aceite puede absorber 1% a 2% de hollín sin salir de su rango de viscosidad. Si el nivel de hollín esta alto, revise el sistema de combustión, incluyendo la presión de bomba, limpieza de inyectores y colocación de inyectores en la culata. Utilice un acondicionador de diesel para limpiar todo el sistema. También un alto contenido de hollín puede ser resultado de temperaturas de operación bajas (veces generada por la ausencia del

termostato). El motor tiene que operar entre 80 °C y 100 °C para ser eficiente y no formar lodo en el aceite y el radiador.

- Si la viscosidad aumentó y el hollín está por debajo del 1%, revise si hay contaminación de tierra (silicio); 100 ppm de silicio aumentará la viscosidad del aceite mientras lija los cilindros.
- También cuando se aumenta la viscosidad hay que revisar el nivel de contaminación por agua o glicol (del refrigerante). Si hay agua o refrigerante en el aceite, la emulsión subirá la viscosidad.
- Cuando la viscosidad esta alta, revise los archivos para ver que no se aumentó otro aceite más viscoso.
- Si la causa del aumento de viscosidad no es una de estas, hay que sospechar de la calidad del aceite. Revise el nivel de oxidación (si es que el reporte indica el porcentaje de oxidación). También compare los resultados con los análisis anteriores para ver las tendencias. Un motor refrigerado a aire normalmente tendrá más oxidación que un motor refrigerado por agua. Revise sus aletas de enfriamiento. Si el motor está trabajando muy aliente y oxida al aceite, revise el refrigerante. Para una máxima refrigeración se debería aplicar un refrigerante de última generación. Esta nueva tecnología en refrigerantes protege el motor contra corrosión de una forma novedosa y reduce la temperatura del motor [6].

Contaminación:

Hay varios contaminantes que pueden aparecer en el aceite usado. Todos estos son dañinos y causarán desgaste. El análisis de aceite demuestra esta contaminación en partes por millón (ppm). Es importante tomar en cuenta que el análisis de aceite indica los contaminantes más pequeños a 5 micrones (actualmente varía entre 3 y 8 micrones, dependiendo del equipo utilizado), mientras en un alto porcentaje los filtros de aceite solamente retienen las partículas mayores de 20 micrones*. Las partículas grandes causan el daño al entrar, rayando o lijando las camisas o el bloque. Después quedan atrapadas en el filtro de aceite. Las partículas menores continúan circulando y dañando cojinetes, bujes, válvulas con sus guías y asientos, anillos y camisas en cada paso por el motor.

> *Actualmente la mayoría de los filtros de motor retienen 50% de las partículas de 15 a 30 micrones (dependiendo de la marca) en cada paso por el filtro, puliendo la limpieza más en cada pasada, llegando a retener 99% solamente de las partículas de 30 a 40 micrones.

Una de las contaminaciones más comunes es el residuo del aceite en el motor al hacer el cambio de aceite. Frecuentemente queda cerca de 20% del aceite viejo en el motor cuando se cambia. Este aceite tiene residuos de cualquier contaminante, residuos de desgaste, etc. Si el aceite está sucio, contaminará el nuevo aceite y continuar gastando el motor. Cuando se encuentra alto hollín, tierra, combustible u otro contaminante, hay que hacer un segundo cambio después de pocos kilómetros para enjuagarlo [7].

Silicio (Tierra): La cantidad de Silicio ("Silicon" en inglés) leída por la computadora combina todos los elementos parecidos. Por eso es normal encontrar Silicio en un motor nuevo o recién rectificado porque la computadora lee como "silicio" la Silicona que sale de nuevos retenes y selladores. También puede haber Silicona en los aditivos del aceite como antiespumante. Por eso se requiere una muestra del aceite virgen para comparar los resultados. Si el aceite nuevo tiene 3 ppm de silicio y el usado tiene 10 ppm, 7 ppm entraron del medio ambiente. Tenemos que preocuparnos del silicio que viene de la tierra. Nota: Hay aceites bolivianos en el mercado con 6 ppm de silicio, que no provienen del antiespumante, sino son contaminantes (tierra) de la planta, lo que indica un deficiente control de proceso de elaboración o envasado [7].

En la Figura N°08 observamos un aceite nuevo que llego contaminado desde la planta con 6 ppm de tierra y 3 ppm de hierro:

Figura N°08: Análisis de un aceite nuevo.

			SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																				
Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil Time on Unit	Iron	Chromium	Lead	Copper	Tin	Aluminum	Nickel	Silver	Silicon	Boron	Sodium	Magnesium	Calcium	Barium	Phosphorus	Zinc	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium
180881 Normal	01-OCT-01 01-OCT-01	.	3	0	0	0	0	1	0	0	6	1	0	481	2442	0	1126	1249	0	0	0	0

Fuente: https://www.widman.biz/Analisis/contaminacion.php

Aquí en la Fig. N°09, tenemos otro contaminado antes de usar:

Figura N°09: Análisis de un aceite contaminado.

Unit No: ARBOR M FX | Equip. Model: | Ser.No: | End Loc:

			WEAR METALS (ppm)										ADDITIVES							
Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil on_Unit	IRON	CHROMIUM	LEAD	COPPER	TIN	ALUMINUM	NICKEL	SILVER	TITANIUM	VANADIUM	SODIUM	MAGNESIUM	CALCIUM	BARIUM	PHOSPHORUS	ZINC	MOLYBDENUM	BORON
44200003943 Normal	09/20/10 10/06/10	____	1	<1	6	1	<1	1	<1	<1	<1	<1	2	41	2625	<1	1100	1289	1	<5

Lab No	CONTAMINATION								PHYSICAL PROPERTIES			
	Aluminum	Silicon	Sodium	Potassium	Water	Coolant	Fuel *	Solids/Soot	Visc100	Visc40	Oxidation	TAN
44200003943	1	11	2	<5				<0.1	10.6		N/A	1.40

Fuente: https://www.widman.biz/Analisis/contaminacion.php

Si el motor no es nuevo, el silicio es tierra que entró por el filtro de aire o alguna parte del sistema de alimentación del aire. La tierra que ingresa actúa como lija y destroza las camisas, los anillos y todo donde existe fricción y entra en contacto con el aceite.

Por cada litro de gasolina que consume el motor, precisa de 8 000 litros de aire para su combustión. Este aire debe ser totalmente puro y libre de contaminantes. Para eso

el filtro de aire debe estar bien sellado y ser eficiente. Los filtros de aire varían entre 96% y 99.99% de eficiencia (el porcentaje del polvo retenido del total que ingreso).

Si podemos mantener el nivel de silicio debajo de 10 ppm en un auto o camión en 6 000 kilómetros de recorrido, entonces el motor tendrá poco desgaste y seguramente alcanzara una vida útil larga, ya que el desgaste de cilindros es directamente proporcional a la cantidad de silicio que ingresa.

Un alto contenido de silicio requiere una revisión completa del sistema de entrada de aire. La causa principal de desgaste en los motores en Bolivia es el inadecuado soplado de filtros de aire, ya sea cuando no es necesario o con alta presión de aire comprimido. Un filtro sencillo nunca debería ser soplado ni golpeado para limpiarlo, debería ser cambiado.

Cuando el vehículo tiene un filtro doble (algunos camiones, tractores y vehículos pequeños), el filtro exterior puede ser soplado hasta 3 veces con 30 psi de aire comprimido, de adentro hacia afuera. Si alguna vez se ve tierra en el filtro interior hay que cambiar ambos filtros. El filtro interior, llamado "filtro de seguridad" es menos eficiente y debería ser cambiado con cada 2 o 3 filtros primarios [7].

En la Fig. N°10 es aceite que se contaminó por un filtro limpiado con alta presión de aire comprimido.

Figura N°10: Análisis de un aceite contaminado por un filtro.

			SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																			
Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil Time on Unit	Iron	Chromium	Lead	Copper	Tin	Aluminum	Nickel	Silver	Silicon	Boron	Sodium	Magnesium	Calcium	Barium	Phosphorus	Zinc	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium
211616 Critical	24-OCT-03 10-NOV-03	300	991 C	72 C	3	21	0	159 C	7	0	325 C	119	19	52	2720	0	1103	1295	109	0	0	0

Fuente: https://www.widman.biz/Analisis/contaminacion.php

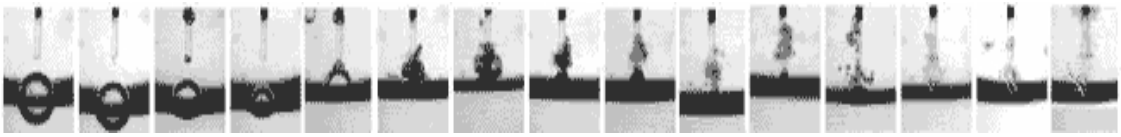
También hay que cuidar la limpieza del aceite al introducirla por el envase al motor. Muchas veces los embudos o bombas están sucios y contaminan el aceite durante el llenado. Además, hay que cuidar de la contaminación por el medio ambiente. No hay que dejar abiertos los tapones por más tiempo que lo necesario porque el viento lleva polvo [7].

Agua: El agua causa herrumbre y aumenta el potencial corrosivo de los ácidos. También reacciona con ciertos aditivos para formar productos agresivos. El agua también actúa como catalizador para promover oxidación en la presencia de metales como hierro, cobre y plomo. Cuando hay agua libre en el cárter, pueden crearse micro-organismos que se comen el aceite, formando ácidos que causan oxidación y obstruyen el filtro.

El agua reduce la película lubricante e interfiere con la lubricación dejando las piezas susceptibles al desgaste abrasivo y adhesivo además de la fatiga. En áreas de presión las gotas de agua colapsan causando cavitación. Esta cavitación la cual se observa

en la Fig. N°11, se ve como corrosión o picado de la superficie donde hay diferencias de presiones. Las burbujas de agua (o aire en caso de espuma por exceso de aceite en el cárter) llegan al punto de presión e implosión, causando grietas pequeñas o puntos microscópicos en la superficie. Cada vez que implosiona otra burbuja en el mismo lugar se agranda este punto.

Figura N°11: Cavitación



Fuente: https://www.widman.biz/Analisis/contaminacion.php

El agua ingresa por los respiraderos, retenes y el sistema de enfriamiento. También se acumula mediante la condensación (humedad en el motor cuando se enfría).

Sodio: Si la muestra fue tomada con el motor caliente, cualquier ingreso de agua normalmente debería haberse evaporado y solo dejar residuos de sus minerales. En algunos casos el sodio puede entrar con la humedad del aire al motor, pero generalmente es un residuo de agua. Esta agua puede haber entrado por una empaquetadura de culata "soplada", camisa o bloque perforado o simplemente por lavado del motor con agua a alta presión. De todas maneras, siempre hay que controlar este contaminante [7].

En consulta con el operador se puede saber si baja el nivel de agua en el radiador. Si el operador estaba aumentando agua, hay que detectar las pérdidas mediante:

1. La presurización del sistema de refrigeración con una bomba portátil para verificar la pérdida de presión.
2. Verificación de la compresión de los cilindros. El cilindro con baja compresión debe tener fuga por su culata.

Si el sodio no está entrando por el sistema de refrigeración, hay que revisar los procedimientos de mantenimiento y lavado. Muchas veces encontramos el uso de agua a presión para lavar el motor y una tapa sin arandela de sello. A veces entra por donde se mide el aceite.

El sodio también puede estar presente en la gasolina. Algunas de los nuevos aceites que cumplen con el API SN utilizan un nuevo detergente de sulfonato de sodio. Esto también aparecerá en el análisis como "sodio".

Potasio: La contaminación por potasio es similar a lo que ocurre con el sodio, pero en menor cantidad.

Aluminio: El aluminio aparece en el análisis por varias causas. Una parte de esto puede ser desgaste (analizaremos en el sector de materiales de desgaste). La otra parte viene del aire contaminado con tierra que se introduce en el motor. La tierra y polvo que respira el motor contiene un porcentaje de aluminio que varía entre 0.29% a 0.33%. Esto quiere decir que por cada 10 ppm de tierra que observamos en el análisis deberíamos tener cerca de 3 ppm de aluminio por la tierra. Si la muestra tiene

10 ppm de silicio y 5 ppm de aluminio, 2 ppm serán provenientes del desgaste. La contaminación de aluminio se evita controlando el ingreso de silicio [7].

Esta muestra de la Fig. N°12, indica contaminación por agua del sistema de refrigeración.

Figura N°12: Muestra 04 de un análisis de aceite.

			SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																				
Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil Time on Unit	Iron	Chromium	Lead	Copper	Tin	Aluminum	Nickel	Silver	Silicon	Boron	Sodium	Magnesium	Calcium	Barium	Phosphorus	Zinc	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium
218020 Abnormal	25-OCT-02 01-NOV-02	6557 115085	35	3	11	2	1	18	0	0	13	3	51 A	18	2085	1	1215	1374	10	0	0	74 A
166435 Abnormal	20-AUG-02 23-AUG-02	6000 108412	34	1	5	3	0	13	0	0	6	5	85 A	27	1739	0	884	972	3	0	0	186 A

Fuente: https://www.widman.biz/Analisis/contaminacion.php

Esta muestra de la Fig. N°13, indica contaminación por agua y glicol del sistema de refrigeración.

Figura N°13: Muestra de un análisis de aceite.

			SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																				
Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil Time on Unit	Iron	Chromium	Lead	Copper	Tin	Aluminum	Nickel	Silver	Silicon	Boron	Sodium	Magnesium	Calcium	Barium	Phosphorus	Zinc	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium
241598 Normal	30-OCT-03 10-NOV-03	1502 41547	7	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	19	3275	0	1281	1316	0	0	0	0
224604 Critical	20-SEP-03 17-OCT-03	7982 32393	22	1	12	7	0	4	0	0	29	3	1684 C	19	3605	0	1309	1443	1	0	0	2190 C
153249 Normal	10-JUN-03 18-JUL-03	7058 17058	38	2	1	3	0	8	0	0	20	8	0	32	3326	0	1128	1487	7	0	0	0

LabNo	Physical Properties						Additional Tests	
	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/ Solids	Glycol	SAE	TBN
241598	<1	N/A	15.50	0	0.5	NEG	40	11.8
224604	<1	N/A	15.60	0	1.4	POS C	40	9.5
153249	<1	N/A	15.62	0	0.6	NEG	40	8.0

Fuente: https://www.widman.biz/Analisis/contaminacion.php

Desgaste:

Todos los análisis de aceite de motor usado reportarán elementos de materiales de desgaste. Lo importante es minimizar ese desgaste a través de un programa de mantenimiento proactivo.

Para reducir el desgaste utilizando el análisis de aceite, tenemos que entender de qué partes del motor provienen esas partículas de desgaste. Existen muchos diseños de motores, utilizando variados materiales.

En general, los bujes y cojinetes que se puede observar en la Fig. N°14 del árbol de levas, martillo, pasadores y pistones son de bronce, mientras los cojinetes de bielas y bancada que reciben mayores fuerzas son de dos o tres metales. La última capa normalmente es de plomo para gastarse en el asentado del motor y dejar mejor circulación del aceite sin turbulencia [8].

Para estos ejemplos, tomaremos un motor "normal".

Figura N°14: Manga de cojinete

Fuente: https://www.widman.biz/Analisis/desgaste.php

Hierro: El primer elemento que miramos es el hierro. Normalmente el hierro viene de la fricción entre las paredes de los cilindros (sean camisas o el bloque mismo) y los anillos. Pero también puede ser del árbol de levas, el cigüeñal, las válvulas, los cojinetes, la bomba de aceite, los engranajes de la cadenilla, el turbo, las guías de válvulas, o las bielas.

El hierro puede provenir del desgaste o herrumbre. Un motor que tiene aceite contaminado por tierra, falta de viscosidad, o alto hollín (entre otros) tendrá desgaste por contacto o falta de lubricación hidrodinámica. Si el aceite está con agua, todas las piezas de hierro son sujetas a herrumbrarse. Si la herrumbre es severa, puede continuar después de corregir el problema hasta que el aceite logre controlarla.

- **Desgaste de anillos y cilindros:** Cada minuto que el motor está encendido, los pistones suben y bajan, raspando los anillos contra las paredes de los cilindros. En un viaje de 10 minutos en un auto normal, cada anillo de cada pistón viajó 6 kilómetros raspando las paredes. Si el aceite pierde su viscosidad, el desgaste es severo. Si el aceite está contaminado, los contaminantes rayan las paredes. Mucha de ésta lubricación es hidrodinámica, dependiendo de la viscosidad para evitar desgaste. Cuando falla la lubricación hidrodinámica los anillos dependen de los aditivos anti-desgaste que proveen lubricación límite. El trabajo del anillo superior es "barrer" el aceite al bajar en el cilindro, dejando las paredes secas para la combustión. Este anillo depende 100% de la lubricación límite.
- **Desgaste de la bomba de aceite:** La bomba de aceite solamente puede gastarse si existe contaminación del aceite, nivel bajo de aceite (falta de lubricación), o nivel demasiado alto de aceite (causa espuma que se rompe en la bomba provocando cavitación y falta de lubricación).
- **Otras piezas:** El desgaste del cigüeñal, árbol de levas, válvulas y otras piezas similares no depende tanto de la carga o las presiones, sino la lubricación hidrodinámica y la contaminación. Alto contenido de hollín o tierra causa desgaste severo de estas piezas.

Cobre: El cobre normalmente viene de cojinetes, bujes, enfriador de aceite, arandela de empuje, guías de válvulas y bujes de bielas.

Los cojinetes y bujes normalmente son aleaciones y capas de diferentes metales blandos diseñados para absorber impacto y desgaste en lugar del cigüeñal y las bielas. El residuo de estos elementos viene de desgaste o corrosión.

Desgaste de cojinetes y bujes: Cuando falta lubricación hidrodinámica por falta de viscosidad o velocidad el motor depende de los aditivos anti-desgaste en el aceite para proveer lubricación límite (también llamado marginal o estática). Si el aceite no puede cumplir con este requerimiento por falta de aditivos, al existir degradación o sobrecarga, el cojinete roza contra su contraparte (el cigüeñal, biela, etc.) y desgasta.

Desgaste de arandelas de empuje (cojinetes axiales): Las arandelas de empuje siempre están en contacto con el bloque cuando exigimos la máxima fuerza del motor o lo sobrecargamos tratando de acelerar rápidamente o subir las montañas. Este desgaste normalmente aparece como cobre.

Desgaste de guías de válvulas: Las guías de válvulas deberían durar muchos años. Sin embargo, cuando el aceite es de baja calidad y empieza a carbonizarse en los vástagos, este carbón desgasta las guías, causando cobre en los análisis y alto consumo de aceite.

Corrosión: El enfriador de aceite (si tiene) es sujeto a corrosión por los ácidos y la humedad en el aceite. Esto es mayor cuando el motor es utilizado en viajes cortos (3 a 5 km) o no tiene termostato, y el motor no tiene tiempo para calentarse. También ocurre cuando el motor queda estacionado varios meses sin usar (invierno, entre cosechas, etc.).

Plomo: El plomo viene de cojinetes, volandas de empuje, bujes de bielas. También puede llegar en la gasolina.

La causa más común del plomo en el aceite es la corrosión de los cojinetes en motores que son guardados un mes o más con aceite semi-usado o sucio. Los contaminantes y los ácidos que se forman en el aceite causan corrosión cuando no está circulando para refrescar los aditivos en contacto con los cojinetes.

Observamos mucha corrosión de cojinetes en equipo agrícola y equipo de construcción que se utilizan en ciertos periodos del año y se guardan meses sin usar [8].

En la Fig. N°15, podemos ver los resultados de una Toyota 4Runner que quedo 6 semanas sin usar después de 7 meses y 4000 kilómetros en el aceite, y la próxima vez quedo 4 semanas parada con 6 meses y 5000 kilómetros en el aceite.

Figura N°15: Análisis de aceite – Toyota 4Runner.

			SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																			
Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil Time on Unit	Iron	Chromium	Lead	Copper	Tin	Aluminum	Nickel	Silver	Silicon	Boron	Sodium	Magnesium	Calcium	Barium	Phosphorus	Zinc	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium
241613 Normal	04-NOV-03 10-NOV-03	5400 46481	18	1	24	3	0	7	0	0	19	0	10	12	3251	0	1288	1311	0	0	0	0
16895 Abnormal	26-NOV-02 21-JAN-03	4050 34080	20	2	52 A	4	0	8	0	0	17	1	2	20	3163	0	1009	1102	0	0	0	0
73966 Normal	20-MAR-02 16-APR-02	6000 27600	15	2	4	3	0	6	0	0	12	0	1	16	3431	0	1310	1448	0	0	0	0
148322 Normal	09-AUG-01 14-AUG-01	6000 16500	23	1	11	10	0	7	0	0	19	1	6	15	2792	0	1204	1297	1	0	0	0

Fuente: https://www.widman.biz/Analisis/desgaste.php

Aluminio: Las partículas de desgaste de aluminio (después de eliminar lo que ingresa como tierra) viene de los cojinetes, bujes (varios), pistones o sus faldas, arandelas de empuje y el turbo. Normalmente los cojinetes y bujes trabajan 100% en lubricación hidrodinámica. Solamente cuando falla esta lubricación o se contamina el aceite ocurre contacto entre las piezas y desgaste adhesivo. Desgaste de aluminio de los pistones ocurre cuando hay falla de lubricación hidrodinámica o se abre mayor espacio entre las paredes de los cilindros y los pistones permitiendo el movimiento lateral de la falda del pistón.

Cromo: El cromo viene de la camisa, las válvulas de escape, los anillos, y algunos cojinetes. El desgaste de cromo normalmente se origina con la contaminación del aceite.

Estaño: El estaño viene de las aleaciones de metales en los cojinetes, bujes (varios) y volandas de empuje. Estos dependen 100% de la lubricación hidrodinámica.

Plata: La mayoría de los motores no tienen piezas de plata, pero en los que tienen (EMD) el uso de lubricantes con Zinc causara corrosión de plata.

Molibdeno: El molibdeno puede ser un aditivo anti-desgaste y anti-oxidante, pero puede ser desgaste de anillos en ciertos motores.

Límites de desgaste normal

La tabla siguiente demuestra unos valores típicos o límites de silicio y desgaste. Niveles por encima de éstos deberían ser investigados y tomar acciones para evitar acortar la vida útil del motor. Mientras se puede decir que estos límites son aceptables, hay que reconocer que, entre más bajo el desgaste, mayor la vida útil del motor [8].

En la Tabla N°01, los valores son para el momento del cambio de aceite. Si tenemos 50 ppm de partículas de hierro en 250 horas de trabajo y podemos mejorar el mantenimiento o el aceite para llegar a 40 ppm en 500 horas de trabajo, tenemos un doble ahorro.

Tabla N°01: Limite de desgaste normal.

Límites de Desgaste Normal		
Elemento	**ppm**	**Comentarios**
Silicio (Tierra) Silicon	2-10	Niveles encima de 10 ppm empiezan a mostrarse con un desgaste significativo.
Hierro Iron	2-50	Un motor pequeño debería ser entre 2 y 15 ppm, mientras un motor grande pude ser entre 10 a 50 ppm.
Cromo Chromium	1-8	Depende mucho de la cantidad de piezas cromadas en el motor.
Aluminio Aluminum	2-15	Después de descartar lo que entro con la tierra, dependerá mucho del diseño del motor. Un bloque de aluminio mostrara más desgaste de aluminio y menos partículas de hierro.
Cobre Copper	2-5	Aceleración fuerte o enfriador de aceite mostrara valores más altos. Muchos motores pueden quedar cerca de 5 ppm.
Sodio Sodium	0-10	Depende del combustible y medio ambiente. Valores mayores son contaminación por agua.
Plomo Lead	2-10	Aceleración fuerte en algunos motores, falta de viscosidad en el aceite.
Estaño Tin	1-2	Aceleración fuerte en algunos motores, falta de viscosidad en el aceite.

Fuente: https://www.widman.biz/Analisis/desgaste.html

Aquí mostramos algunos ejemplos de muestras con buenos resultados (ver Fig. N°16-17). En estos reportes de análisis podemos ver niveles muy bajos en desgaste de cojinetes y anillos, mientras el desgaste de hierro también está controlado.

Figura N°16: Ejemplo de muestra 01 con buenos resultados.

			SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																					
Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil Time on Unit	Iron	Chromium	Lead	Copper	Tin	Aluminum	Nickel	Silver	Silicon	Boron	Sodium	Magnesium	Calcium	Barium	Phosphorus	Zinc	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium
224546 Normal	01-OCT-03 17-OCT-03	10000	20	1	3	3	0	2	0	0	5	168	14	235	2535	3	1213	1390	128	0	0	0

Fuente: https://www.widman.biz/Analisis/desgaste.html

Figura N°17: Ejemplo de muestra 02 con buenos resultados.

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																						
Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil Time on Unit	Iron	Chromium	Lead	Copper	Tin	Aluminum	Nickel	Silver	Silicon	Boron	Sodium	Magnesium	Calcium	Barium	Phosphorus	Zinc	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium
224552 Normal	08-OCT-03 17-OCT-03	6700	16	1	1	2	0	2	0	0	3	140	3	197	2290	3	1205	1398	106	0	0	0
203461 Normal	29-AUG-03 22-SEP-03	8400	25	2	4	3	0	3	0	0	5	23	4	38	2782	0	1077	1137	15	0	0	0

Fuente: https://www.widman.biz/Analisis/desgaste.html

Degradación:

La degradación del aceite empieza cuando se abre el envase y permite la entrada de aire. El aire oxida el aceite. Un balde o tambor de aceite abierto y utilizado durante el curso de varios meses será más oscuro al final que al principio. Este nivel de oxidación afecta la apariencia del aceite, pero no afecta su comportamiento.

En el momento del cambio de aceite, siempre el nuevo aceite se mezclará con un residuo de aceite viejo. Esta mezcla no causará ningún daño en sí (químicamente), pero la muestra acusará residuos de ese aceite y puede parecer degradado [9].

- Si el aceite anterior era un aceite nacional con 2000 ppm de calcio, 900 ppm de zinc, 800 ppm de fósforo, y colocamos aceite American Supreme 15W-40 con 2900 ppm de calcio, 1300 ppm de zinc, 1200 ppm de fósforo, la primera muestra del American Supreme parecerá degradado por lo que terminará cerca de 2400 de calcio, 1100 de zinc y 1000 de fósforo al final del uso. Cuando lleguemos al tercer cambio estos valores después de 6,000 kilómetros serán cerca de 2800 calcio, 12000 zinc, 1100 fósforo. En este caso los valores del nuevo aceite bajan más del simple porcentaje, por lo que el calcio del American Supreme tiene que "comer" los ácidos y el lodo dejado por el aceite nacional. Notamos que los valores varían con cada marca de aceite de acuerdo a su formulación y certificación. Un aceite formulado con aceite básico API grupo II puede lograr la misma protección con 10% menos aditivos que un aceite con base ordinaria.
- El contenido de magnesio en el aceite normalmente es un detergente/dispersante, pero puede ser contaminación del agua del radiador si tiene fugas y si el agua es de pozo o un río. El calcio y el magnesio son compatibles.
- No se debe usar productos de lavado en el momento del cambio. Estos productos y hábitos tradicionales de lavar con diesel, kerosén, gasolina o detergente, ocasionan alto desgaste al motor y dejan residuos dañinos que degradan el nuevo aceite.
- Cuando el motor está con lodo o barniz, causando alta temperatura o tecleo de vástagos de válvulas hidráulicos, se puede limpiarlo utilizando AMERICAN Supreme Engine Cleaner (y un filtro nuevo) para los últimos 2,000 kilómetros antes de hacer el cambio de aceite. No vale la pena analizar la muestra con el limpiador.
- Mientras la mezcla de aceites no degrada el nuevo aceite, un porcentaje de cualquier contaminación o residuo de desgaste pasará a contaminar el nuevo aceite. Cuando el aceite tiene mucha contaminación se tiene que corregir el problema y hacer un segundo cambio para reducir el nivel de contaminación. Vea la sección de contaminación para mayores detalles.

Una vez colocado el aceite en el motor, los aditivos empiezan a disolver el lodo y barniz residuo del aceite viejo. Esta limpieza no es total, pero a lo largo absorberá mucho de los residuos dejados por aceites de inferior calidad. El calcio, la mezcla de calcio y magnesio o la mezcla de estos con el nuevo *sulfonato de sodio* tratarán de limpiar, mientras el compuesto de zinc y fósforo (ZDDP) irá colocándose en los lugares críticos para ser gastado en lubricación límite. Si la formulación tiene molibdeno, cubrirá las superficies donde existen mayores presiones y temperaturas [9].

Un aceite nuevo colocado en un motor que no tiene termostato empezará su limpieza de lodo (creado por la falta de termostato) y se espesará rápidamente, mientras se consume su calcio, magnesio o sulfonato de sodio.

Hay que considerar que entre más partículas de desgaste metálicas hay, mayor degradación de aditivos sufrirá. Las partículas metálicas como cobre, hierro y plomo aumentan la velocidad de oxidación del aceite. También quitan del aceite sus aditivos polares, incluyendo los de anti-desgaste, extrema presión, inhibidores de herrumbre y dispersantes.

Degradación de los aditivos

Calcio, Magnesio y Sulfonato de Sodio:
Estos dos aditivos son detergentes/dispersantes. Son utilizados para combatir el hollín, neutralizar los ácidos formados por la humedad en la combustión, mantener los contaminantes y lodos en suspensión hasta llegar al filtro, sin dejar que se aglomeren y formen grumos, ni que se adhieran a las superficies metálicas. Como cualquier antiácido, estos se consumen. Entre más ácido se forma por la calidad de combustible, falta de temperatura en el motor o combustión incompleta, más rápido se degradan los detergentes/dispersantes. Estos aditivos trabajan bien para este propósito, pero el magnesio deja 45% más cenizas sulfatadas al quemarse, causando problemas de válvulas y depósitos en el motor. Por esta razón normalmente se encuentra solamente calcio o una mezcla con un máximo de un 30% del detergente/dispersante en forma de magnesio [9].

Hay que saber el valor inicial de cada aditivo para poder determinar su degradación. Un buen aceite (API CI-4) para motores a diesel tendrá cerca de 3300 ppm de detergente/dispersante si está formulado con aceite básico API grupo I. El aceite SN es formulado con una mezcla de aceites que incluye sintéticos y contiene cerca de 2000 ppm de detergentes (calcio y/o calcio con sulfonato de sodio).
En el recorrido de los kilómetros estos aditivos se consumen. Es normal que en el curso de 6,000 kilómetros estos aditivos bajan un 5% a 10%. Cuando bajan más de 15%, deberíamos buscar la causa o acortar el intervalo entre cambios para esa marca de aceite. Hay aceites en el mercado boliviano que pierden más de 30% de su detergente/dispersante en 6,000 kilómetros en el mismo uso o motor que otros donde sus aceites solamente pierden 8.5% con el mismo recorrido y combustible. La quema o evaporación de fosforo envenena el catalizador de gases de escape.

¿Cuáles son las causas de perdida de detergente/dispersante?

- **Aditivos de mala calidad**. Hay presiones en las fábricas de aceites de bajar costos de producción. La manera escogida por algunas es de formular productos con lo más barato.
- **Combustible de mala calidad** o adulterado.
- **Mala combustión.**

  - La temperatura del motor debería estar siempre encima de 80°C. Si está operando sin termostato, no llega a esta temperatura y entonces la humedad forma lodo en vez de evaporarse.
  - Presiones excesivas en la bomba inyectora.
  - Inyectores sucios, gastados o mal colocados en la cámara de combustión.
  - Válvulas mal reguladas.
  - Desgaste de anillos, camisas o bloque.
  - Mala sincronización de la chispa o inyección de combustible.

- **Limpieza de lodos** dejados por el aceite anterior.
- **Contaminación** por otros aceites inferiores en el relleno.

Zinc y Fósforo (ZDDP): El zinc y el fósforo trabajan en conjunto para proveer lubricación límite cuando la lubricación hidrodinámica no alcanza las necesidades de presiones y fricción. Esta protección se llama anti desgaste.

ZDDP (Dialquil ditiofosfato de zinc) es una sal organometálica, compuesta de zinc, azufre y fósforo. Forma una capa de sulfato de hierro en la superficie de las piezas, donde el azufre puede actuar para atraer el zinc, dejando tres capas suaves para evitar contacto acero-acero.

Un buen aceite para un motor a diesel (API CI-4) (Básico API grupo I) tendrá cerca de 1450 ppm de zinc y 1350 ppm de fósforo. Aceites formulados solamente para motores a gasolina (API SL) normalmente tienen menos, cerca de 1000 ppm de zinc y 900 ppm de fósforo. Esta reducción es por lo que las compresiones en la cámara de combustión en el motor a gasolina varían entre 8:1 a 12:1, mientras las compresiones en el motor a diesel varían entre 13:1 y 20:1, causando mucho más estrés en las piezas. Un aceite formulado para ambos combustibles (API CI-4/SL) tiene toda la protección necesaria para el motor a diesel más los aditivos especiales para el motor a gasolina. Los aceites API SM y SN son limitados a 800 ppm de fósforo para cuidar el catalizador. El fosforo utilizado en el API SN tiene que pasar pruebas de evaporación [9].

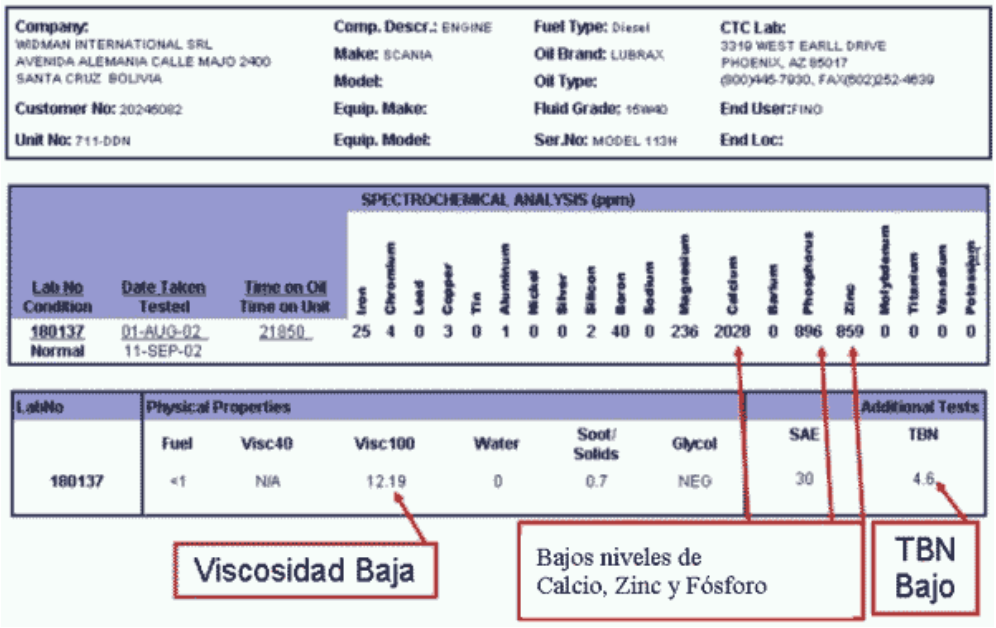
Los valores de ZDDP no varían mucho con el uso dentro del motor pudiendo llegar al fin de su vida sin haber sido adheridos a las superficies, en esos casos el laboratorio lo reporta.

La mayoría de la variación que se ve en el aceite usado es lo quemado o evaporado. Muchas veces la baja en el nivel de zinc o fósforo es por la volatilidad (calidad) del aditivo utilizado. Esta evaporación o quema del ZDDP es dañina al medio ambiente, contamina el catalizador del auto y reduce la protección a las piezas del motor.

Otra parte es absorbida por el hollín y forma parte del lodo extraído por el filtro o adherido a las piezas metálicas. Mientras menos hollín, menos deterioro del zinc y fosforo.

Aquí tenemos un ejemplo de un aceite que no aguantó el recorrido esperado (ver Fig. N°18).

Figura N°18: Ejemplo de un aceite que no aguanto el recorrido esperado.



Company:	Comp. Descr.: ENGINE	Fuel Type: Diesel	CTC Lab:
WIDMAN INTERNATIONAL SRL AVENIDA ALEMANIA CALLE MAJO 2400 SANTA CRUZ BOLIVIA	Make: SCANIA	Oil Brand: LUBRAX	3319 WEST EARLL DRIVE PHOENIX, AZ 85017 (800)445-7930, FAX(602)252-4639
Customer No: 20245082	Model:	Oil Type:	
	Equip. Make:	Fluid Grade: 15W40	End User: FINO
Unit No: 711-DDN	Equip. Model:	Ser.No: MODEL 113H	End Loc:

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)

Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil Time on Unit	Iron	Chromium	Lead	Copper	Tin	Aluminum	Nickel	Silver	Silicon	Boron	Sodium	Magnesium	Calcium	Barium	Phosphorus	Zinc	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium
180137 Normal	01-AUG-02 11-SEP-02	21850	25	4	0	3	0	1	0	0	2	40	0	236	2028	0	896	859	0	0	0	0

LabNo	Physical Properties						Additional Tests	
	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/ Solids	Glycol	SAE	TBN
180137	<1	N/A	12.19	0	0.7	NEG	30	4.6

Fuente: https://www.widman.biz/Analisis/degradacion.html

Molibdeno: Algunos aceites para motores contienen disulfuro de molibdeno para reducir el desgaste en altas temperaturas y presiones. En estas formulaciones el molibdeno actúa con el ZDDP para proveer la máxima protección posible. Hay formulaciones sin molibdeno y otros con 40 ppm, 100 ppm, etc. Los mejores aceites para motores estacionarios a gas natural comprimido (GNC) contienen más de 300 ppm.

- La primera muestra de aceite con molibdeno puede tener hasta unos 20% menos molibdeno que el valor inicial. Esto es el molibdeno que quedo pegado en las piezas del motor. Un aceite con 100 ppm puede aparecer con solamente 80 ppm después de 6,000 kilómetros. La segunda muestra (después de otros 6,000 kilómetros) mostrará cerca de 100 ppm.
- Si cambia de un aceite con molibdeno a uno que no lo tiene, las primeras muestras del aceite sin molibdeno tendrán residuos del mismo por lo que comienza a gastar de las superficies cubiertas y queda en el aceite.

Boro: El Boro utilizado en algunas formulaciones es un aceite sintético grupo V que actúa como aditivo anti desgaste y modificador de fricción. Existen varias formas de boro y cada una tiene sus ventajas y desventajas. También existe formulación de

aceites sin boro. Frecuentemente el boro es utilizado para mejorar el aceite básico para cumplir con las normas cuando el aceite básico no logra sus objetivos.

En este motor Perkins se usaba una formulación de aceite con Molibdeno y Boro. Cuando cambiaron por una formulación sin esos aditivos, la siguiente muestra todavía tenía 18% del valor original de molibdeno y 20% del boro. El tercer análisis tenía ya pocos residuos de ambos.

Se puede notar que no había problemas de desgaste con cualquiera de los dos aceites, en más de 400 horas entre cambios (ver Fig. N°19).

Figura N°19: Ejemplo de degradación de aceite.

			SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																			
Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil Time on Unit	Iron	Chromium	Lead	Copper	Tin	Aluminum	Nickel	Silver	Silicon	Boron	Sodium	Magnesium	Calcium	Barium	Phosphorus	Zinc	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium
241596 Normal	23-OCT-03 10-NOV-03	406 10185	7	0	3	0	0	1	0	0	2	1	0	14	3283	0	1276	1391	1	0	0	0
224610 Normal	30-SEP-03 17-OCT-03	484 9779	9	0	4	1	0	2	0	0	4	2	0	20	3153	0	1182	1299	3	0	0	0
203448 Normal	31-AUG-03 22-SEP-03	431 9295	8	1	2	1	0	1	0	0	3	20	4	60	2323	0	1288	1418	18	0	0	0
186391 Normal	01-AUG-03 28-AUG-03	408 8864	9	1	1	1	0	2	0	0	5	101	3	198	2404	0	1079	1252	104	0	0	0

Fuente: https://www.widman.biz/Analisis/degradacion.html

Resumen

El análisis de aceite es una herramienta para mejorar el mantenimiento y extender la vida útil del motor. Un solo análisis para un motor normal no ayuda mucho para ver resultados, es la secuencia de los análisis lo que genera una tendencia. Al saber los valores originales del aceite y compararlos con los valores del aceite usado, relacionando los resultados con el programa de mantenimiento (concluido e inconcluso), llevará al camino de la reducción de costos de mantenimiento y aumento de productividad.

2.1.4.3 Resultados de análisis de aceites en empresas

Luego de una investigación exhaustiva a empresas multinacionales, logramos recopilar información confidencial con el permiso de las mismas. Presentaban diferentes tipos de maquinarias, quienes llevaban un plan de mantenimiento bastante minucioso para aprovechar su vida útil de forma eficiente.

Agradeciendo la confianza de las empresas:

- Constructora Malaga Hrnos S.A.
  Empresa multinacional que se desarrolla en el campo de construcción con más de 29 años de experiencia, participando en contratos mineros, infraestructura vial, edificaciones, saneamiento y otros.

- Empresa Pakatnamu S.A.C.
  Empresa multinacional e internacional encargada de brindar servicio de transporte de carga pesada, las cuales son:
  - Transporte de materiales peligrosos MATPEL.
  - Transporte de insumos químicos y productos fiscalizados IQBF.
  - Transporte de carga a nivel nacional.
  - Transporte de carga a nivel internacional.

Los siguientes análisis de aceites que vamos a presentar llevan consigo la interpretación y los resultados obtenidos de las muestras, las cuales, aunque sigan por un riguroso mantenimiento, siempre existirá porcentajes que afectaran a la estructura y/o componentes del motor, pero con la seguridad de que sean mínimos.

Análisis 01: Realizado al motor de un tractor oruga con número de equipo: 1014TO, modelo: D7RII_CAT y marca: CAT. Utilizando un aceite marca: SHELL con grado: 15W40, que trabaja en la ciudad de Chiclayo.

CLIENTE: CONSTRUCTORA MALAGA HNOS. S.A.
NÚMERO DE EQUIPO: 1014TO
COMPONENTE: MOTOR
NÚMERO DE SERIE: BRM01181
MARCA: CAT
MODELO: D7RII_CAT
LUGAR DE TRABAJO: CHICLAYO - CONSTRUCCION
NÚMERO DE GARANTÍA EXTENDIDA:

ORDEN DE TRABAJO: CYO KB02030 R5
SERIE COMPONENTE:
MODELO DEL COMP:
FABRICANTE DEL COMP:
NUMERO DE ETIQUETA DE LA MUESTRA:
MARCA/GRADO ACEITE: SHELL / 15W-40
TIPO DE FLUIDO: CI-4
FECHA DE TERMINO NUMERO GARANTIA EXT:

NUMERO CONTROL LABORATORIO	FECHA MUESTREO	FECHA PROCESO	HORÓMETRO	HORAS ACEITE	CAMBIO ACEITE	ACEITE AGREGADO	UNIDADES DEL RELLENO	CAMBIO FILTRO
R080-46083-0223	03/15/2016	03/23/2016	7278		No			No
SEG	No Registra Horas del Aceite. SE DETECTA PRESENCIA DE AGUA. SULFATACION ESTARIA LIG ALTA INDICARIA DEGRADACION DEL ACEITE, QUE PODRIA SER PROBLEMA DE PASE DE GASES DE COMBUSTION AL CARTER, BAJA/ALTA TEMPERATURA DEL MOTOR. VERIFIQUE EXCESIVO BLOWBY. INSPECCIONE ECM POR EVENTOS DE SOBRECALENTAMIENTO.REVISAR TERMOSTATOS. Revise Estado/Ajuste/Limpieza de Sist/Admision.							
R080-45362-0392	12/02/2015	12/28/2015	6883	133	No			No
NAR	Por Hrs/Operac/Aceite, Rango/desgaste aceptables.Cond/Aceite Aceptable. Rango de Viscosidad Aceptable.							
R080-45219-0053	08/04/2015	08/07/2015	5811		Sí			Sí
AR	NO REGISTRA HORAS DEL ACEITE.SE DETECTA TRAZAS DE AGUA. INCREMENTO DE SODIO INDICARIA PRESENCIA DE REFRIGERANTE EN EL ACEITE. ¿REALIZO UN BUEN DRENADO?. ELLO PODRIA ESTAR OCASIONANDO DESGASTE DE COBRE.REVISAR PARTICULADO EN FILTRO DE ACEITE. INSPECCIONAR POSIBLES FUGAS EN EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO. REVISAR NIVELES DE ACEITE/REFRIGERANTE. REVISAR TEMPERATURAS DE OPERACION/ENFRIADOR DE ACEITE/CULATAS/HUMO BLANCO EN RESPIRADEROS Y ESCAPE. REVISAR BOMBA DE AGUA. SE RECOMIENDA CAMBIAR ACEITE/FILTROS.							
R080-45216-0187	07/31/2015	08/04/2015	5811		No			No
AR	NO REGISTRA HORAS DEL ACEITE.SE DETECTA TRAZAS DE AGUA. INCREMENTO DE SODIO/POTASIO INDICARIAN PRESENCIA DE REFRIGERANTE EN EL ACEITE ELLO PODRIA ESTAR OCASIONANDO DESGASTE DE COBRE/PLOMO. INCREMENTO DE SILICIO. ADITIVOS DEL ACEITE NO REPRESENTARIAN EL ACEITE QUE UD. INDICA. VERIFICAR ESTA INFORMACION. REVISAR PARTICULADO EN FILTRO DE ACEITE. INSPECCIONAR POSIBLES FUGAS EN EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO. REVISAR NIVELES DE ACEITE/REFRIGERANTE. REVISAR TEMPERATURAS DE OPERACION/ENFRIADOR DE ACEITE/CULATAS/HUMO BLANCO EN RESPIRADEROS Y ESCAPE. REVISAR BOMBA DE AGUA. SE RECOMIENDA CAMBIAR ACEITE/FILTROS.							

Elementos de desgaste(ppm)	Al	Ba	B	Cd	Ca	Cr	Cu	Fe	Pb	Mg	Mn	Mo	Ni	P	K	Si	Ag	Na	Sn	Ti	V	Zn
R080-46083-0223	3	0	253	0	3847	1	4	37	1	17	0	36	0	983	3	9	0	3	0	0	0	1252
R080-45362-0392	2	0	280	0	3320	1	3	23	1	12	0	36	0	960	2	8	0	4	0	0	0	1132
R080-45219-0053	2	0	38	0	1429	0	110	4	0	874	0	44	0	1012	3	11	0	86	0	0	0	1161
R080-45216-0187	4	0	159	0	2862	1	1143	11	4	79	0	79	0	1042	28	32	0	941	0	0	0	1013

Condición de Fluido/Conteo Particulas	W	A	F	OXI	NIT	SUL	ST	V100	PQI
R080-46083-0223	T	N	N	17	8	28	30	12.7	38
R080-45362-0392	N	N	N	14	7	26	16	13.0	41
R080-45219-0053	T	P	N	12	6	21	30	14.0	40
R080-45216-0187	T	P	N	11	8	23	5	14.2	41

Ag = Plata, Al = Alumino, B = Boro, Ca = Calcio, Cr = Cromo, Cu = Cobre, Fe = Hierro, P = Fósforo, K = Potasio, Mg = Magnesio, Mo = Molibdeno, Na = Sodio, Ni = Níquel, Pb = Plomo, Si = Silicio, Sn = Estaño, V = Vanadio, Zn = Zinc, A = Anticongelante, F = Combustible, W = Agua, P = Positivo, N = Negativo, T = Trace, E = Excesivo, NIT = Nitración, OXI = Oxidación, ST = Hollín, SULF = Sulfatácion , ISO = Nivel de limpieza, PQI = Indice PQ , NaW = Agua salada, FL Pt = Punto de

Figura N°20: Resultado del análisis de aceite 01 de la empresa Constructora Malaga Hrnos. S.A.

Dentro del análisis encontramos 04 procesos realizados en diferentes fechas, por ello, tomaremos la más reciente. Teniendo como resultados, un ligero aumento en la degradación de aceite, variaciones en la temperatura del motor y excesivo blowby, así como revisar el termostato. (Fig. N°20)

Análisis 02: Realizado al motor de un tractor oruga con número de equipo: 1013TO, modelo: D8T_CAT y marca: CAT. Utilizando un aceite marca: SHELL, que trabaja en la ciudad de Chiclayo.

CLIENTE: CONSTRUCTORA MALAGA HNOS. S.A.
NÚMERO DE EQUIPO: 1013TO
COMPONENTE: MOTOR
NÚMERO DE SERIE: J8B02441
MARCA: CAT
MODELO: D8T_CAT
LUGAR DE TRABAJO: CHICLAYO - CONSTRUCCION
NÚMERO DE GARANTÍA EXTENDIDA:

ORDEN DE TRABAJO: CYO KB02029 CSA
SERIE COMPONENTE:
MODELO DEL COMP:
FABRICANTE DEL COMP:
NUMERO DE ETIQUETA DE LA MUESTRA:
MARCA/GRADO ACEITE: SHELL / UNKNOWN
TIPO DE FLUIDO: .
FECHA DE TERMINO NUMERO GARANTIA EXT:

NUMERO CONTROL LABORATORIO	FECHA MUESTREO	FECHA PROCESO	HORÓMETRO	HORAS ACEITE	CAMBIO ACEITE	ACEITE AGREGADO	UNIDADES DEL RELLENO	CAMBIO FILTRO
R080-46097-0457	03/26/2016	04/06/2016	9452		No			No
SEG	No Registra Horas del Aceite.SE DETECTA TRAZAS DE AGUA. ¿Cuál es el Grado SAE/ISO del Aceite que Usa?. INSPECCIONAR POSIBLES FUENTES DE CONTAMINACION. POSIBLE CONTAMINACION EXTERIOR. EVALUAR SELLOS. Revise Estado/Ajuste/Limpieza de Sist/Admision. ENVIAR SGTE. MUESTRA A LAS 100 HORAS POSTERIORES AL CAMBIO DE ACEITE.							
R080-45362-0409	12/19/2015	12/28/2015	9216	216	No			No
NAR	Por Hrs/Operac/Aceite, Rango/desgaste aceptables.Cond/Aceite Aceptable. Rango de Viscosidad Aceptable.							
R080-43199-0388	06/27/2013	07/18/2013	5005	255	Sí	U	U	Sí
NAR	RESULTADOS DE IR (UFM). Por Hrs/Operac/Aceite, Rango/desgaste aceptables.Cond/Aceite Aceptable. Rango de Viscosidad Aceptable.							
R080-42241-0711	08/09/2012	08/28/2012	2765	250	Sí			Sí
SEG	PQ indicaría presencia de Partículas Ferrosas. REVISAR PARAMETROS DE OPERACION. REVISAR FILTROS DE ACEITE. Seguir muestreando para desarrollar tendencia del PQ.							

Elementos de desgaste(ppm)	Al	Ba	B	Cd	Ca	Cr	Cu	Fe	Pb	Mg	Mn	Mo	Ni	P	K	Si	Ag	Na	Sn	Ti	V	Zn
R080-46097-0457	2	0	326	0	3431	1	7	28	0	38	0	41	0	988	3	12	0	2	0	0	0	1187
R080-45362-0409	2	0	347	0	3243	0	5	17	1	60	0	40	0	941	2	11	0	2	0	0	0	1089
R080-43199-0388	0	0	1	0	2534	0	5	28	1	253	1	0	0	1132	1	3	0	1	1	0	0	1399
R080-42241-0711	1	0	0	0	2478	0	4	17	0	281	0	0	0	1148	2	3	0	2	0	0	0	1379

Condición de Fluido/Conteo Particulas	W	A	F	OXI	NIT	SUL	ST	V100	PQI
R080-46097-0457	T	N	N	11	5	22	28	13.3	37
R080-45362-0409	N	N	N	11	5	22	20	13.2	40
R080-43199-0388	N	N		16	8	20	25	13.1	38
R080-42241-0711	Neg	Neg	Neg	12	34	28	52	12.7	46

Ag = Plata, Al = Alumino, B = Boro, Ca = Calcio, Cr = Cromo, Cu = Cobre, Fe = Hierro, P = Fósforo, K = Potasio, Mg = Magnesio, Mo = Molibdeno, Na = Sodio, Ni = Níquel, Pb = Plomo, Si = Silicio, Sn = Estaño, V = Vanadio, Zn = Zinc, A = Anticongelante, F = Combustible, W = Agua, P = Positivo, N = Negativo, T = Trace, E = Excesivo, NIT = Nitración, OXI = Oxidación, ST = Hollín, SULF = Sulfatácion , ISO = Nivel de limpieza, PQI = Indice PQ , NaW = Agua salada, FL Pt = Punto de Inflamación, TAN = Número Total Acido, TBN = Número Total Básico, H2O = Karl Fisher result, V100 = Viscosidad a 100C, V40 = Viscosidad a40C

Nota: El propósito de este análisis es únicamente para detectar desgastes mecánicos. No debe entenderse como garantía expresa o implícita de que no ocurra una falla del equipo o alguno de sus componentes.

Figura N°21: Resultado del análisis de aceite 02 de la empresa Constructora Malaga Hrnos. S.A.

Dentro del análisis encontramos 04 procesos realizados en diferentes fechas, por ello, tomaremos lo más recientes. Teniendo como resultado una posible contaminación del exterior, por consecuencia de los sellos. Enviar una siguiente muestra a las 100 hrs posteriores al cambio de aceite.

Análisis 03: Realizado al cárter de un camión con número de equipo: T4I-896, modelo: CL112 y marca: Freightliner. Utilizando un aceite marca: RIMULA R4X 15W40, brindando servicios en diferentes lugares del país.

ANALISIS DE ACEITES USADOS
Servicio de Diagnóstico de Equipos

Laboratorio operado por SGS

NEXO Shell Lubricants MD

CLIENTE/USUARIO	SERCORISAC	LUBRICANTE	RIMULA R4X 15W40
DIRECCION	PAKATNAMU	GRADO SAE O ISO	
CODIGO COMPONENTE	NODEF_PAKATNAMU T4I-896M	EQUIPO / COMPARTIMIENTO	T4I-896 / CARTER
REFERENCIA		MARCA	FREIGHTLINER
		MODELO / NUMERO DE SERIE	CL112 / NO INFORMADO
		CAPACIDAD CARTER O SISTEMA	11.5

LUBRICANTE	RIMULA R4X 15W40
LABORATORIO	NEXO CALLAO
REPORTE DE LABORATORIO	2716292
FECHA DE MUESTREO	14-12-2015
FECHA DE RECIBO	19-12-2015
FECHA DE REPORTE	28-12-2015
HORAS O KMS DEL EQUIPO	427518
HORAS O KMS DEL ACEITE	19894
ACEITE AGREGADO(RELLENOS)	
ENSAYOS FISICO-QUIMICO	
VISC.40°C (cSt)	
VISC.100°C (cSt)	14.19
T.A.N. (mgKOH/g)	
T.B.N. (mg/KOH/g)	6.83
SPOT TEST (CONTAMINACION)	0.6
AGUA (CRAQUEO) TRAZ/NEG.	NEGATIVO
AGUA, %V.	
DISPERSANCIA (BUE/REG/MALA)	REGULAR
ANALISIS ESPECTROFOTOMETRICO	
HIERRO (Fe) P.P.M.	29
CROMO (Cr) P.P.M.	1
NIQUEL (Ni) P.P.M.	0
ALUMINIO (Al) P.P.M.	2
COBRE (Cu) P.P.M.	8
PLOMO (Pb) P.P.M.	8
ESTAÑO (Sn) P.P.M.	0
PLATA (Ag) P.P.M.	0
TITANIO (Ti) P.P.M.	0
MANGANESO (Mn) P.P.M.	0
CADMIO (Cd) P.P.M.	0
VANADIO (V) P.P.M.	0
SILICIO (Si) P.P.M.	15
SODIO (Na) P.P.M.	8
POTASIO (K) P.P.M.	1
BARIO (Ba) P.P.M.	0
BORO (B) P.P.M.	339
MOLIBDENO (Mo) P.P.M.	47

Figura N°22: Resultado del análisis de aceite 03 de la empresa Pakatnamu S.A.C.

ANALISIS DE ACEITES USADOS
Servicio de Diagnóstico de Equipos

Laboratorio operado por SGS

NEXO
Shell Lubricants MD

CLIENTE/USUARIO	SERCORISAC	LUBRICANTE	RIMULA R4X 15W40
DIRECCION	PAKATNAMU	GRADO SAE O ISO	
CODIGO COMPONENTE	NODEF_PAKATNAMU T4I-896M	EQUIPO / COMPARTIMIENTO	T4I-896 / CARTER
REFERENCIA		MARCA	FREIGHTLINER
		MODELO / NUMERO DE SERIE	CL112 / NO INFORMADO
		CAPACIDAD CARTER O SISTEMA	11.5

LUBRICANTE	RIMULA R4X 15W40
LABORATORIO	NEXO CALLAO
REPORTE DE LABORATORIO	2716292
MAGNESIO (Mg) P.P.M.	14
CALCIO (Ca) P.P.M.	3523
FOSFORO (P) P.P.M.	1009
ZINC (Zn) P.P.M.	1066
ANALISIS INFRARROJO	
HOLLIN, A/.1 MM	0.153
OXIDACION, A/.1 MM	0.092
NITRACION, A/.1 MM	0.098
SULFATACION, A/.1 MM	0.216
DILUYENTE, %V.	
CONTEO DE PARTICULAS (Por 1ml.)	
>4 um	
>6 um	
>10 um	
>14 um	
>21 um	
>38 um	
>70 um	
Codigo ISO	

Muestra # 2716292

1. CONTAMINACIÓN:
No se evidencia presencia de contaminantes.
2. ESTADO DEL LUBRICANTE:
Proceso de sulfatación del aceite, esto origina la formación de compuestos ácidos por presencia de azufre.
3. DESGASTE:
Motor presenta desgastes normales.
4. RECOMENDACIONES:
Renovar la carga de aceite./ Revisar temperatura de operación./ Verificar niveles de azufre en el combustible utilizado.

Figura N°23: Resultado del análisis de aceite 01 de la empresa Pakatnamu S.A.C.

Obteniendo como resultados: 1. CONTAMINACIÓN: No se evidencia presencia de contaminantes. 2. DESGASTE: Motor presenta desgastes normales. 3. RECOMENDACIONES: Renovar la carga de aceite. Revisar temperatura de operación. Verificar niveles de azufre. (Fig. N°22-N°23)

Análisis 04: Realizado al cárter de un camión con número de equipo: T4I-818, modelo: CL112 y marca: Freightliner. Utilizando un aceite marca: RIMULA R4X 15W40, brindando servicios en diferentes lugares del país.

ANALISIS DE ACEITES USADOS
Servicio de Diagnóstico de Equipos

Laboratorio operado por SGS

NEXO Shell Lubricants MD

CLIENTE/USUARIO	SERCORISAC	LUBRICANTE	RIMULA R4X 15W40
DIRECCION	PAKATNAMU	GRADO SAE O ISO	
CODIGO COMPONENTE	NODEF_PAKATNAMU T4I-818M	EQUIPO / COMPARTIMIENTO	T4I-818 / CARTER
REFERENCIA		MARCA	FREIGHTLINER
		MODELO / NUMERO DE SERIE	CL112 / NO INFORMADO
		CAPACIDAD CARTER O SISTEMA	11.5

LUBRICANTE	RIMULA R4X 15W40
LABORATORIO	NEXO CALLAO
REPORTE DE LABORATORIO	2716293
FECHA DE MUESTREO	09-12-2015
FECHA DE RECIBO	19-12-2015
FECHA DE REPORTE	28-12-2015
HORAS O KMS DEL EQUIPO	416358
HORAS O KMS DEL ACEITE	21396
ACEITE AGREGADO(RELLENOS)	
ENSAYOS FISICO-QUIMICO	
VISC.40ºC (cSt)	
VISC.100ºC (cSt)	14.09
T.A.N. (mgKOH/g)	
T.B.N. (mg/KOH/g)	7.08
SPOT TEST (CONTAMINACION)	0.7
AGUA (CRAQUEO) TRAZ/NEG.	NEGATIVO
AGUA, %V.	
DISPERSANCIA (BUE/REG/MALA)	REGULAR
ANALISIS ESPECTROFOTOMETRICO	
HIERRO (Fe) P.P.M.	28
CROMO (Cr) P.P.M.	1
NIQUEL (Ni) P.P.M.	0
ALUMINIO (Al) P.P.M.	2
COBRE (Cu) P.P.M.	2
PLOMO (Pb) P.P.M.	0
ESTAÑO (Sn) P.P.M.	0
PLATA (Ag) P.P.M.	0
TITANIO (Ti) P.P.M.	0
MANGANESO (Mn) P.P.M.	0
CADMIO (Cd) P.P.M.	0
VANADIO (V) P.P.M.	0
SILICIO (Si) P.P.M.	11
SODIO (Na) P.P.M.	3
POTASIO (K) P.P.M.	2
BARIO (Ba) P.P.M.	0
BORO (B) P.P.M.	311
MOLIBDENO (Mo) P.P.M.	45

Figura N°24: Resultado del análisis de aceite 02 de la empresa Pakatnamu S.A.C.

ANALISIS DE ACEITES USADOS
Servicio de Diagnóstico de Equipos

Laboratorio operado por SGS

NEXO
Shell Lubricants MD

CLIENTE/USUARIO	SERCORISAC	LUBRICANTE	RIMULA R4X 15W40
DIRECCION	PAKATNAMU	GRADO SAE O ISO	
CODIGO COMPONENTE	NODEF_PAKATNAMU T4I-818M	EQUIPO / COMPARTIMIENTO	T4I-818 / CARTER
REFERENCIA		MARCA	FREIGHTLINER
		MODELO / NUMERO DE SERIE	CL112 / NO INFORMADO
		CAPACIDAD CARTER O SISTEMA	11.5

LUBRICANTE	RIMULA R4X 15W40
LABORATORIO	NEXO CALLAO
REPORTE DE LABORATORIO	2716293
MAGNESIO (Mg) P.P.M.	13
CALCIO (Ca) P.P.M.	3808
FOSFORO (P) P.P.M.	1024
ZINC (Zn) P.P.M.	1044
ANALISIS INFRARROJO	
HOLLIN, A/.1 MM	0.284
OXIDACION, A/.1 MM	0.024
NITRACION, A/.1 MM	0.05
SULFATACION, A/.1 MM	0.15
DILUYENTE, %V.	
CONTEO DE PARTICULAS (Por 1ml.)	
>4 um	
>6 um	
>10 um	
>14 um	
>21 um	
>38 um	
>70 um	
Codigo ISO	

Muestra # 2716293

1. CONTAMINACIÓN:
No se evidencia presencia de contaminantes.
2. ESTADO DEL LUBRICANTE:
Lubricante dentro de parámetros de servicio.
3. DESGASTE:
Motor presenta desgastes normales.

Figura N°25: Resultado del análisis de aceite 02 de la empresa Pakatnamu S.A.C.

Obteniendo como resultados: 1. CONTAMINACIÓN: No se evidencia presencia de contaminantes. 2. ESTADO DEL LUBRICANTE: Lubricante dentro de parámetros de servicio. 3. DESGASTE: Motor presenta desgastes normales. (Ver Fig. N°24-N°25)

Análisis 05: Realizado al cárter de un camión con número de equipo: B4N-890, modelo: I9200 y marca: International. Utilizando un aceite marca: RIMULA R4X 15W40, brindando servicios en diferentes lugares del país.

ANALISIS DE ACEITES USADOS
Servicio de Diagnóstico de Equipos

Laboratorio operado por SGS

NEXO
Shell Lubricants MD

CLIENTE/USUARIO	SERCORISAC	LUBRICANTE	RIMULA R4X 15W40
DIRECCION	PAKATNAMU	GRADO SAE O ISO	
CODIGO COMPONENTE	NODEF_PAKATNAMU B4N-890M	EQUIPO / COMPARTIMIENTO	B4N-890 / CARTER
REFERENCIA		MARCA	INTERNATIONAL
		MODELO / NUMERO DE SERIE	I9200 / NO INFORMADO
		CAPACIDAD CARTER O SISTEMA	12

LUBRICANTE	RIMULA R4X 15W40
LABORATORIO	NEXO CALLAO
REPORTE DE LABORATORIO	2716289
FECHA DE MUESTREO	12-12-2015
FECHA DE RECIBO	19-12-2015
FECHA DE REPORTE	28-12-2015
HORAS O KMS DEL EQUIPO	556865
HORAS O KMS DEL ACEITE	20575
ACEITE AGREGADO(RELLENOS)	
ENSAYOS FISICO-QUIMICO	
VISC.40°C (cSt)	
VISC.100°C (cSt)	14.22
T.A.N. (mgKOH/g)	
T.B.N. (mg/KOH/g)	7.51
SPOT TEST (CONTAMINACION)	0.6
AGUA (CRAQUEO) TRAZ/NEG.	NEGATIVO
AGUA, %V.	
DISPERSANCIA (BUE/REG/MALA)	REGULAR
ANALISIS ESPECTROFOTOMETRICO	
HIERRO (Fe) P.P.M.	26
CROMO (Cr) P.P.M.	1
NIQUEL (Ni) P.P.M.	0
ALUMINIO (Al) P.P.M.	1
COBRE (Cu) P.P.M.	5
PLOMO (Pb) P.P.M.	3
ESTAÑO (Sn) P.P.M.	0
PLATA (Ag) P.P.M.	0
TITANIO (Ti) P.P.M.	0
MANGANESO (Mn) P.P.M.	0
CADMIO (Cd) P.P.M.	0
VANADIO (V) P.P.M.	0
SILICIO (Si) P.P.M.	14
SODIO (Na) P.P.M.	7
POTASIO (K) P.P.M.	1
BARIO (Ba) P.P.M.	0
BORO (B) P.P.M.	338
MOLIBDENO (Mo) P.P.M.	45

Figura N°26: Resultado del análisis de aceite 03 de la empresa Pakatnamu S.A.C.

ANALISIS DE ACEITES USADOS
Servicio de Diagnóstico de Equipos

Laboratorio operado por SGS

NEXO
Shell Lubricants MD

CLIENTE/USUARIO	SERCORISAC	LUBRICANTE	RIMULA R4X 15W40
DIRECCION	PAKATNAMU	GRADO SAE O ISO	
CODIGO COMPONENTE	NODEF_PAKATNAMU B4N-890M	EQUIPO / COMPARTIMIENTO	B4N-890 / CARTER
REFERENCIA		MARCA	INTERNATIONAL
		MODELO / NUMERO DE SERIE	I9200 / NO INFORMADO
		CAPACIDAD CARTER O SISTEMA	12

LUBRICANTE	RIMULA R4X 15W40
LABORATORIO	NEXO CALLAO
REPORTE DE LABORATORIO	2716289
MAGNESIO (Mg) P.P.M.	13
CALCIO (Ca) P.P.M.	3513
FOSFORO (P) P.P.M.	993
ZINC (Zn) P.P.M.	1045
ANALISIS INFRARROJO	
HOLLIN, A/.1 MM	0.164
OXIDACION, A/.1 MM	0.071
NITRACION, A/.1 MM	0.087
SULFATACION, A/.1 MM	0.201
DILUYENTE, %V.	
CONTEO DE PARTICULAS (Por 1ml.)	
>4 um	
>6 um	
>10 um	
>14 um	
>21 um	
>38 um	
>70 um	
Codigo ISO	

Muestra # 2716289

1. CONTAMINACIÓN:
No se evidencia presencia de contaminantes.
2. ESTADO DEL LUBRICANTE:
Lubricante dentro de parámetros de servicio.
3. DESGASTE:
Motor presenta desgastes normales.

Figura N°27: Resultado del análisis de aceite 03 de la empresa Pakatnamu S.A.C.

Obteniendo como resultados: 1. CONTAMINACIÓN: No se evidencia presencia de contaminantes. 2. ESTADO DEL LUBRICANTE: Lubricante dentro de parámetros de servicio. 3. DESGASTE: Motor presenta desgastes normales. (Ver Fig. N°26-N°27)

2.2 Bases teóricas científicas

2.2.1 Viscosidad

Es la propiedad de un fluido, además, es la fuerza que se opone al movimiento relativo de capas adyacentes en el fluido. También conocida como la resistencia de un líquido a fluir.

Debemos tener en cuenta, que esta propiedad tiene dos parámetros independientes que actúan de manera distinta en los líquidos y los gases, y son: La presión y la temperatura [10].

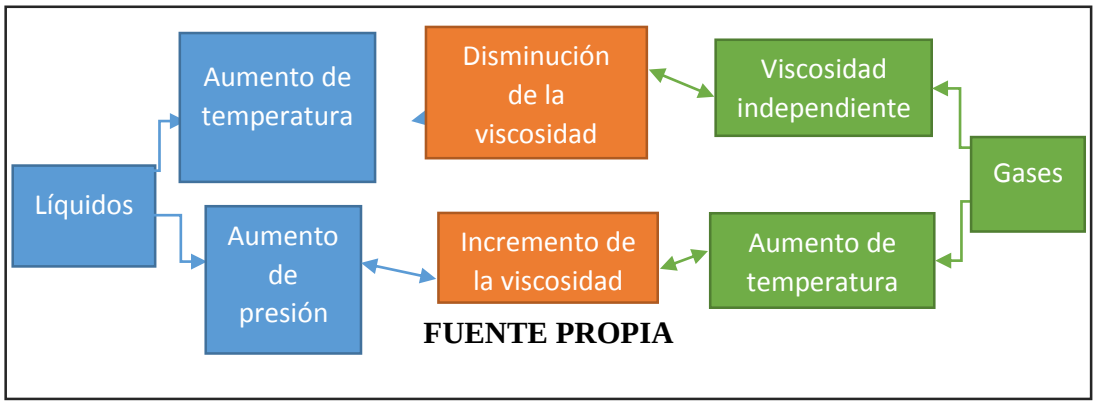
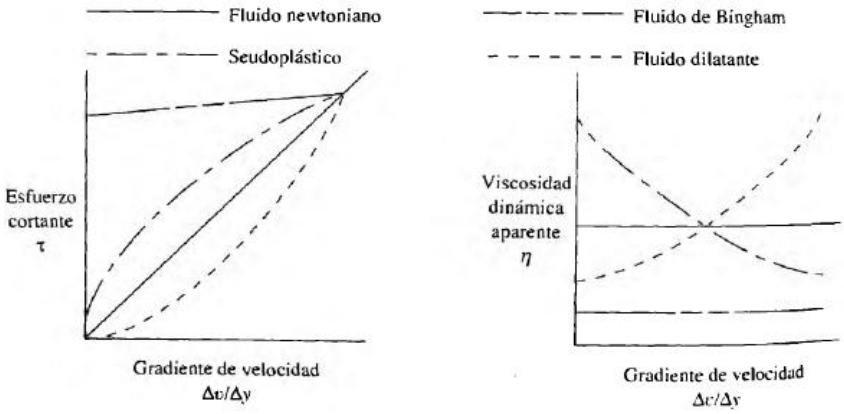


Figura N°28: Comportamiento de los fluidos.

2.2.2 Clasificación de los fluidos

1) Fluidos newtonianos: fluidos que cumplen con la ley de Newton de la viscosidad, que establece una proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación (gradiente de velocidad) a través de la viscosidad dinámica (ver Fig. N°29).
2) Fluidos no newtonianos: fluidos que no cumplen con la relación de proporcionalidad establecida por Newton, mostrando comportamientos diferentes (pseudoplástico, dilatante, plástico y otros) [11].

Figura N°29: Clasificación de los fluidos.



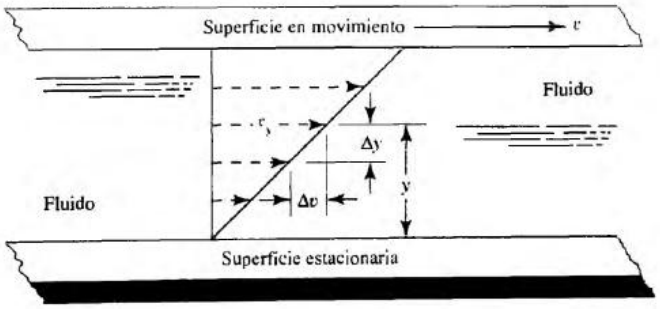
Fuente: Robert L. Mott. Mecánica de Fluidos. México: Pearson Educación, 2006.

Viscosidad Dinámica

Se le conoce a la relación de esfuerzo cortante (τ) entre la gradiente de velocidad o tasa cortante $\left(\frac{\Delta v}{\Delta y}\right)$. Expresada en la siguiente ecuación (ver Fig. N°30):

$$\eta = \frac{\tau}{\left(\frac{\Delta v}{\Delta y}\right)} = \tau\left(\frac{\Delta y}{\Delta v}\right)$$

Figura N°30: Gradiente de velocidad de un fluido en movimiento.



Fuente: Robert L. Mott. Mecánica de Fluidos. México: Pearson Educación, 2006.

Tabla N°02: Listado de unidades para la viscosidad dinámica en los tres sistemas más empleados.

Sistema de unidades	**Unidades para la viscosidad dinámica**
Sistema Internacional (SI)	$N.\frac{s}{m^2}, Pa.s,$ ó $\frac{kg}{m.s}$
Sistema Tradicional de Estados Unidos	$lb.\frac{s}{pie^2}$ ó $\frac{slug}{pie.s}$
Sistema cgs (obsoleto)	$poise = dina.\frac{s}{cm^2} = \frac{g}{cm.s} = 0.1\ Pa.s$ $centipoise = \frac{poise}{100} = 0.001\ Pa.s = 1.0\ mPa.s$

Fuente: Robert L. Mott. Mecánica de Fluidos. México: Pearson Educación, 2006.

Viscosidad Cinemática

Muchos cálculos de la dinámica de fluidos involucran la razón de la viscosidad dinámica en la densidad del fluido (ver Tab. N°03). La viscosidad cinemática se define como:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

Tabla N°03: Listado de unidades de la viscosidad cinemática en los tres sistemas más utilizados.

Sistema de unidades	**Unidades para la viscosidad cinemática**
Sistema Internacional (SI)	$\frac{m^2}{s}$
Sistema Tradicional de Estados Unidos	$\frac{pie^2}{s}$
Sistema cgs (obsoleto)	$stoke = \frac{cm^2}{s} = 1 \times 10^{-4}\ \frac{m^2}{s}$ $centistoke = \frac{stoke}{100} = 1 \times 10^{-6}\ \frac{m^2}{s} = 1\ \frac{mm^2}{s}$

Fuente: Robert L. Mott. Mecánica de Fluidos. México: Pearson Educación, 2006.

Índice de viscosidad

El índice de viscosidad de un fluido (en ocasiones conocido como VI) nos indica cómo cambia esta con la temperatura. Es especialmente útil cuando se trabaja con aceites lubricantes y fluidos hidráulicos utilizados en equipos que deben operar a extremos amplios de temperatura [11].

La forma general de la ecuación para calcular el índice de viscosidad de un aceite con valor VI menor o igual a 100 es la siguiente (Todos los valores de viscosidad cinemática tienen la unidad de mm^2/s):

$$VI = \frac{L - U}{L - H} \times 100$$

Donde:

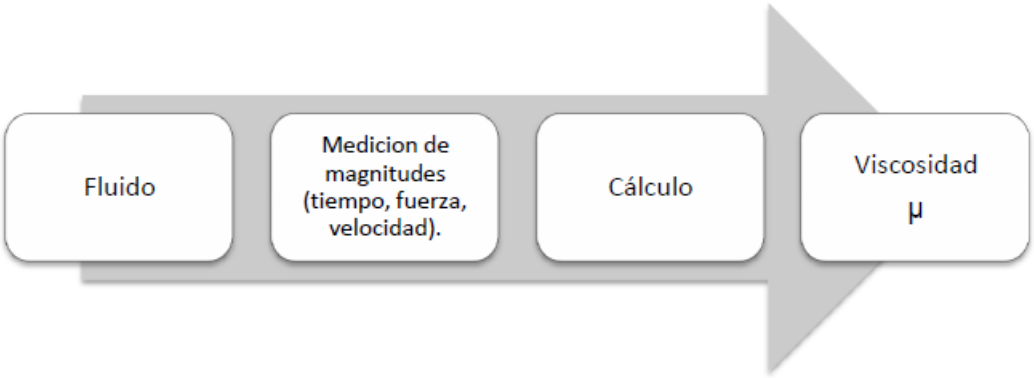
U= Viscosidad cinemática del aceite de prueba a 40 °C.

L= Viscosidad cinemática de un aceite estándar a 40 °C con VI de cero, y que a 100 °C tiene la misma viscosidad que el aceite de prueba.

H=Viscosidad cinemática de un aceite estándar a 40 °C con VI de 100, y que a 100 °C tiene la misma viscosidad que el aceite de prueba.

La viscosidad es una propiedad que no se determina directamente, sino que se calcula a partir de la medida de otras magnitudes y en base a las definiciones de viscosidad dinámica y cinemática. En la Figura N°31 se muestra el método general a seguir [11].

Figura N°31: Metodología general para la medición de viscosidad.



Fuente: Robert L. Mott. Mecánica de Fluidos. México: Pearson Educación, 2006.

Los viscosímetros para fluidos newtonianos se pueden clasificar en tres grupos: Capilares, de Vibración y Rotacionales. A continuación, se describen los más comunes.

2.2.3 Tipos de viscosímetro

Viscosímetro de tambor rotatorio

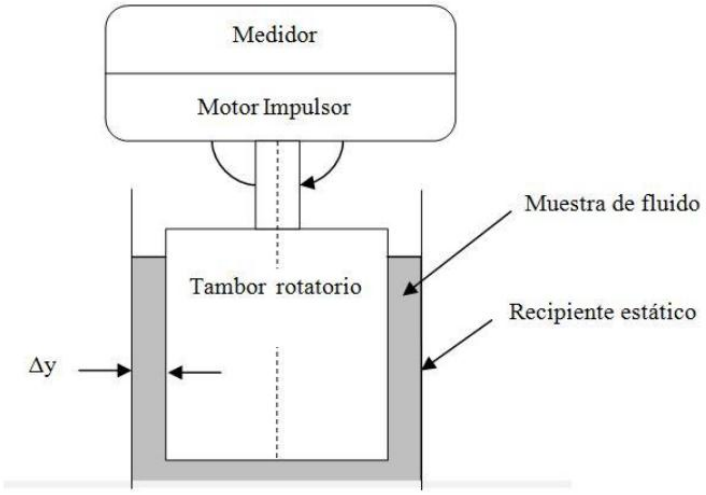
El aparato que aparece en la Figura N°32 mide la viscosidad por medio de la definición de viscosidad dinámica que se da en la ecuación 2, y que puede escribirse:

$$\mu = \frac{\tau}{\Delta v/_{\Delta y}} = \tau\left(\Delta v/_{\Delta y}\right) \ldots . (2)$$

El recipiente exterior se mantiene estático mientras que el motor acoplado al medidor hace girar el tambor rotatorio. El espacio Δy entre el tambor rotatorio y el recipiente es pequeño. La parte del fluido que esta en contacto con este es estacionaria, mientras que el fluido en contacto con la superficie del tambor interior se mueve a una velocidad similar a dicha superficie. Por tanto, en el fluido se establece un gradiente de velocidad conocido $\Delta v/_{\Delta y}$. La viscosidad del fluido ocasiona en él un esfuerzo cortante τ que ejerce un torque de arrastre sobre el tambor rotatorio. El medidor detecta el arrastre e indica la velocidad.

Los distintos modelos del aparato de prueba disponible en el mercado y los rotores diferentes para cada uno, permiten la medición de un rango amplio de viscosidades, desde 2.0 a 4.0 x 10^5 [mPa.s] o hasta 400 [mPa.s]. Este probador se usa para fluidos muy variados: pintura, tintura, comida, derivados del petróleo, cosméticos y adhesivos [12].

Figura N°32: Esquema del viscosímetro de tambor rotatorio.

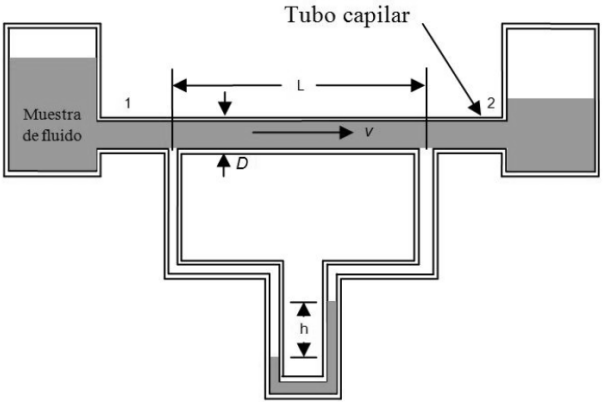


Fuente: Robert L. Mott. Mecánica de Fluidos. México: Pearson Educación, 2006.

Viscosímetro de tubo capilar

Conforme el fluido pasa por el tubo a velocidad constante, el sistema pierde alguna energía, lo que ocasiona una caída de presión que se mide por medio de manómetros (Fig. N°33). La magnitud de la caída de presión se relaciona con la viscosidad de fluido.

Figura N°33: Esquema del viscosímetro de tubo capilar.



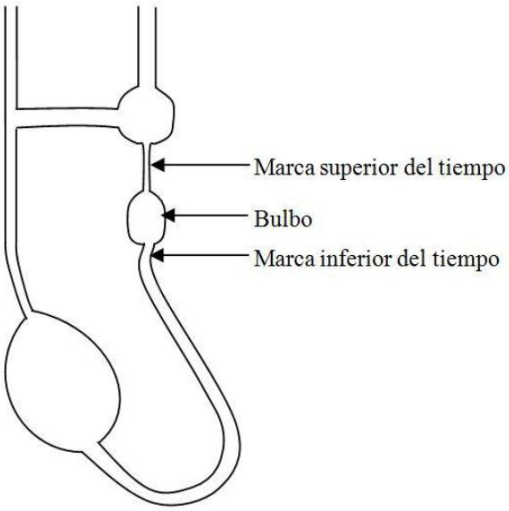
Fuente: Robert L. Mott. Mecánica de Fluidos. México: Pearson Educación, 2006.

Viscosímetro de vidrio capilar estándar calibrado

El tubo de viscosímetro se carga con una cantidad específica de fluido de prueba. Después de estabilizar la temperatura de prueba, se aplica una succión para hacer pasar el fluido por el bulbo, ligeramente por arriba de la marca superior del tiempo (Figura N°33). Se suspende la succión y se permite que el fluido circule por gravedad. La sección de trabajo del tubo es la capilar por debajo de la marca inferior del tiempo. Se registra el tiempo requerido para que el borde superior del menisco pase de la marca superior del tiempo a la inferior. La viscosidad cinemática se

calcula con la multiplicación del tiempo de flujo por la constante de calibración del viscosímetro, la cual suministra el fabricante de este [12].

Figura N°34: Esquema del viscosímetro de vidrio capilar.



Fuente: Robert L. Mott. Mecánica de Fluidos. México: Pearson Educación, 2006.

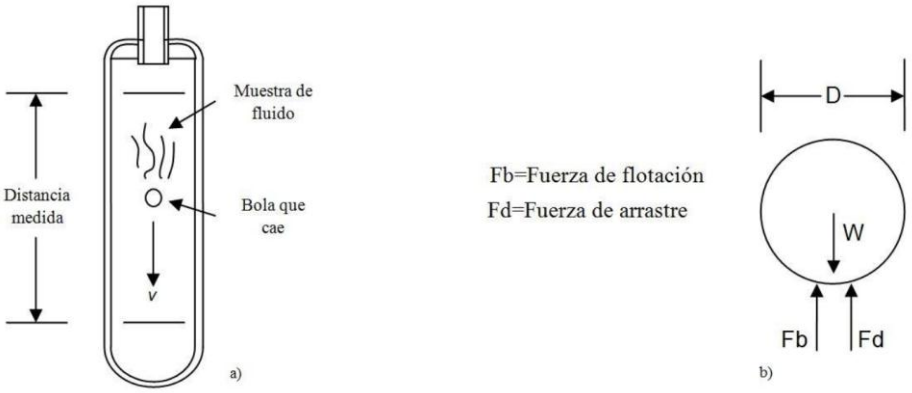
Viscosímetro de bola que cae

Conforme un cuerpo cae en un fluido solamente bajo la influencia de la gravedad (Figura N°35.a), acelerara hasta que la fuerza hacia abajo (su peso) quede equilibrada con la fuerza de flotación y la de arrastre viscoso que actúan hacia arriba. La velocidad que alcanza en ese tiempo se denomina velocidad terminal. En la Figura N°35.b se muestra un diagrama de cuerpo libre de bola, donde w es el peso de la bola, F_b la fuerza de flotación y F_d la fuerza de arrastre viscoso sobre la bola. Cuando alcanza su velocidad terminal, la bola está en equilibrio.

Con estos datos es posible calcular la viscosidad dinámica haciendo uso de expresiones matemáticas. Es necesario que el fluido sea transparente, para que pueda observarse la caída de bola. Sin embargo, algunos viscosímetros disponibles comercialmente disponen de un sensor que registra automáticamente la posición de la bola, de modo que es posible utilizar fluidos opacos.

El fabricante proporciona la calibración entre el tiempo que dura el recorrido y la viscosidad. Para que el viscosímetro se utilice con fluidos de viscosidades en un rango amplio, se dispone de varios tipos y tamaños de bola [12].

Figura N°35: a) Esquema del viscosímetro de bola que cae. b) Diagrama de cuerpo libre de la bola que cae en un viscosímetro.



Fuente: Robert L. Mott. Mecánica de Fluidos. México: Pearson Educación, 2006.

Viscosímetro de Saybolt universal

La factibilidad con que un fluido pasa por un orificio de diámetro pequeño es un indicador de su viscosidad. Este es el principio en que se basa el viscosímetro de Saybolt. Se utiliza un tubo capilar corto y se mide el tiempo que tardan 60 cm^3 en fluir por el tubo bajo una cabeza decreciente. El tiempo en segundos es la lectura de Saybolt. Este aparato mide la viscosidad cinemática gracias a que la varía directamente con el tiempo.

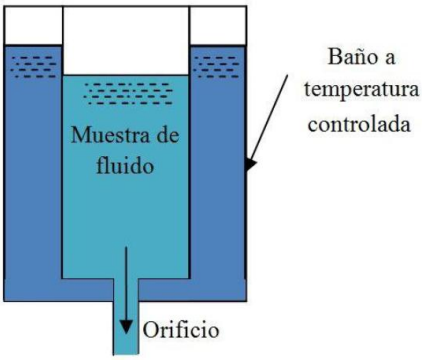
La muestra de fluido se coloca en un aparato similar al que se ilustra en la Figura N°36. Después que se establece el flujo se mide el tiempo que se requiere para reunir la cantidad en ml del fluido.

La relación aproximada entre la viscosidad y los segundos Saybolt se expresa mediante la ecuación 3.

$$v = 0.0022t - \frac{1.80}{t} \ldots (3)$$

En el cual v se encuentra en Stokes y t en segundos.

Figura N°36: Viscosímetro de Saybolt Universal.



Fuente: Robert L. Mott. Mecánica de Fluidos. México: Pearson Educación, 2006.

A manera de resumen, a continuación, se enumeran algunas ventajas y desventajas de los distintos viscosímetros:

- Viscosímetro de tambor rotatorio o cilindros coaxiales, cubren un amplio rango de medición y trabajan con fluidos newtonianos y no newtonianos, pero requieren de conjuntos mecánicos complejos.
- Viscosímetros de tubo, pueden ser construidos a nivel planta piloto o en producción. Su limpieza resulta complicada. [12].
- Viscosímetro de bola que cae, tienen un método de medición sencillo pero poca exactitud.

Viscosímetros Saybolt, tienen una base teórica robusta. La medición depende de la precisión con que sea medido al tiempo [12].

2.2.4 Norma SAE J300

La determinación de viscosidad de aceites para motores se mide con la tabla de viscosidades SAE de acuerdo a la norma SAE J300. Esta tabla clasifica las viscosidades de acuerdo a su viscosidad cinemática a 100 °C y en caso de aceites multigrados también se mide su bombeabilidad y resistencia al arranque en frio [13].

Ejemplo:

- Un aceite Multigrado SAE 15W-XX no puede espesarse a más que 7 000 cP cuando la temperatura baja a -20 °C en las pruebas de la ASTM D 5293, y 60 000 cP en la prueba ASTM 4684.

La tabla también regula la rotura de polímeros, o cizallamiento permitido en alta temperatura (medido a 150 °C), garantizando la protección necesaria para los cojinetes, árbol de levas y todas las piezas que requieren lubricación hidrodinámica forzada. Los aceites certificados API CI-4 tienen más resistencia, por la exigencia del API de mantener esta viscosidad en un mínimo de 3.5 cP a 150 °C [13].

Tabla N°04: SAE J300

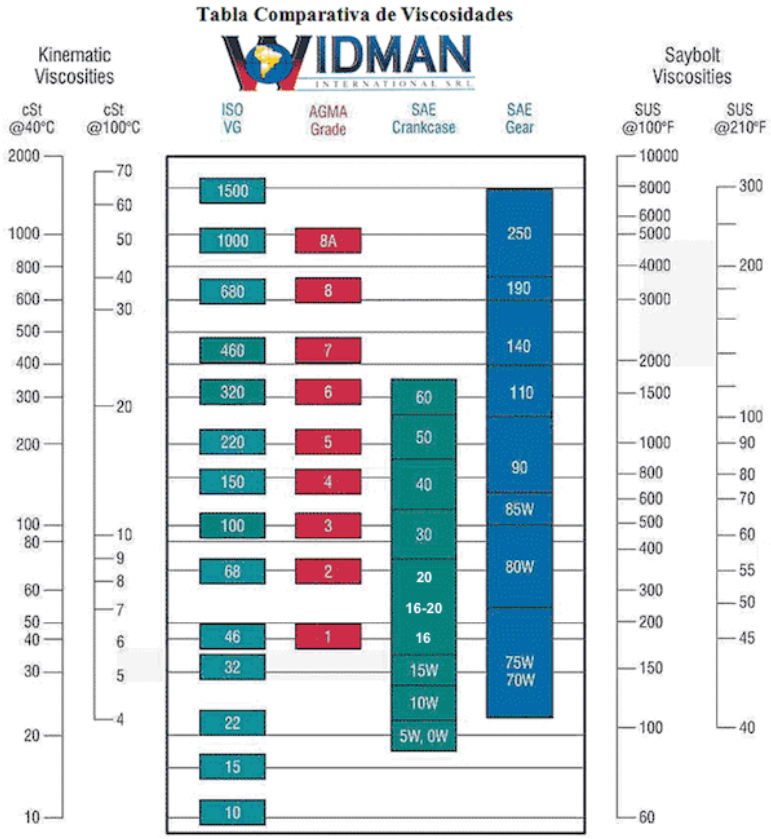
SAE J300 – Revisión Enero 2015					
Viscosidad SAE	Arranque en frio (cP)	Bombeabilidad en frio (cP)	Mínima Cinemática (cSt)	Máxima Cinemática (cSt)	Cizallamiento en alta temperatura (cP)
0W	6 200 a -35 °C	60 000 a -40 °C	3.8	-	-
5W	6 600 a -30 °C	60 000 a -35 °C	3.8	-	-
10W	7 000 a -25 °C	60 000 a -30 °C	4.1	-	-
15W	7 000 a -20 °C	60 000 a -25 °C	5.6	-	-
20W	9 500 a -15 °C	60 000 a -20 °C	5.6	-	-
25W	13 000 a -10 °C	60 000 a -15 °C	9.3	-	-
8	-	-	4	<6.1	1.7
12	-	-	5	<7.1	2.0
16	-	-	6.1	<8.2	2.3
20	-	-	6.9	<9.3	2.6
30	-	-	9.3	<12.5	2.9
40	-	-	12.5	<16.3	3.5 (0W-40, 5W-40, 10W-40)
40	-	-	12.5	<16.3	3.7 (15W-40, 20W-40, 25W-40, 40 monogrado)
50	-	-	16.3	<21.9	3.7
60	-	-	21.9	<26.1	3.7

Fuente: Widman International SRL

Hoy en día hay aceites SAE 15W-40 que pueden mantener 4.2 cP en estas condiciones (ver Fig. N°37).

Esta Tabla N°04 entro en vigor en enero del 2015. Incluye la nueva categoría SAE 8 y SAE 12. Aceites producidos o certificados anteriormente utilizaban una tabla menos exigente [13].

Figura N°37: Tabla comparativa de viscosidades.



Fuente: Widman International SRL

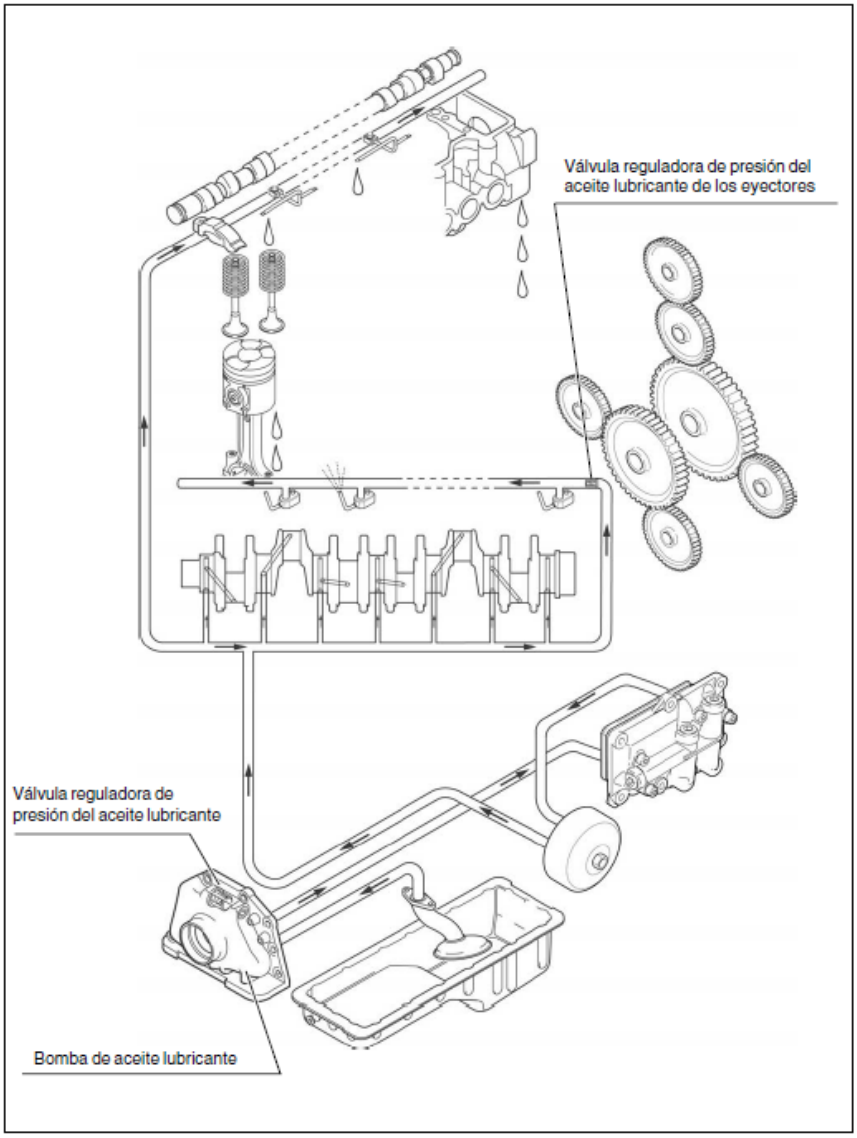
III. DISEÑO

3.1 Metodología

Este proyecto se realiza bajo una investigación sobre los problemas que han tenido los motores de combustión interna, y sobre el mantenimiento al que se adecuaban por el fabricante, donde resaltaremos una forma didáctica y novedosa para que se tenga otra solución a través de los sistemas electrónicos y automatizados. Los sistemas planteados en este escrito requieren de un estudio teórico-práctico, porque este tipo de sistema de medición a desarrollar e implementar, no existe en esta industria, pero si hay dentro de otras industrias para su aplicación, aunque son muy costosas trataremos que tenga mejor alcance para todo tipo de público.

En la siguiente Figura N°38, se ilustra el circuito de lubricación de un motor de combustión interna.

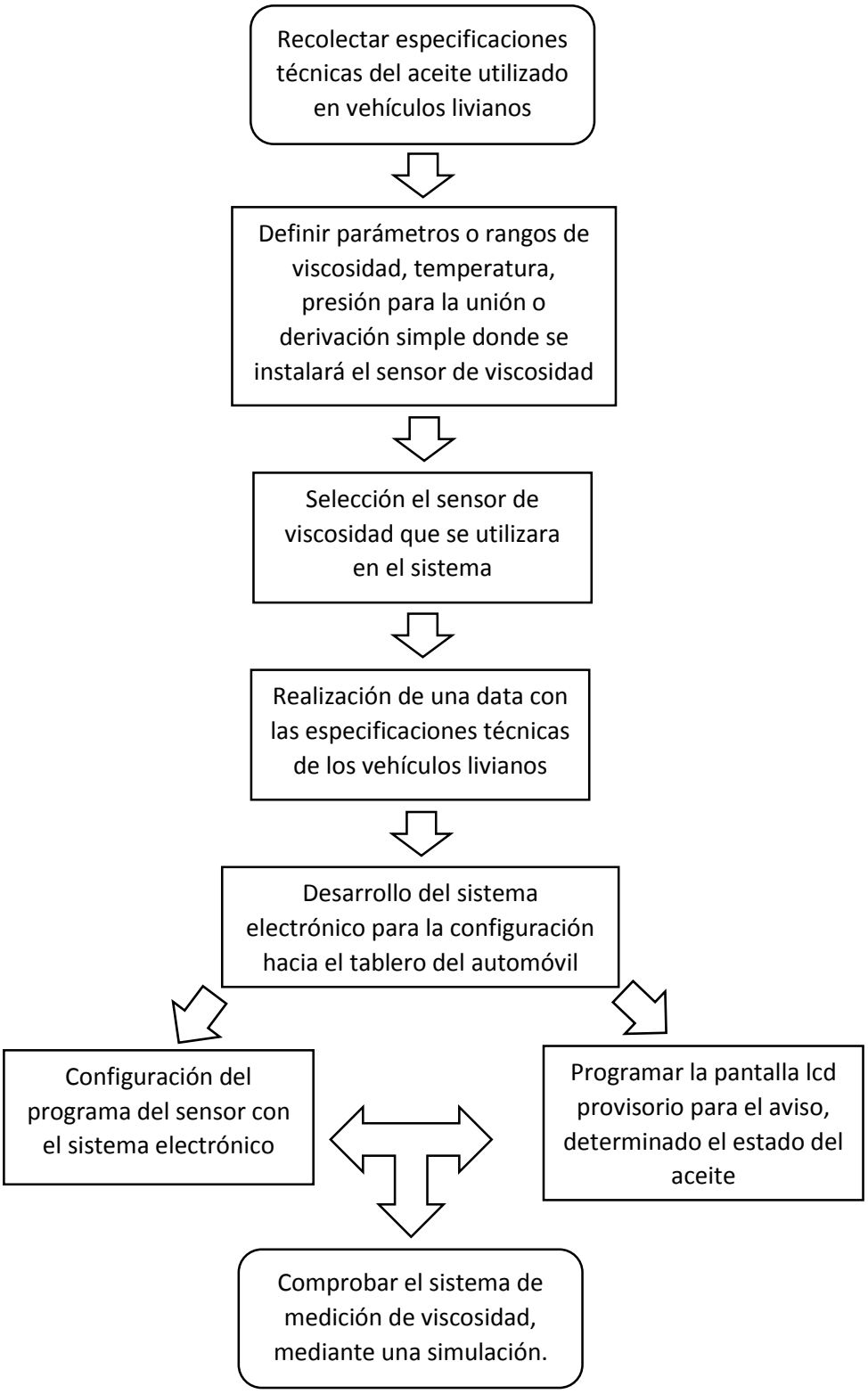
Figura N°38: Circuito de lubricación de un motor de combustión interna.



Fuente: Widman International SRL.

Flujograma del sistema de medición de viscosidad

Figura N°39: Flujograma del sistema de medición de viscosidad de aceite.



Fuente: Propia

Presentaremos todos los componentes del motor de combustión interna, haciendo énfasis al sistema de lubricación del motor en donde se va a desarrollar el diseño del instrumento de medición, llamado viscosímetro de proceso, por ello aún tenemos presente algunas limitaciones del lugar de aplicación del mismo.

Para la recopilación de información de vehículos livianos y vehículos pesados, tuvimos prestaciones de la empresa Transportes Pakatnamu S.A.C., la cual trabaja en el trasporte de mercancía general. Con la finalidad de ver el estado de este tipo de maquinarias, y analizar los resultados de estudios realizados. En la Figura N°40, observaran un ejemplo de un análisis solicitado a la empresa.

Figura N°40: Ejemplo de un análisis de aceite de la empresa Pakatnamu S.A.C.

ANALISIS DE ACEITES USADOS
Servicio de Diagnóstico de Equipos

Laboratorio operado por SGS

NEXO
Shell Lubricants MD

CLIENTE/USUARIO	SERCORISAC	LUBRICANTE	RIMULA R4X 15W40
DIRECCION	PAKATNAMU	GRADO SAE O ISO	
CODIGO COMPONENTE	NODEF_PAKATNAMU B4N-890M	EQUIPO / COMPARTIMIENTO	B4N-890 / CARTER
REFERENCIA		MARCA	INTERNATIONAL
		MODELO / NUMERO DE SERIE	I9200 / NO INFORMADO
		CAPACIDAD CARTER O SISTEMA	12

LUBRICANTE	RIMULA R4X 15W40
LABORATORIO	NEXO CALLAO
REPORTE DE LABORATORIO	2716289
FECHA DE MUESTREO	12-12-2015
FECHA DE RECIBO	19-12-2015
FECHA DE REPORTE	28-12-2015
HORAS O KMS DEL EQUIPO	556865
HORAS O KMS DEL ACEITE	20575
ACEITE AGREGADO(RELLENOS)	
ENSAYOS FISICO-QUIMICO	
VISC.40ºC (cSt)	
VISC.100ºC (cSt)	14.22
T.A.N. (mgKOH/g)	
T.B.N. (mg/KOH/g)	7.51
SPOT TEST (CONTAMINACION)	0.6
AGUA (CRAQUEO) TRAZ/NEG.	NEGATIVO
AGUA, %V.	
DISPERSANCIA (BUE/REG/MALA)	REGULAR
ANALISIS ESPECTROFOTOMETRICO	
HIERRO (Fe) P.P.M.	26
CROMO (Cr) P.P.M.	1
NIQUEL (Ni) P.P.M.	0
ALUMINIO (Al) P.P.M.	1
COBRE (Cu) P.P.M.	5
PLOMO (Pb) P.P.M.	3
ESTAÑO (Sn) P.P.M.	0
PLATA (Ag) P.P.M.	0
TITANIO (Ti) P.P.M.	0
MANGANESO (Mn) P.P.M.	0
CADMIO (Cd) P.P.M.	0
VANADIO (V) P.P.M.	0
SILICIO (Si) P.P.M.	14
SODIO (Na) P.P.M.	7
POTASIO (K) P.P.M.	1
BARIO (Ba) P.P.M.	0
BORO (B) P.P.M.	338
MOLIBDENO (Mo) P.P.M.	45

El contenido de este reporte es confidencial, no podrá ser distribuido a terceros sin la autorización previa y por escrito de NEXO Lubricantes S.A. La precisión, el diagnóstico y las recomendaciones dependen de la representatividad de la muestra e información recolectada y suministrada exclusivamente (o bajo su supervisión) por el cliente. NEXO Lubricantes S. A. no se hace responsable y así lo acepta expresamente el cliente al solicitar el Servicio de Análisis de Aceites Usados, por las acciones u omisiones que sean responsabilidad directa del mismo.
Nexo Lubricantes S.A.
Av. Contralmirante Mora 687 - Callao
e-mail: sde@nexolubricantes.com.pe

Página 1

Fuente: empresa Pakatnamu S.A.C.

Para la toma y estudio del diseño del sistema de medición de viscosidad se tuvo que trabajar con los parámetros utilizados en los diferentes instrumentos de medición de viscosidad, además, se tuvo que trabajar según la norma SAE J300.

Para la realización de este diseño fue necesario en primera instancia, la selección de un sensor factible para el sistema de lubricación del motor de combustión interna, luego la implementación de un sistema que nos genere lectura y el vistazo que el usuario puede realizar cuando se debe realizar el cambio aproximado del aceite de motor. La primera propuesta está a continuación:

- **Pantalla LCD de 2x16**
  Encargada de suministrar la información al usuario.
- **Sensor de viscosidad**
  Dispositivo encargado de realizar la medición de la viscosidad dentro del motor de combustión interna y bajo una señal de corriente enviarla al microcontrolador para que sea procesada y enviada a la pantalla lcd.
- **Proteus**
  Software requerido para realizar la simulación del sistema de medición, compatible con el sensor de viscosidad.
- **Microcontrolador**
  Este será anunciado por los cambios que haya en el sistema de lubricación para generar una alerta al usuario.

Todos los datos que sean recogidos y comparados en estos dispositivos se tendrán que analizar de forma veraz cuando el motor este encendido, ya que debe estar alerta en el momento que por algún detalle se tenga una pérdida de presión en el sistema de lubricación.

Teniendo en cuenta que la finalidad principal del proyecto, es realizar el diseño de un sistema de medición, se recoge la información del motor de combustión interna y se envía a través de variables de corriente al microcontrolador, para interpretar los valores de viscosidad en dicho motor.

Los motores en la actualidad no cuentan con un instrumento de medición de viscosidad del aceite del motor de combustión interna, solo cuentan con un sistema de lubricación, en el cual tienen un medidor de presión para verificar si la bomba de aceite está funcionando correctamente. Para ello implementaremos dicho instrumento, para llevar un control de la viscosidad del aceite y que el usuario pueda enterarse para un futuro cambio de aceite en el motor de combustión interna.

3.2 Diseño del sistema de medición para el aceite del motor de combustion interna

El motor de combustión interna es comandado por un sistema de lubricación, la cual es un sistema cerrado. Para la implementación del instrumento de medición, estamos proponiendo crear una derivación externa al motor de combustión para no alterar ningún parámetro interno.

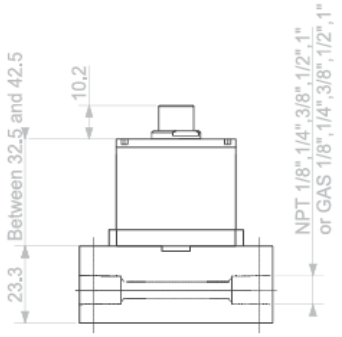
El motor de combustión interna, está compuesta por un sistema de lubricación, la cual es de mucho interés para el instrumento de medición. Bajo todas estas premisas de este instrumento de medición se instaló un sistema electrónico que es capaz de detectar los niveles de viscosidad del aceite. Para la recolección de datos del instrumento se instaló un sensor de viscosidad que mide la viscosidad y la convierte en una señal eléctrica que es enviada a un microcontrolador para que este realice su proceso de analizar y comparar las variables con los datos originales que vienen programados de fábrica.

Sensor de viscosidad

Su objetivo es transformar una magnitud cinemática en una eléctrica, en este caso transforman una fuerza por unidad de superficie en un voltaje equivalente a esa presión ejercida. Basándose en el principio de micro resonador, el sensor de viscosidad convierte la viscosidad del sistema en una señal de salida eléctrica a este de 0 a 10 V (ver Fig. N°41 y Fig. N°42).

El sensor presenta una alta resistencia a temperaturas y presiones altas, por ejemplo: el motor en funcionamiento está a 100 °C, aunque está indicado para procesos industriales.

Figura N°41**:** Plano vista de corte vertical del sensor de viscosidad.



Fuente: Brochure Empresa Cactus Avenisense.

En la siguiente figura se muestra el sensor de viscosidad que se utilizó para la medición de viscosidad de aceite, este lleva un cable que va a una bornera y es el que se encarga de llevar la señal al sistema electrónico, para que este procese y ejecute las operaciones.

Figura N°42: Sensor de viscosidad de aceite AVENISENSE-CACTUS.

Fuente: Brochure Empresa Cactus Avenisense.

En el instante que llega la señal del sensor al microcontrolador, este procesa la información y compara con la asignada en su data, para enviarla a la pantalla LCD que le va a mostrar al usuario los datos del sistema de lubricación y donde luego retornará a nuevas lecturas. El microcontrolador utilizado es el PIC 18F4550, la cual cuenta con una buena memoria RAM y pines de salida de voltaje de hasta 12 V, la facilidad del PIC para usar como software de simulación al Proteus.

Salida de pines

En cada configuración, la fuente de alimentación debe conectarse entre el pin y la tierra con un valor de +6 a +24 VDC [14].

Salida 0/10 voltios

En caso de salidas 0/10 voltios, la Tabla N°05 presenta la asignación de los cables.

Tabla N°05: Asignación de cables para salidas 0/10 voltios.

#	Color	Nombre	Función
1	PÚRPURA	N1	Debe estar desconectado
2	NARANJA	A1	V01
3	NEGRO	Tierra	Tierra
4	ROJO	PVIN	Suministro de energía
5	MARRÓN	Tierra	Tierra
6	VERDE	A3	V03
7	AZUL	N2	Debe estar desconectado
8	AMARILLO	A2	V01

Fuente: Propia

Salidas analógicas

De acuerdo con la configuración de hardware solicitada, el sensor podría tener la posibilidad de comunicar los datos (temperatura, densidad…) con una de las tres salidas analógicas diferentes [14]:

4/20 mA.

Frecuencia.

0/10 voltios.

Cada configuración analógica se compone de tres salidas con la siguiente asignación estándar [14]:

Salida A: Temperatura (K).

Salida B: Densidad (kg/m^3).

Salida C: Viscosidad dinámica (Pa.s) o Viscosidad cinemática (m^2/s)

Relación de voltaje-viscosidad

Tabla N°06: Relación voltaje viscosidad.

Descripción	Salida de voltaje (V)	Viscosidad cinemática (cSt)
Valor mínimo	0	0
Valor máximo	5	500

Fuente: Propia

Viscosidad Cinemática es directamente proporcional a la **Salida de voltaje.**

Microcontrolador PIC 18F4550

PIC 18F4550 es un microcontrolador con modulo USB, ya que tendremos una data de las características técnica de los vehículos livianos, las cuales serán introducidas según el vehículo en donde se instalará dicho sistema, para un uso más eficiente. El software PROTEUS tiene las prestaciones adecuadas para la simulación con dicho PIC, ya que su data de componentes electrónicos es diversa y es la más completa hasta ahora.

El microcontrolador seleccionado, es dependiente con el software para ejecutar en un computador, ya que allí se llevará a cabo la simulación.
Dicho PIC viene listo para usar, basta con ingresar los datos de salidas y entradas, hacer uso de la data mediante el USB y seleccionar el vehículo con sus rangos de viscosidad y ver con certeza su degradación.

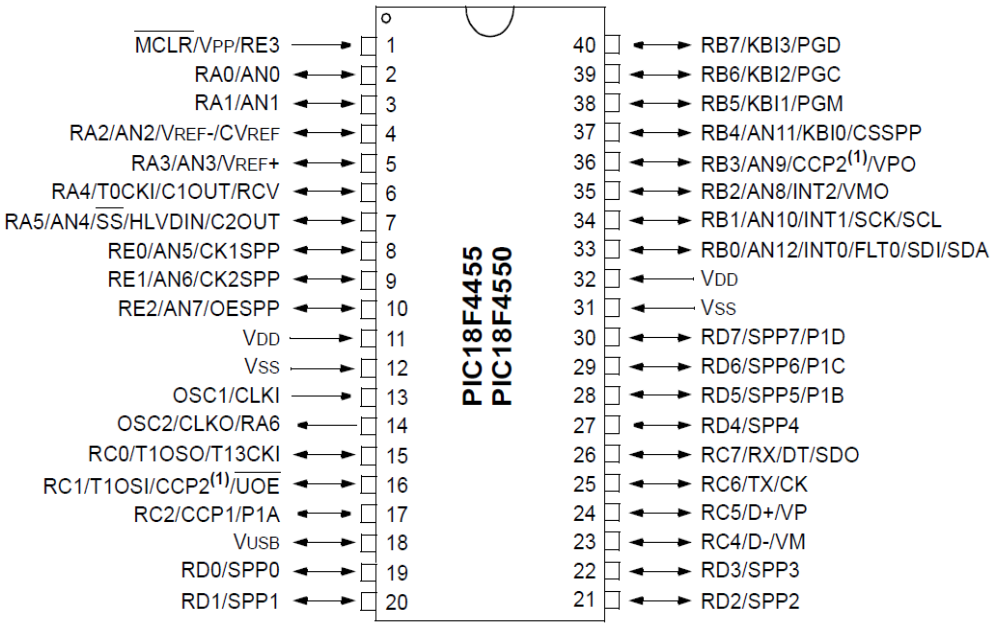
Especificaciones técnicas del Microcontrolador PIC 18F4550. Es una placa electrónica que será utilizado con el software PROTEUS. Cuenta con 32 entradas/salidas digitales, una de 48 MHz como máximo, una conexión USB, un conector de alimentación, y un botón de reinicio [15].

Tabla N°07: Características del PIC 18F4550.

CARACTERISTICAS	PIC18F4550
Frecuencia de operación	Hasta 48 MHz
Memoria de programa (bytes)	32,768
Memoria RAM de datos (bytes)	2,048
Memoria EEPROM datos (bytes)	256
Interrupciones	20
Líneas E/S	35
Temporizadores	4
Módulos de comparación/Captura/PWM (CCP)	1
Módulos de comparación/Captura/PWM mejorado (ECCP)	1
Canales de Comunicación Serie	MSSP.EUSART
Canal USB	1
Puerto paralelo de transmisión de datos (SPP)	1
Canales de conversión A/D de 10 bits	13 canales
Comparadores analógicos	2
Juego de instrucciones	75(83 ext.)
Encapsulados	PDIP 40 pines QFN 40 pines TQFP 40 pines

Fuente: [15]

Figura N°43: Esquema de entradas y salidas del PIC 18F4550.



Fuente: [15]

Pantalla LCD

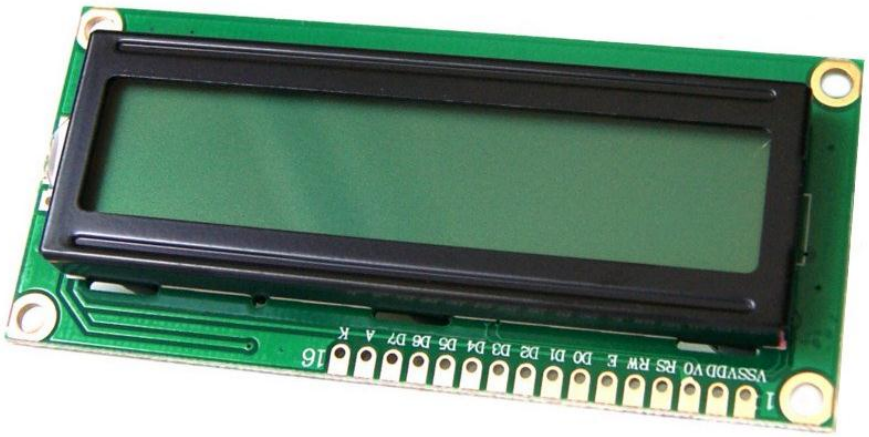
Cada vez es más necesaria una buena comunicación Hombre-máquina (HMI), y una de las formas de mejorar dicha interacción es mediante sensores que pueden llevar esa información a una pantalla. Es un método muy utilizado por los fabricantes de software, ya que permite una excelente comprensión por parte de cualquier usuario sin necesidad de tener conocimientos informáticos.

El reflejo de los valores nominales de las variables que nos brindan. Funciona como apoyo al usuario para una orientación acerca de que parámetros mide y cuál es su finalidad, a través de la alteración de flujo.

Una de las partes más importantes en esta presentación es el funcionamiento de la pantalla LCD porque es esta la que se encarga de mostrar constantemente al usuario los datos del sistema de lubricación y la viscosidad en la que se encuentra trabajando. En el momento de que la señal es recibida por el sensor y entregada al microcontrolador con los datos de la computadora, esta es procesada por cuestión de milisegundos y comparados con los datos de la computadora, para posteriormente ser enviadas a la pantalla y mostrar en un tiempo aproximado de 3 segundo los datos del sistema de lubricación. Durante esta participación es la parte más crítica de la ejecución del proyecto porque se necesita de datos muy concretos para que las señales sean enviadas con veracidad y precisión en el momento oportuno y prevenir así un daño mayor en cada una de las piezas del motor y que trabajan a revoluciones muy altas que pueden ser catastróficas cuando se presenta una falla de lubricación en todo el sistema.

En la siguiente figura se puede ver la pantalla LCD, la cual será utilizada para colocar los parámetros de viscosidad (Unidad: CentriStokes):

Figura N°44: Pantalla LCD 1602.



Fuente: https://shop.master.com.mx/product/detail?id=7587

Salida de pines

Estas salidas se controlan fácilmente con una placa Arduino, pero en este caso será mediante un PIC. Para ellos veremos la función de cada PIN en la siguiente tabla [16]:

Tabla N°08: Descripción de las salidas de pines de la pantalla LCD 10602.

Pin No	Nombre	Descripción
1	Vss	GND o tierra
2	Vdd	Alimentación Vcc o +5V
3	Vo	Control del contraste del display
4	RS	Selección de registro. Registro de comandos y datos
5	R/W	Escritura del LCD. Lectura del LCD
6	E	Señala el inicio de la escritura o lectura del LCD
7	D0	Bus de datos, corresponde al bit menos significativo
8	D1	Bus de datos, corresponde al bit menos significativo
9	D2	Bus de datos, corresponde al bit menos significativo
10	D3	Bus de datos, corresponde al bit menos significativo
11	D4	Bus de datos, corresponde al bit más significativo
12	D5	Bus de datos, corresponde al bit más significativo
13	D6	Bus de datos, corresponde al bit más significativo
14	D7	Bus de datos, corresponde al bit más significativo
15	R-Vdd	Ánodo de la retroiluminación
16	R-Vss	Cátodo de la retroiluminación

Fuente: [16]

Programa para la pantalla LCD

Para realizar la programación de la pantalla LCD se usó el programa PROTEUS en el que se realizaron los ajustes de la pantalla y el contenido que le va a servir al usuario para orientarse acerca de las lecturas que está registrando el programa y que van a ser visualizados por la pantalla.

En el siguiente texto se muestra el proceso para realizar la programación y dar los ajustes de la pantalla que se va a encargar de dar las lecturas de la información recogida por el sensor de viscosidad, y el microcontrolador PIC 18F4550 y la alarma que tiene el sistema en caso de que pase de los parámetros permisibles.

```
'*****************************************************************
'*Name: SISTEMA DE MEDICION DE VISCOSIDAD DE ACEITE                *
'*Author  : RUFASTO VARGAS EDIEE MAURICIO                          *
'*Notice  : Copyright (c) 2017 [select VIEW...EDITOR OPTIONS]      *
'*         : All Rights Reserved                                    *
'* Date    : 15/11/2017                                             *
'* Version : 1.0                                                    *
'* Notes   :                                                        *
'*         :                                                        *
'*****************************************************************

TRISD=%00000000
TRISA=%11111111

portd.0=0

define LCD_DREG      PORTD
DEFINE LCD_DBIT      4
DEFINE LCD_RSREG     PORTD
DEFINE LCD_RSBIT     2
DEFINE LCD_EREG      PORTD
DEFINE LCD_EBIT      3

DEFINE ADC_BITS 16
DEFINE ADC_CLOCK 3
DEFINE ADC_SAMPLEUS 50
```

Durante la implementación de este proyecto en el software, se logró instalar una caja metálica que se mostrará en la siguiente figura para la protección de los diferentes equipos y dispositivos que deben ser expuestos de manera didáctica a los usuarios, donde se instalará el sistema de medición con sus diferentes aplicaciones.

Figura N°45: Caja metálica Retex Kit Elbox.

Fuente: https://www.natronic.es/producto/cajas/cajas-retex/caja-elbox-90x41x145-re1/

Diseñada para aplicaciones de mando y control con visor frontal/posterior. Torretas en la base para tornillos, para facilitar el montaje de cartas. Permiten incluso fijación de cartas según IEC 60297.

La estructura básica de la caja lo forman dos viguetas metálicas laterales a las que se fijan los dos paneles, y todo el conjunto queda protegido por tapa y base. Las viguetas incluyen colisos donde fijar de manera robusta u otros componentes.

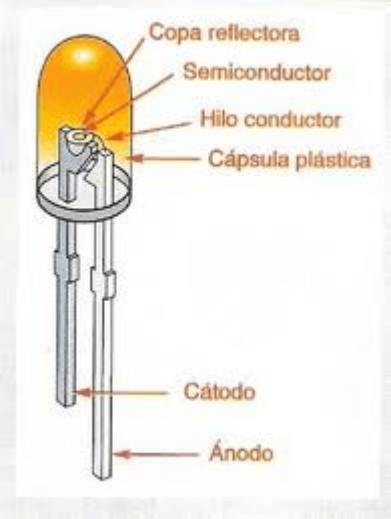
Cuando se realiza el montaje del sistema electrónico y se realiza sus terminados, se empieza a realizar la programación del microcontrolador y la pantalla LCD para darle definición a los parámetros de trabajo y al foco led con la que se sincronizará, funcionando como un sistema de alarma o aviso al usuario. Cada uno tiene un fin específico, ya que se mide la viscosidad del aceite que resaltan y alertan al usuario en caso que la viscosidad este fuera de los parámetros establecidos (0-500 cSt) y genera el encendido del foco led para la advertencia y el posible cambio de aceite en el motor de combustión interna.

En el momento de que todos estos datos estén comparados y procesados por el microcontrolador lo va a transmitir mediante la pantalla led al tablero del vehículo para que el usuario pueda visualizar en tiempo real, evitando daños en el motor de combustion interna.

Diodo led

Los diodos leds tienen dos patillas de conexión una larga y otra corta. Para que pase la corriente y emita luz se debe conectar la patilla larga al polo positivo y la corta al negativo. En caso contrario la corriente no pasará y no emitirá luz. En la imagen siguiente vemos el interior de un diodo led [17].

Figura N°46: Parte interior de un diodo led.



Fuente: [17]

Los leds trabajan a tensiones más o menos de 2V. Si queremos conectarlos a otra tensión diferente deberemos conectar una resistencia en serie para que parte de la tensión se quede en la resistencia y al led solo le queden los 2V [17].

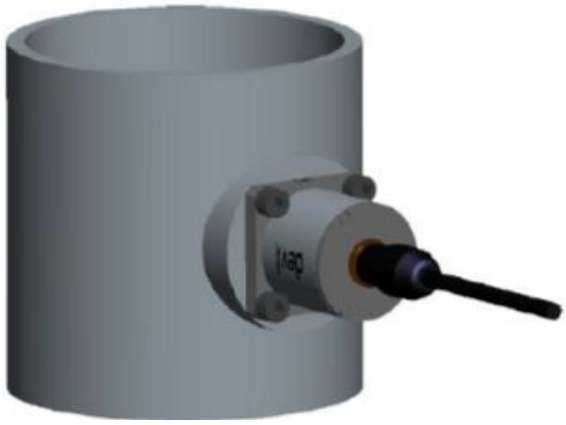
Luego de tener todas estas variables concretadas, con sus diferentes componentes en funcionamiento el sistema quedara con un sistema de protección electrónica que lo harán confiable en la implementación de este proyecto en motores de combustion interna de vehículos de gama baja y media, los cuales son los más expuestos a sufrir este tipo de inconvenientes, ya que en el momento de que el aceite pierda sus propiedades de viscosidad, como la de degradación quimia o desgaste de los componentes del motor mediante fricción o el usuario no lleve un control de mantenimiento preventivo en este caso de cambio de aceite, lo más fijo será que el motor sufra drásticas consecuencias y el usuario tenga que pagar precios muy elevados por reparaciones mecánicas que pueden ser evitadas con la implementación de este proyecto.

Este proyecto va a ser de mucha importancia para los estudiantes que están interesados en el área automotriz porque en cada una de las aplicaciones se ve de manera detallada cada uno de los circuitos, tecnologías, dispositivos aplicados en la simulación de este proyecto. Además, se puede visualizar uno de los puntos más críticos en un motor como es la viscosidad del aceite en el sistema de lubricación.

Luego de la selección de los componentes electrónicos, como la del sensor, el microcontrolador, pantalla lcd, diodo led, caja metálica y el calibre de cables; pasamos a seleccionar el lugar de ubicación del sensor de viscosidad Avenisense Cactus, la cual se instalará en una tubería de derivación doble, escogiendo solo un ducto del sistema que estará anticipando al sensor de presión de aceite y será una muestra fehaciente de aceite del motor ya que será posterior al filtro de aceite. La tubería tendrá un diámetro de ¾ de pulgada la cual variará en lo mínimo de acuerdo a la potencia del motor del vehículo, aproximadamente de más o menos 12 mm.

En la siguiente figura se mostrará la manera correcta de la instalación del sensor de viscosidad en una tubería por donde pasará el aceite de motor de manera didáctica [18].

Figura N°47: Montaje del sensor Cactus Avenisense en un ducto del sistema de lubricación.



Fuente: [18]

El orificio a realizar en el ducto es aproximadamente de 34 mm, el sensor viene calibrado de fábrica según los requerimientos técnicos solicitados. Para ello, la estructura del código del producto del sensor se construye como se describe a continuación [19]:

BBB-CC-DD-EEE-F-GGGG-H-I-J-K

BBB: Tipo de sensor e índice de generación.

CC: Diseño mecánico del sensor.

DD: Interfaz eléctrica y longitud del cable.

EEE: Hardware y protocolo de comunicación.

F: Material del cuerpo.

GGGG: Rangos de calibración.

H: Tipo y material del sello externo.

I: Las letras “A” indican que el sensor está certificado por ATEX/IECEX.

J: Otros certificados.

K: Auxiliar.

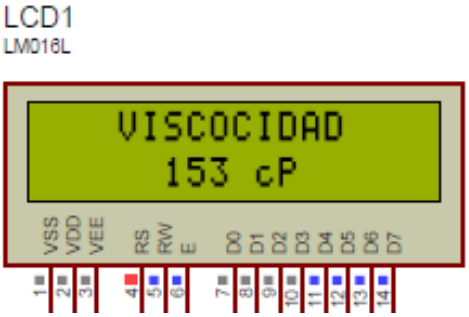
Para la instalación, se deben observar las temperaturas ambientales máximas permitidas. En este caso es de 100 °C en un correcto funcionamiento del motor, con una presión de 1 bar en el sistema de lubricación, estando dentro del rango permisible por fábrica del sensor. Se instalará en una sección recta de la línea del fluido, la cual es recomendada por el fabricante para aprovechar su precisión del

dispositivo. Posteriormente luego de la selección del sensor de viscosidad mediante la estructura con los requerimientos solicitados y la instalación del sensor y los dispositivos electrónicos que se encontraran en la caja metálica y llevara la señal a la pantalla LCD y al diodo led para que el usuario pueda visualizar los parámetros de viscosidad y al mismo tiempo alarmar cuando el aceite del motor cumpla con su vida útil para un cambio de aceite eficaz [20].

La alarma para el sistema de lubricación está calculada para que cuando pase los 300 cSt se encienda el diodo led indicando que el aceite se ha degradado en su totalidad. Mientras se encuentre en el rango de 0 a 300 cSt el motor funcionará con normalidad y esto dependerá del aceite que el usuario utilizará.

En la siguiente figura se observará mediante la salida de voltaje en este caso de 3V como el sistema trabajará de forma normal y se apreciará en la pantalla LCD que se encuentra dentro del rango, ya establecido en el capítulo anterior.

Figura N°48: Simulación de viscosidad con 3V.



Fuente: Propia

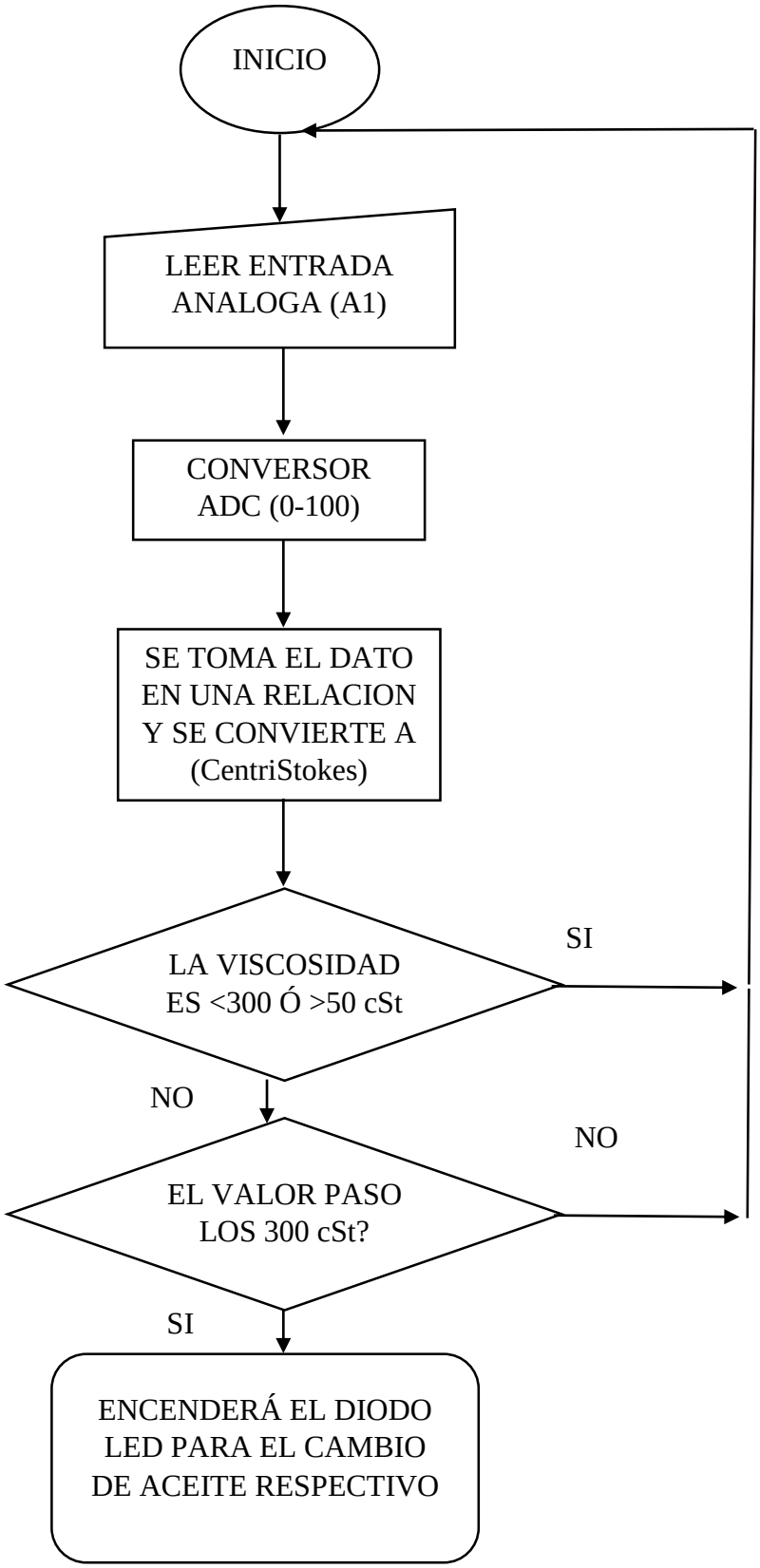
Simulador Proteus

Para realizar la secuencia de programación en Proteus se realizó el siguiente programa, el cual, está compuesto con temas de viscosidad, porque está programado para realizar registros de esta actividad. El programa mostrará la variable de viscosidad en la pantalla LCD y dependiendo de los valores se activará la alarma por intermedio del diodo led.

El sistema está programado para que el usuario pueda visualizar los registros de viscosidad del sistema de lubricación y en caso que pase los 300 cSt, el sistema mandara una señal mediante el encendido del diodo led para que el usuario se dé cuenta del problema y pueda optar por el cambio de aceite en el tiempo más breve posible, para evitar futuros daños en los componentes del motor de combustion interna, y ahorrar al cliente futura reparaciones que salen tan costosas y que en muchos casos se pueden volver a presentar.

Diagrama de flujo del programa del Proteus

Figura N°49: Programa del Microcontrolador PIC 18F4550.



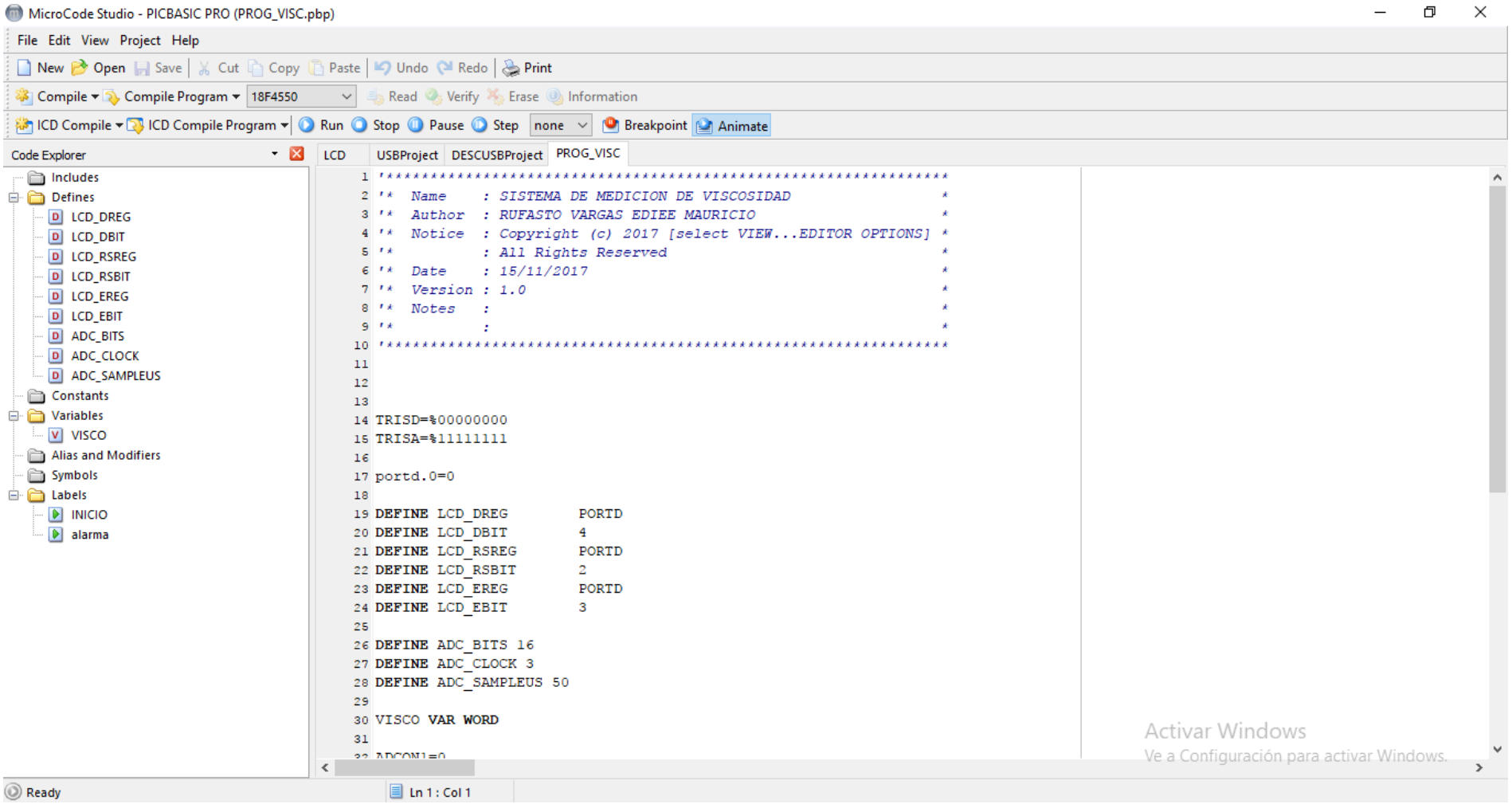
Fuente: Propia

```
'*****************************************************************
'*  Name   : SISTEMA DE MEDICION DE VISCOSIDAD DE ACEITE        *
'* Author  : RUFASTO VARGAS EDIEE MAURICIO                      *
'* Notice  : Copyright (c) 2017 [select VIEW...EDITOR OPTIONS]  *
'*         : All Rights Reserved                                *
'*  Date   : 15/11/2017                                         *
'*  Version : 1.0                                               *
'*  Notes  :                                                    *
'*         :                                                    *
'*****************************************************************
TRISD=%00000000
TRISA=%11111111

portd.0=0

define LCD_DREG       PORTD
DEFINE LCD_DBIT       4
DEFINE LCD_RSREG      PORTD
DEFINE LCD_RSBIT      2
DEFINE LCD_EREG       PORTD
DEFINE LCD_EBIT       3

DEFINE ADC_BITS 16
DEFINE ADC_CLOCK 3
DEFINE ADC_SAMPLEUS 50

VISCO VAR WORD

ADCON1=0
```

```
pause 500:Lcdout $FE,1

INICIO:

ADCIN 0,VISCO
visco= visco/131

Lcdout $FE,1, "   VISCOCIDAD"
LCDOUT $FE,$C0,"     ",DEC VISCO, " cSt"
PAUSE 100
if visco >= 300 then alarma
goto inicio

alarma:
portd.0=1

GOTO INICIO
```

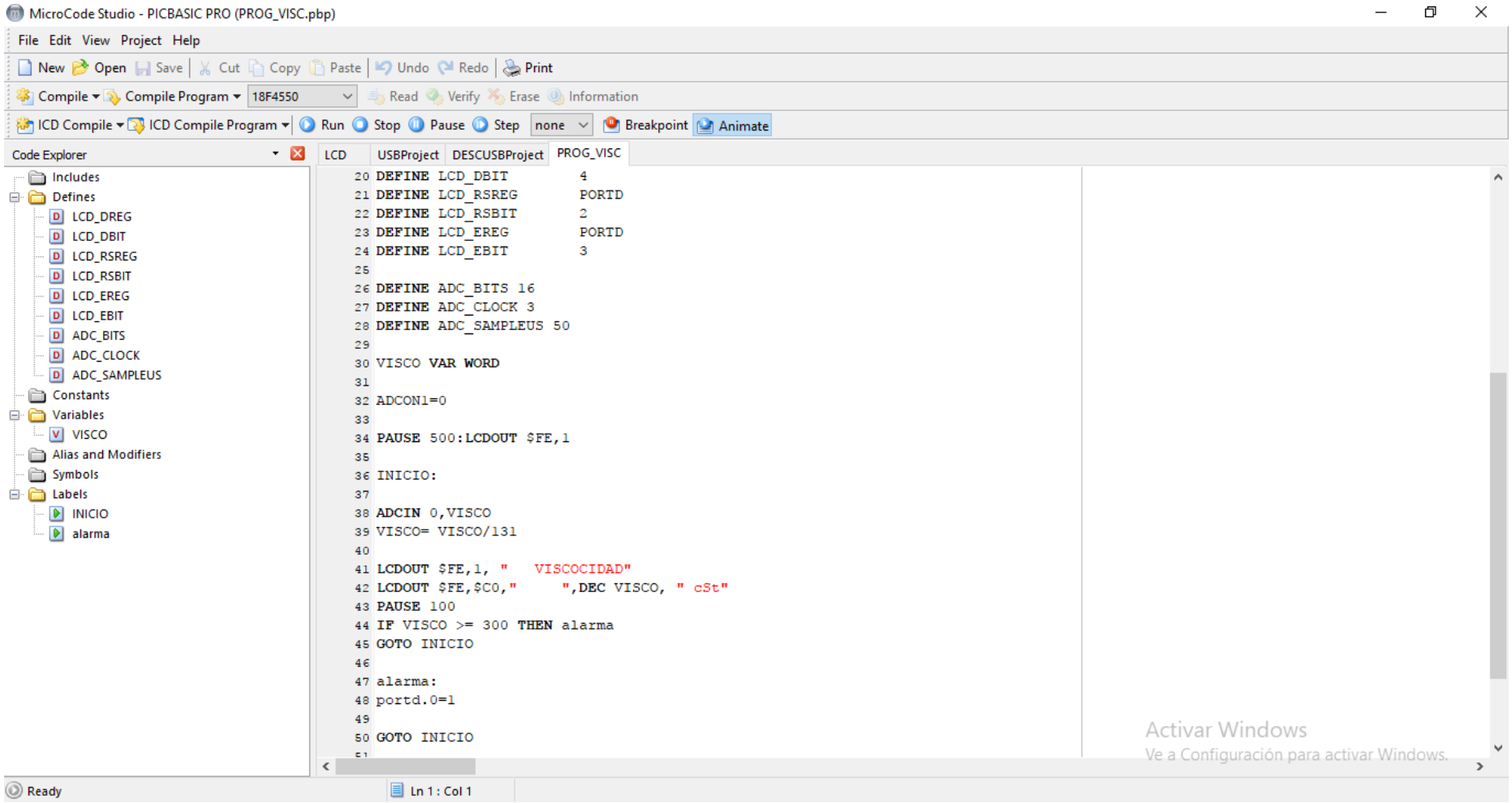
Luego de haber transcrito la programación, en las siguientes figuras apreciaremos la programación en el mismo software y puedan darse cuenta como es el software, sus barras de herramientas y lo amigable para el aprendizaje del mismo.

Figura N°50: Programación del sistema de medición de viscosidad en el software MicroCode Studio (1).



Fuente: Propia

Figura N°51: Programación del sistema de medición de viscosidad en el software MicroCode Studio (2).



Fuente: Propia

Programas utilizados

Los softwares seleccionados para nuestra simulación y la cual son complementos para el Proteus son:

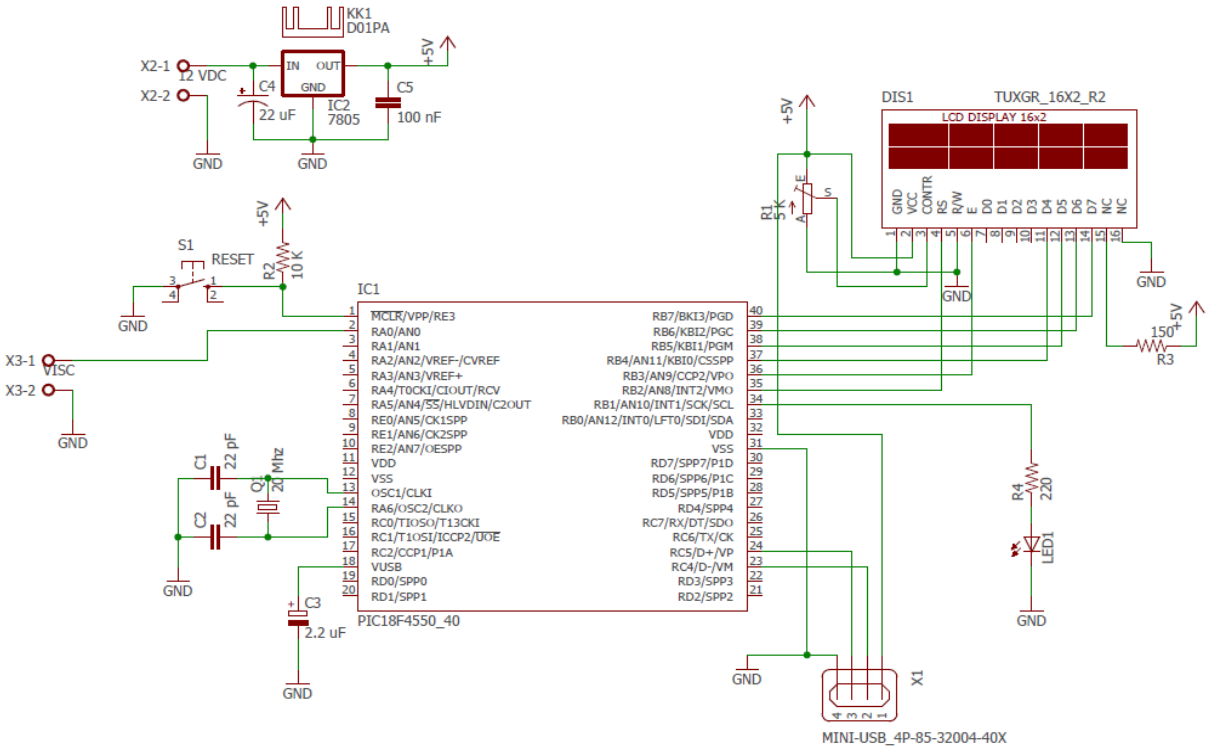
- MicroCode Studio. (Programación del PIC)
- MPLAB. (Compilador)
- PROTEUS. (Simulador)
- EAGLE. (Diseño de diagramas).

Los softwares utilizados son programas libres, por tal motivo no necesitan de una licencia para su uso.

Esquema de conexión eléctrica del sistema de medición de viscosidad

Luego de realizar el programa del sistema de medición de viscosidad en el sistema de lubricación de un motor de combustion interna, se pasó a realizar el montaje del sistema de la mano con el microcontrolador para que pueda funcionar de forma segura y confiable ante los datos que se está registrando. En la siguiente figura mostraremos el esquema eléctrico del montaje del sistema de medición de viscosidad simulando la intervención del sensor de viscosidad con voltajes de salida 0/10 V.

Figura N°52: Esquema de conexión eléctrica del sistema de medición de viscosidad.



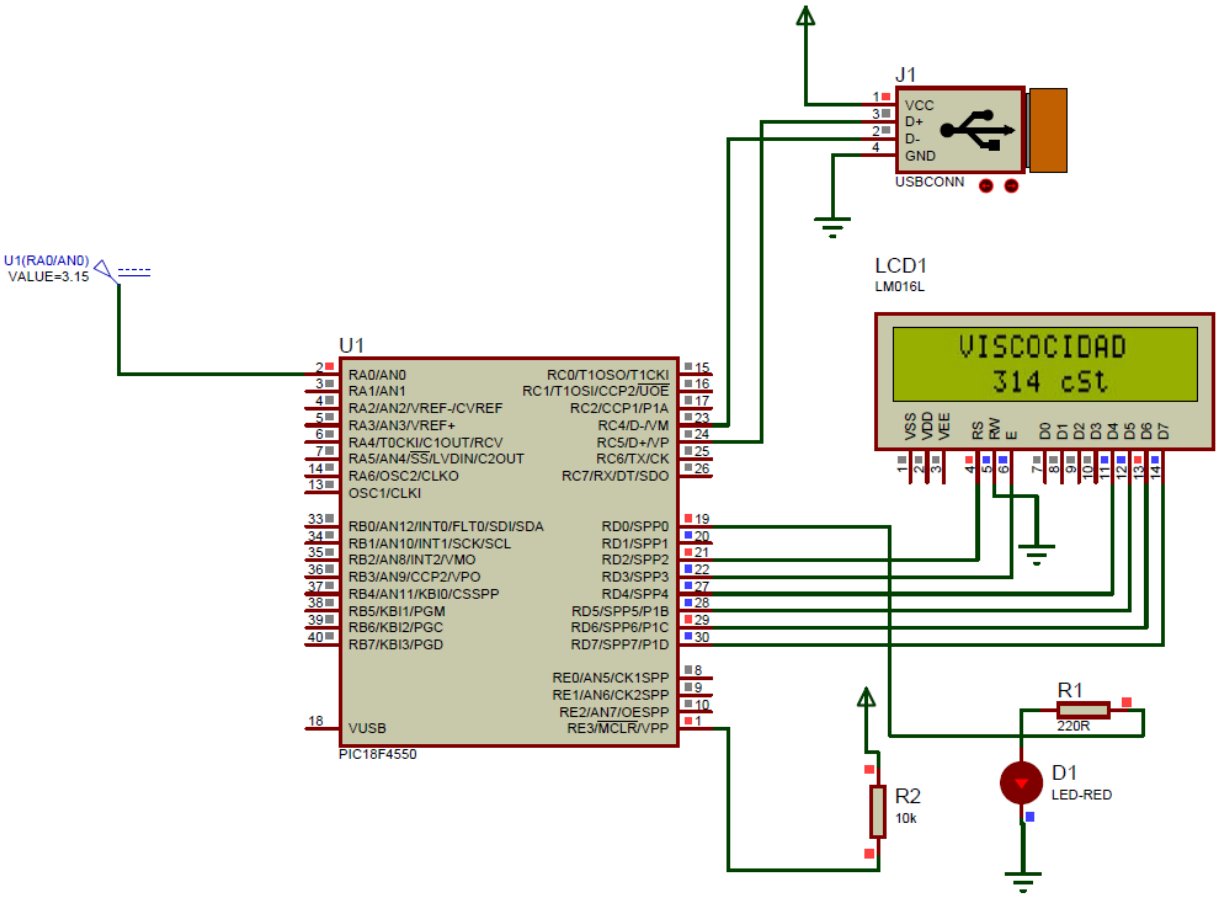
Fuente: Propia.

IV. RESULTADOS

La aplicación del sistema de medición de viscosidad al sistema de lubricación, se encarga de estar registrando datos obtenidos por el sensor de viscosidad para estar informando al microcontrolador sobre la variable del sistema de lubricación, teniendo en cuenta que este sistema ayudará para que los usuarios que tengan un vehículo de gama baja – media puedan instalar un dispositivo capaz de prevenir los daños en el motor por la pérdida de lubricación, ya sea por degradación del aceite o desgaste de los componentes, bomba de aceite y un filtro de aceite, todo esto ha conllevado, a que hoy en día se pague más por un mantenimiento correctivo que por un mantenimiento predictivo, el cual le ahorraría grandes sumas de dinero a los usuarios de este tipo de vehículos y los motores serían más confiables y tendrían un mayor tiempo de vida útil, resumido esto en los kilómetros de recorridos sin sufrir ningún tipo de inconveniente mecánico.

Durante la ejecución del proyecto se realizaron varias pruebas de simulación para determinar el estado del sistema, la información que procesa el microcontrolador y que la transmite a la pantalla lcd para que pueda ser evidenciada por el usuario. A continuación, se va a mostrar la simulación del sistema de medición hecha por el software Proteus y veremos los resultados obtenidos ante dicha prueba.

Figura N°53: Simulación del sistema de medición de viscosidad en el software Proteus.

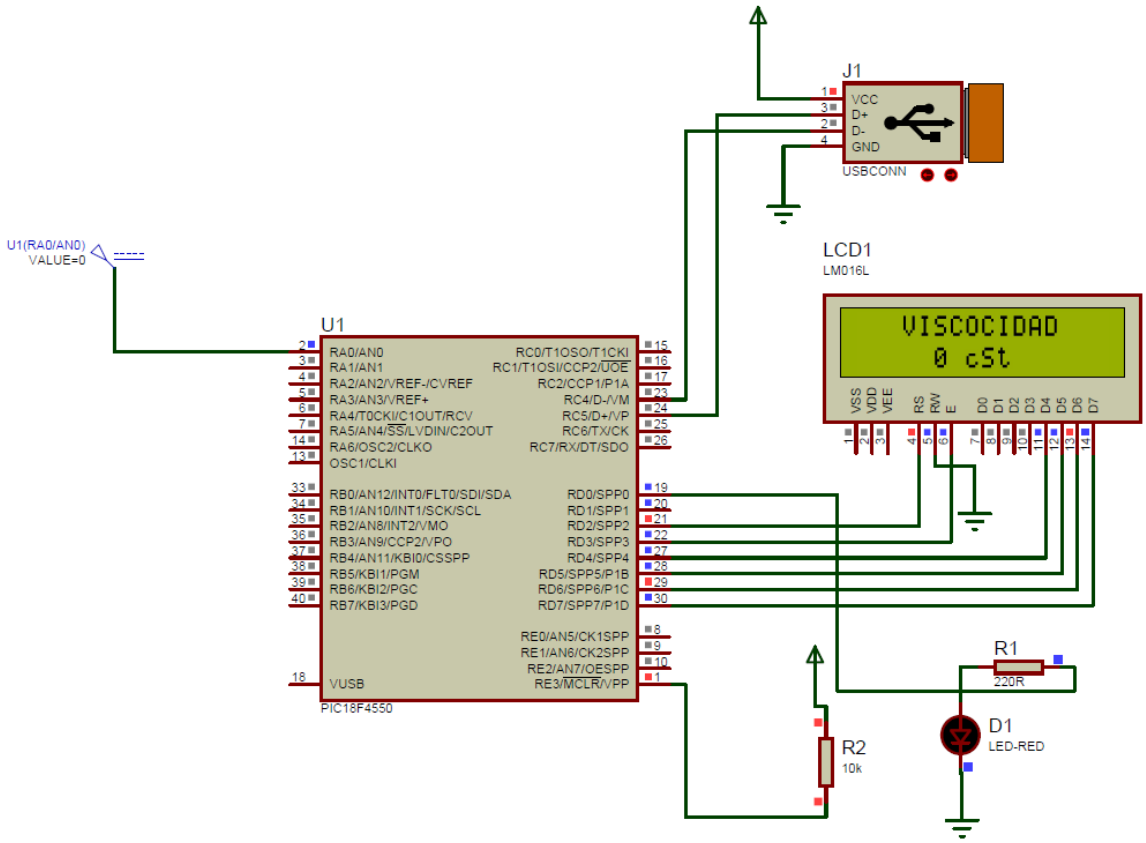


Fuente: Propia.

En la figura N°54, se puede apreciar en la pantalla el valor obtenido luego de simular al sensor de viscosidad, la cual tiene salidas de 0/10 voltios. Pero si conocemos las características del microcontrolador nos damos cuenta que trabaja con 5 V como máximo, por tal motivo se realizó un artificio en la programación del PIC para que esta no afecte al cambio de la señal analógica a la digital y mantengan la relación inicial. Al configurar una entrada de 3,15 voltios al microcontrolador apreciamos como esta lleva esta señal digital para que el usuario pueda apreciar el valor de viscosidad en el instante de 314 cSt, y como sabemos que si el sistema pasaba los 300 cSt se encendería el diodo led de advertencia para actuar de manera eficiente y realizar el cambio de aceite del motor, lograremos ver como el diodo led se activa de manera eficaz para un buen monitoreo del sistema.

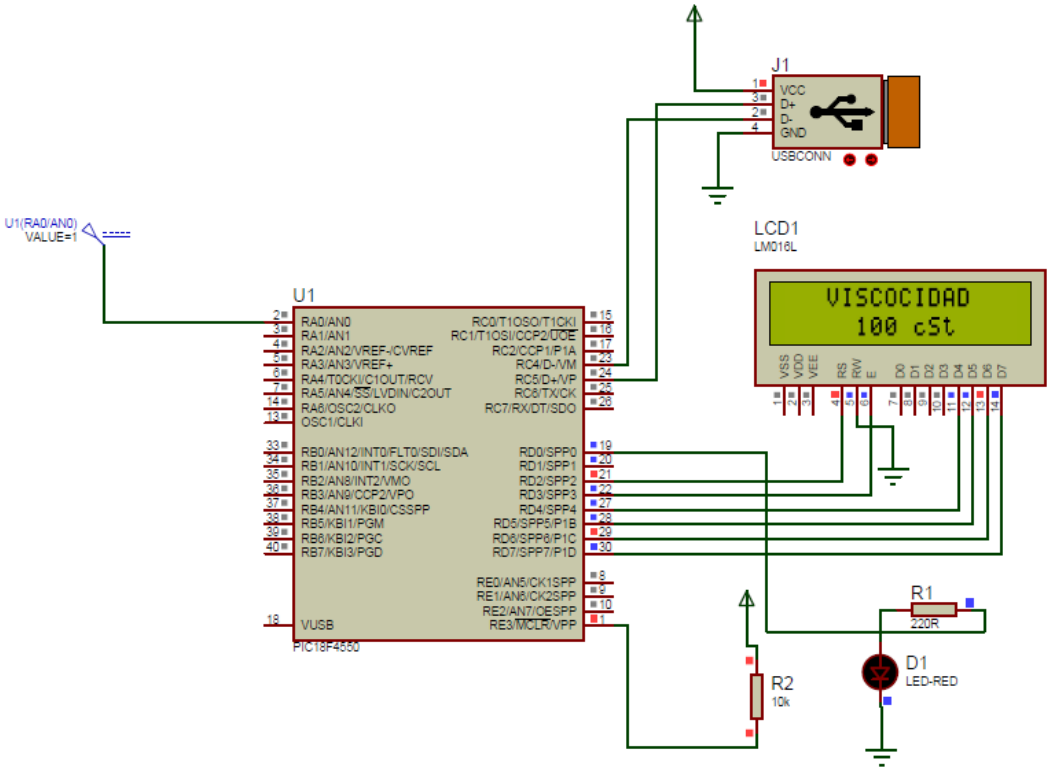
Para apreciar mejor el sistema, mostraremos en las siguientes figuras su funcionamiento con diferentes entradas de voltaje hacia el microcontrolador y se puedan dar cuenta que la simulación funciona correctamente, y cada vez que pasa los 300 cSt se puede observar como enciendo el diodo led o alarma para indicar que el aceite ha sobrepasado su viscosidad y se le haga el mantenimiento respectivo.

Figura N°54: Simulación realizado con una entrada de 0V.



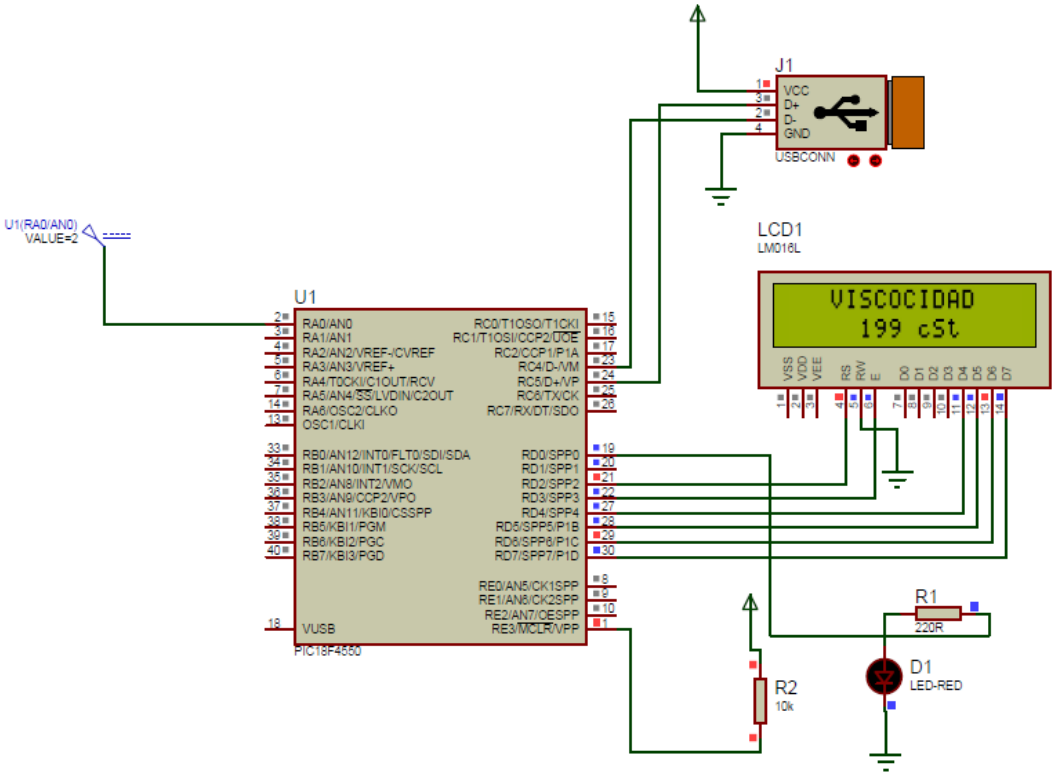
Fuete: Propia.

Figura N°55: Simulación realizado con una entrada de 1V.



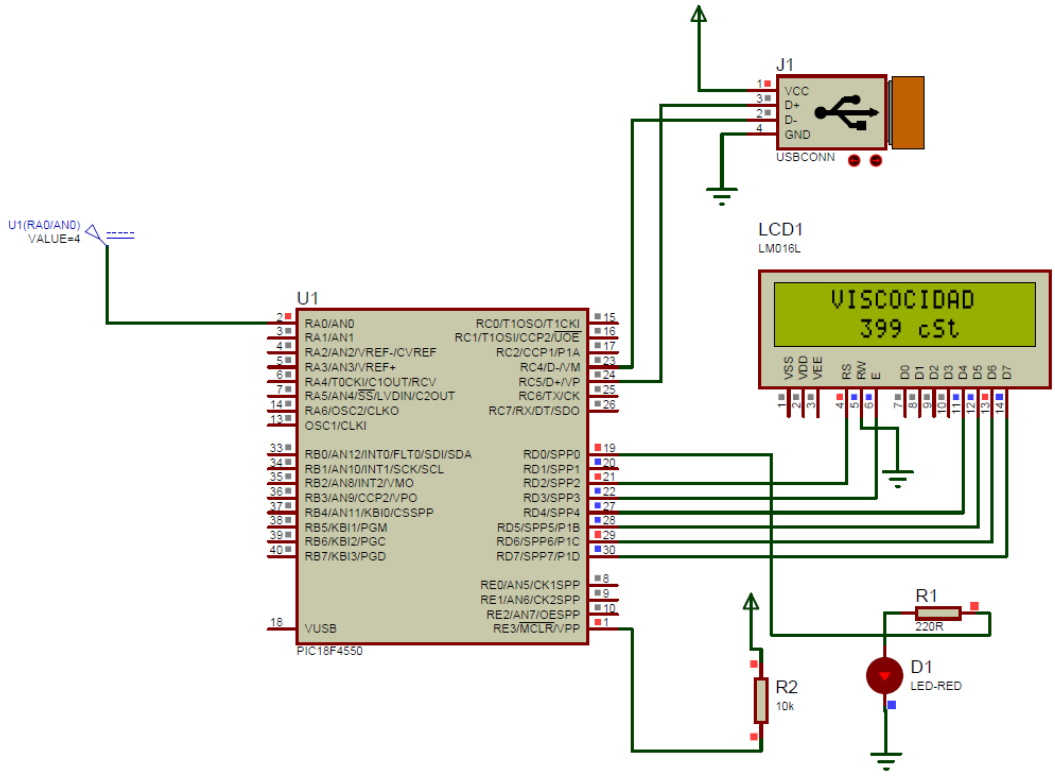
Fuente: Propia.

Figura N°56: Simulación realizado con una entrada de 2V.



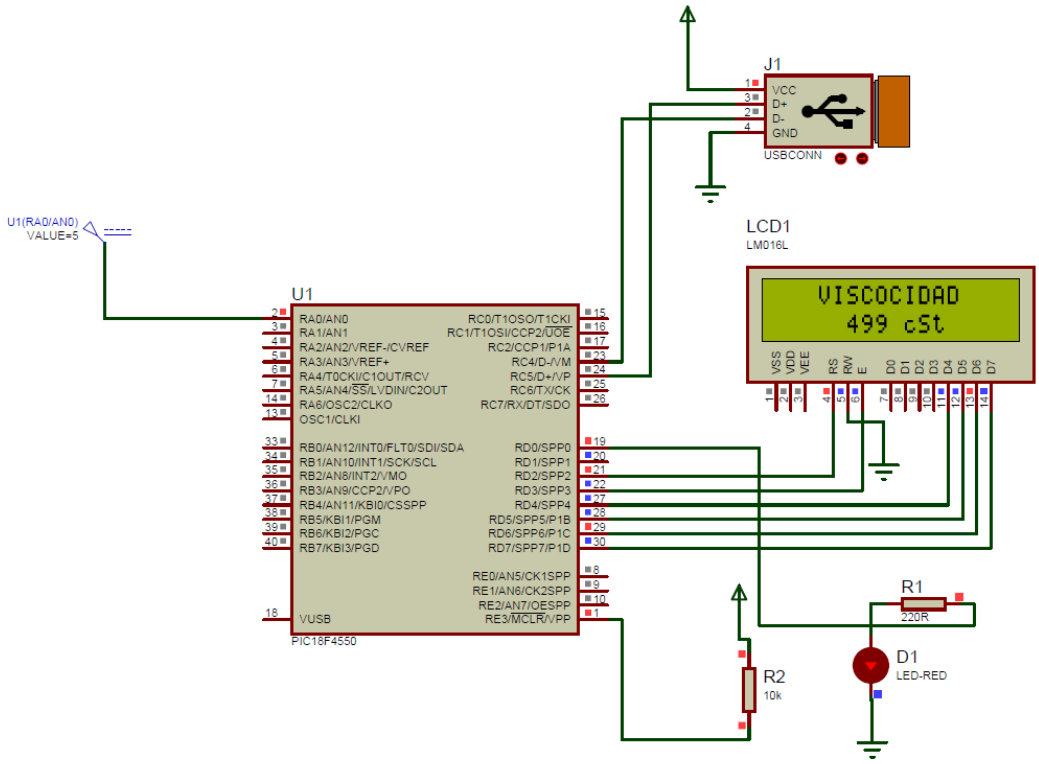
Fuente: Propia.

Figura N°57: Simulación realizado con una entrada de 4V.



Fuente: Propia

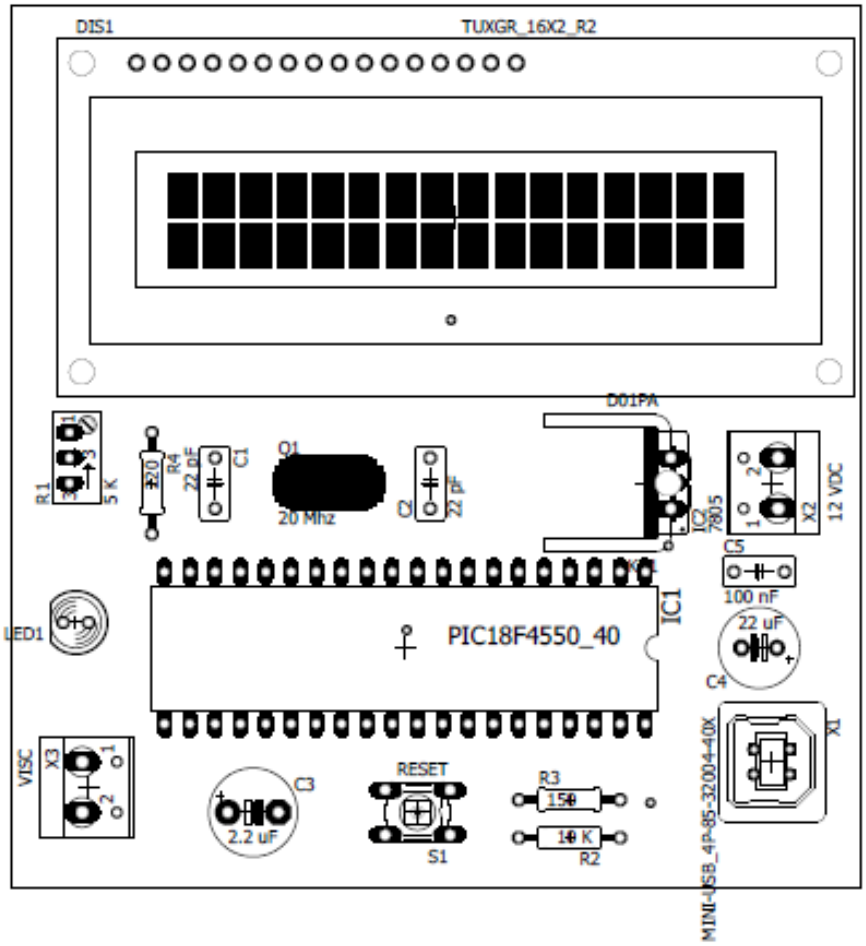
Figura N°58: Simulación realizado con una entrada de 5V.



Fuente: Propia

Luego de ver mediante una simulación de que el proyecto se realizó de manera correcta, con los componentes adecuados para determinar con mucha precisión el estado del aceite en pleno funcionamiento orientando al usuario y enriqueciendo de conocimientos para mantener su auto de manera eficiente. Por ello, en la siguiente figura N°59 se podrá ver los componentes electrónicos para una posible aplicación de manera real al sistema de lubricación.

Figura N°59: Componentes electrónicos para una futura impresión.



Fuente: Propia

V. EVALUACIÓN ECONÓMICA

El sistema de medición de viscosidad de aceite, buscó optimizar e indicar en el momento exacto en donde se debe realizar el mantenimiento y cambio de aceite de un automóvil mediante una relación del usuario y su vehículo, por ello en la siguiente tabla se presentará el costo total del sistema de una forma detallada:

Tabla N°09: Costo de la implementación del sistema de viscosidad.

Costo de la implementación del sistema de viscosidad			
Sistema de medición de viscosidad			
Materiales	**Cantidad**	**Costo Unit (S/.)**	**Total (S/.)**
Sensor de viscosidad Avenisense CACTUS	1	5 580	6 000
Mano de obra	1	222,36	
Caja metálica Retex Kit Elbox	1	137,64	
Dispositivos electrónicos (diodo, cables de salida, USB, etc.)	1	40	
Microcontrolador PIC 18F4550	1	20	

Fuente: Propia.

El sensor de viscosidad Avenisense CACTUS esta valorizado en 1 500 EUR y la caja metálica Retex Kit Elbox valorizada en 37 EUR, con una tasa de cambio de 3,72 tomada el día 18/03/19. Los precios son ajustables al mercado, y las variaciones son de 3,5% aproximadamente.

Para la siguiente tabla, conoceremos que el costo total del sistema será la inversión para la evaluación económica. Según el Ranking que mide el recorrido promedio anual por vehículo a nivel mundial realizado por THE ECONOMIST POCKET WORLD IN FIGURES 2015 el Perú ocupa el 3er lugar con 22 381 km aproximadamente. Si las concesionarias estiman los mantenimientos cada 5 000 km o 1 año, siguiendo los estándares se realizará 4 servicios preventivos al año. Por ellos con el nuevo sistema instalado el mantenimiento preventivo promedio se realizará cada 10 000 km aproximadamente, lo cual indicará el ahorro de 2 mantenimientos preventivos anuales. El costo fue tomado por concesionarios, ya que el usuario prefiere de un lugar donde bridan seguridad, fiabilidad y certeza. Y tendremos un costo total por año, el cual servirá en la próxima tabla en donde se apreciará el VAN (valor actual neto) y TIR (tasa interna de retorno).

Tabla N°10: Tabla de relación de costo-beneficio por año.

INVERSIÓN (S/.)		6 000	
Año	Ahorro de cambio/año	Costo por cambio de aceite (S/.)	Costo total (S/.)
1	2	1 000	2 000
2	2	1 000	2 000
3	2	1 000	2 000
4	2	1 000	2 000
5	2	1 000	2 000
6	2	1 000	2 000

Fuente: Propia

Luego de realizar las siguientes tablas, haremos la evaluación VAN y TIR del diseño del sistema, mediante los años del cuadro anterior y veremos si es rentable o no. Así como si representa una ganancia para el usuario.

Tabla N°11: Evaluación VAN y TIR del sistema de medición.

UTILIDAD (S/.)	**6 000**
AÑO	VAN (S/.)
1	1,739.13
2	1,512.29
3	1,315.03
4	1,143.51
5	994.35
6	864.66
TOTAL (S/.)	**7,568.97**
GANANCIA (S/.)	**1,568.97**
TIR	**15%**

Fuente: Propia

Los resultados muestran una ganancia de 1,568.97 soles en 6 años con un TIR del 15% lo cual es un parámetro de diseño normalmente definido, con un VAN de 7,568.97 soles y un TIR del 15%. Obteniendo que el sistema tiene una tasa interna de retorno a los 6 años de haber invertido en el sistema, conociendo que la vida útil promedio de un vehículo liviano es de 8 años aproximadamente. Finalmente, con estos resultados nos podemos dar cuenta que el proyecto es rentable.

VI. CONCLUSIONES

Se logró determinar las diferentes variables que intervienen en el estado de viscosidad del aceite, tomando en cuenta los requerimientos de diseños de un motor de combustion interna para evaluar su relación con el aceite en funcionamiento y realizar las pruebas respectivas para unos resultados fehacientes.

Se logró analizar los parámetros físicos, basados en ensayos físico-químico, análisis espectrofotométrico del aceite de motor luego de un periodo de uso las cuales eran realizados en laboratorios certificados por empresas que buscan minorar sus mantenimientos preventivos logrando mayor recorrido a sus unidades y ahorrando porcentajes considerables en años futuros.

Se logró diseñar el sistema de medición de viscosidad en el sistema de lubricación, seleccionando cada componente con sus características respectivas para luego simular el sistema y obtener resultados fehacientes, logramos visualizar que los valores están dentro del rango y es aproximado al de un sistema real, por ello determinamos que si funcionaria en un automóvil y el usuario podrá visualizar su degradación de viscosidad con una capacitación al instalar este sistema para que el funcionamiento sea el correcto al igual que los mantenimientos.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda la complementación del sistema de medición con un sistema electrónico mucho más estético, y aún más recomendable seria la implementación de una memoria en donde se puedan grabar los registros desde la instalación del sistema, para llevar un historial del vehículo en cuanto a la viscosidad del aceite.

Otra recomendación sería la de incluir más parámetros físicos, ya que el sensor tiene salida de temperatura y densidad, lo que lo haría mucho más eficaz con resultados más fehacientes para el usuario, indicándole mediante otros datos el estado del aceite en el motor.

Por ultimo sería recomendable, como avanza la tecnología la selección de un nuevo sensor de viscosidad que sea viable no solo, social, ambiental y tecnológica sino también económicamente, así reduciría los costos del sistema.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍCAS

[1] Interempresas, Feria Virtual, Anisol Equipos S.L., Viscosímetros, Hydramotion XL/7. [Online]. Available: https://www.interempresas.net/Quimica/FeriaVirtual/Producto-Viscosimetro-de-proceso-Hydramotion-XL-7-34624.html

[2] Sofraser, Leader in process viscometry, Modelo MIVI. [Online]. Available: http://www.viscosimetro-de-proceso.es/los-viscosimetros-de-tipo vibrante/#more-128

[3] Anton Paar, Viscosímetro en línea, Modelo L-Vis 510. [Online]. Available: http://www.anton-paar.com/mx-es/productos/grupo/medicion-de-viscosidad-online/

[4] Fundamentos de Motores BA 121 (1era. Parte), Componentes de un motor de combustión interna, Volkswagen (2013).

[5] Widman International S.R.L., Mantenimiento Proactivo, Análisis, Interpretación de Análisis de Aceite Usado. [Online]. Available: http://www.widman.biz/Analisis/interpretacion.html

[6] Widman International S.R.L., Mantenimiento Proactivo, Análisis, Interpretación de Análisis de Aceite Usado, Motores - Viscosidad. [Online]. Available: http://www.widman.biz/Analisis/motores.html

[7] Widman International S.R.L., Mantenimiento Proactivo, Análisis, Interpretación de Análisis de Aceite Usado, Motores - Contaminación. [Online]. Available: http://www.widman.biz/Analisis/contaminacion.html

[8] Widman International S.R.L., Mantenimiento Proactivo, Análisis, Interpretación de Análisis de Aceite Usado, Motores - Desgaste. [Online]. Available: http://www.widman.biz/Analisis/desgaste.html

[9] Widman International S.R.L., Mantenimiento Proactivo, Análisis, Interpretación de Análisis de Aceite Usado, Motores - Degradación. [Online]. Available: http://www.widman.biz/Analisis/degradacion.html

[10] Sobrina García, "Desarrollo de un viscosímetro para la caracterización a alta presión de nuevos biocombustibles y mezclas acuosas de aminas para la captura de CO_2". Universidad de Valladolid de España, 2015.

[11] Robert L. Mott. Mecánica de Fluidos. México: Pearson Educación, 2006.

[12] Widman International S.R.L., Mantenimiento Proactivo, Tablas de referencia, SAE J300. [Online]. Available: http://www.widman.biz/Seleccion/j300.html

[13] Widman International S.R.L., Mantenimiento Proactivo, Grafico de referencia, SAE J300. [Online]. Available: http://www.widman.biz/Seleccion/j300.html.

[14] Manual de usuario del sensor CACTUS – Avenisense UM00317EN-AA. Tabla de conexiones, pág. 11.

[15] Especificaciones técnicas. Microcontrolador PIC 18F4550. Microchip Technology Inc. DS39632E. Esquemas gráficos, pág. 4-6.

[16] Características de los pines de la LCD 16X2. Tablas de referencia, salidas. [Online]. Available: https://jovannayepez.wordpress.com/2014/03/24/caracteristicas-de-los-pines-de-la-lcd-16x2/

[17] Diodo led. Características generales. Tablas de referencias, salidas digitales. [Online]. Available: http://www.areatecnologia.com/electronica/como-es-un-led.html

[18] Manual de usuario del sensor CACTUS – Avenisense UM00317EN-AA. Diseño en tuberías. Estructuración para su selección, pág.13.

[19] Manual de usuario del sensor CACTUS – Avenisense UM00317EN-AA. Diseño en tuberías. Estructuración para su selección, pág. 9.

[20] Manual de usuario del sensor CACTUS – Avenisense UM00317EN-AA. Diseño en tuberías. Estructuración para su selección, pág. 9-10.

IX. ANEXOS