

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

Facultad de Ingeniería Automotriz

**PLAN DE INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**Estudio para la construcción de un Banco de Pruebas
de Lubricantes y Grasa**

**Pablo Andrés Castellanos Armendáriz
César Mauricio Zurita Díaz**

Director: Ing. Andrés Castillo

2012

Quito, Ecuador

CERTIFICACIÓN

Yo, Pablo Andrés Castellanos Armendáriz, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

Firma del graduado

Pablo Andrés Castellanos Armendáriz

C.I.: 171679334-2

Yo, Andrés Castillo, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, al señor, Pablo Castellanos, es autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

Firma del Director Técnico de Trabajo de Grado

Andrés Castillo

Director

CERTIFICACIÓN

Yo, César Mauricio Zurita Díaz, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la presente investigación serán de mi exclusiva responsabilidad.

Firma del graduado

César Mauricio Zurita Díaz

C.I.: 171562333-4

Yo, Andrés Castillo, declaro que, en lo que yo personalmente conozco, al señor, César Mauricio Zurita Díaz, es autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal suya.

Firma del Director Técnico de Trabajo de Grado

Andrés Castillo

Director

TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
TABLA DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	ix
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xi
RESUMEN	xiii
SUMMARY	xvii
CAPÍTULO I.....	1
1 FUNDAMENTACIÓN.....	1
1.1 LUBRICANTES	2
1.1.1 Definiciones	2
1.1.2 Composiciones Químicas	3
1.1.2.1 Estado Físico de la Materia.....	3
1.1.2.2 Por su Componente Base	4
1.1.3 Cualidades.....	9
1.1.4 Utilidades	14
1.2 ACEITES	15
1.2.1 Definiciones	15
1.2.2 Composiciones Químicas	16
1.2.2.1 Aceites Minerales.....	16
1.2.2.2 Aceites Sintéticos.....	18
1.2.2.3 Aceites Vegetales y Animales	19
1.2.3 Cualidades.....	20
1.2.3.1 SAE (Society of Automotive Engineers).....	21
1.2.3.2 API (American Petroleum Institute)	22
1.2.3.3 ACEA	25
1.2.3.4 Otras Cualidades.....	27
1.2.4 Utilidades	28

1.3	PRUEBAS A REALIZAR EN LOS ACEITES LUBRICANTES	30
1.3.1	Pruebas de Laboratorio	30
1.3.2	Banco de Pruebas	32
1.3.3	Pruebas en Funcionamiento	33
1.4	GRASAS	34
1.4.1	Definiciones	34
1.4.2	Composición Química.....	35
1.4.2.1	Aceite Base (75 al 96%).....	35
1.4.2.2	Espesante (3 a 25%).....	35
1.4.2.3	Aditivos (0 al 10%)	39
1.4.3	Cualidades.....	40
1.4.4	Utilidades	42
1.5	LUBRICACIÓN	43
1.5.1	Tipos de Lubricación.....	44
1.5.1.1	Lubricación Hidrodinámica	44
1.5.1.2	Lubricación Elasto-Hidrodinámica.....	45
1.5.1.3	Lubricación Marginal	46
1.5.1.4	Lubricación Mixta	47
1.5.1.5	Diferencias de los Tipos de Lubricación.....	48
1.5.2	Importancia de la Lubricación	48
1.5.3	Ventajas y Desventajas	50
1.5.3.1	Ventajas	50
1.5.3.2	Desventajas	50
	CAPÍTULO II.....	53
2	ADITIVOS.....	53
2.1	INTRODUCCIÓN.....	53
2.1.1	Definiciones	53
2.1.2	Composiciones Químicas	54
2.1.2.1	Aditivos para Limitar el Deterioro	55
2.1.2.2	Aditivos para Proteger Superficies	57
2.1.2.3	Aditivos para Mejorar Propiedades	60
2.1.2.4	Principales Aditivos y Razones para su Empleo	62

2.1.3	Cualidades.....	64
2.1.3.1	Antioxidantes.....	64
2.1.3.2	Antiespumantes	65
2.1.3.3	Estabilizadores de la Viscosidad.....	66
2.1.3.4	Reductores del Punto de Gelificación	66
2.1.3.5	Detergentes.....	67
2.1.3.6	Aditivos para Extrema Presión	67
2.1.4	Utilidades	68
2.1.5	Importancia de los Aditivos	69
CAPÍTULO III.....		71
3	CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA ACEITES	
	LUBRICANTES	71
3.1	CONSTRUCCIÓN DE UN MARCO METÁLICO PORTADOR DE LOS COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBAS.....	71
3.1.1	Cálculos del Diseño del Marco Metálico Base del Banco de Pruebas	73
3.1.1.1	Cálculos de los Esfuerzos Mecánicos y Fatiga en la Estructura	73
3.1.1.2	Interpretación del Diseño Mecánico de la Estructura con respecto a las Vibraciones y Puntos de Soldadura.....	74
3.1.2	Construcción de la Base de Motor (1).....	97
3.1.3	Construcción de la Base de Motor (2).....	98
3.2	SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO	99
3.2.1	Selección del Motor	99
3.2.2	Selección del $\frac{3}{4}$ (Motor) para Trabajo en el Banco	101
3.3	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO.....	103
3.3.1	Selección y Modificación de la Polea Motriz	104
3.3.2	Modificación de la Polea Conducida.....	105
3.4	ADAPTACIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN	107
3.4.1	Extensión del Conducto de Lubricación.....	107

3.5	UBICACIÓN DEL MECANISMO DE RODAJE PARA LA COMPROBACIÓN DE GRASAS.....	112
3.5.1	Reacondicionamiento del Sistema de Rodaje	113
3.5.1.1	Diseño Mecánico de la Base.....	114
3.5.2	Adquisición de los Elementos del Sistema	114
3.5.3	Acople de la Polea al Eje de Giro del Sistema de Rodaje	117
3.6	PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS.....	117
3.6.1	Ensamblaje del Motor $\frac{3}{4}$	118
3.6.2	Ubicación de la Polea en el Motor $\frac{3}{4}$ (Cigüeñal).....	122
3.6.3	Ubicación de la Polea en el Motor Eléctrico.....	122
3.6.4	Montaje de los Motores Eléctrico y Motor $\frac{3}{4}$ en el Banco Base.....	123
3.6.5	Ubicación del Sistema de Rodaje, con un Rodamiento	124
3.7	CALENTAMIENTO DEL LUBRICANTE	125
3.7.1	Implementación de un Sistema de Calentador de Aceite	126
3.7.2	Selección del Sistema de Calentamiento.....	127
	CAPITULO IV.....	130
4	IMPLEMENTACIÓN	130
4.1	CONDICIONES DE IMPLEMENTACIÓN	130
4.1.1	Verificación de la Velocidad Tangencial (30M/S).....	133
4.1.2	Cálculo de Kilometraje recorrido en Función de la Velocidad del Motor	135
4.1.3	Pruebas a realizar en los Lubricantes de Distintos Tipos	137
4.1.4	Toma de Muestras de los Lubricantes Usados.....	138
4.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS	144
4.2.1	Análisis de Laboratorio	144
4.2.2	Resultado de Muestra 1	145
4.2.3	Resultado de Muestra 2.....	146
4.2.4	Resultado de Muestra 3.....	147
4.3	RESUMEN DE RESULTADOS	149
4.4	GUÍAS PRÁCTICAS DE USO	150

CONCLUSIONES	166
RECOMENDACIONES	167
ANEXOS	169
ANEXO N° 1	170
ANEXO N° 2	178

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico No. 1.1	Lubricantes del Grupo I	5
Gráfico No. 1.2	Lubricantes del Grupo II y III.....	6
Gráfico No. 1.3	La viscosidad	11
Gráfico No. 1.4	Ejemplo de Parafina (Octeno)	17
Gráfico No. 1.5	Ejemplo de Nafteno (Ciclopentano).....	18
Gráfico No. 1.6	Estructura molecular de las olefinas	19
Gráfico No. 1.7	Ácido Linoleico	20
Gráfico No. 1.8	La lubricación	44
Gráfico No. 1.9	Lubricación elasto-hidrodinámica	46
Gráfico No. 1.10	Cojines.....	47
Gráfico No. 1.11	Lubricación Mixta.....	47
Gráfico No. 1.12	Barras de coeficientes de fricción	48
Gráfico No. 2.1	Aditivos	55
Gráfico No. 3.1	Dimensionamiento del banco de pruebas.....	72
Gráfico No. 3.2	Base portadora del sistema	73
Gráfico No. 3.3	Análisis de esfuerzos en vigas o travesaños horizontales	74
Gráfico No. 3.4	Diagramas de Cuerpo Libre, de Fuerzas y Momentos Segmento A-B	75
Gráfico No. 3.5	Diagramas de Cuerpo Libre, de Fuerzas y Momentos, Segmento D-C.....	78
Gráfico No. 3.6	Diagramas de Cuerpo Libre, de Fuerzas y de Momentos	81
Gráfico No. 3.7	Diagramas de Cuerpo Libre, de Fuerzas y de Momentos	84
Gráfico No. 3.8	Diagramas de Cuerpo Libre, de Fuerzas y de Momentos	87
Gráfico No. 3.9	Diagramas de Cuerpo Libre, de Fuerzas y de Momentos	90
Gráfico No. 3.10	Características del Motor y Especificaciones	101

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1.1	Propiedades de los aceites sintéticos del grupo V.....	9
Cuadro No. 1.2	Especificaciones SAE	22
Cuadro No. 1.3	Clasificación API para Motores Nafteros	23
Cuadro No. 1.4	Clasificación API para Motores Diesel	24
Cuadro No. 1.5	Clasificación API para Transmisiones Automotrices.....	25
Cuadro No. 1.6	Automóviles a Nafta.....	26
Cuadro No. 1.7	Automóviles a Diesel	26
Cuadro No. 1.8	Vehículos Pesados	27
Cuadro No. 1.9	Otras cualidades de los aceites	28
Cuadro No. 1.10	Grados de consistencia de una grasa según ATM D 217	41
Cuadro No. 1.11	Máximo cizallamiento permitido	45
Cuadro No. 1.12	Evolución del consumo de aceites de motor en vehículos de gasolina	49
Cuadro No. 2.1	Principales aditivos	63
Cuadro No. 3.1	Características del último dígito.....	95
Cuadro No. 3.2	Opciones de motor eléctrico	100
Cuadro No. 4.1	Relación de horas de uso con kilometraje recorrido	136
Cuadro No. 4.2	Mezcla con residuos no combustionados en relación a las horas de trabajo	136
Cuadro No. 4.3	Análisis propuestos.....	145
Cuadro No. 4.4	Resultados del laboratorio de la muestra No. 1	146
Cuadro No. 4.5	Resultados del laboratorio de la muestra No. 2	147
Cuadro No. 4.6	Resultados del laboratorio de la muestra No. 3	148

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Foto No. 3.1	Elaboración de la base del banco de pruebas	96
Foto No. 3.2	Elaboración de la base del motor.....	97
Foto No. 3.3	Construcción de la base del motor.....	98
Foto No. 3.4	Base y piezas pintadas	99
Foto No. 3.5	Motor eléctrico instalado	100
Foto No. 3.6	Cigüeñal.....	102
Foto No. 3.7	Motor con el árbol de levas y sin culata	103
Foto No. 3.8	Polea motriz.....	105
Foto No. 3.9	Rodillo vista aérea	106
Foto No. 3.10	Rodillo vista lateral	106
Foto No. 3.11	Acoplamiento del rodillo a la polea	107
Foto No. 3.12	Corte para extensión de la bomba de aceite.....	108
Foto No. 3.13	Roscado para la unión	109
Foto No. 3.14	Medición milimétrica del roscado	109
Foto No. 3.15	Medición de la punta.....	109
Foto No. 3.16	Partes de la bomba de aceite con terminales	110
Foto No. 3.17	Manguera reforzada.....	111
Foto No. 3.18	Elementos de la bomba	111
Foto No. 3.19	Depósito de aceite	112
Foto No. 3.20	Rodamientos.....	113
Foto No. 3.21	Base para el banco	114
Foto No. 3.22	Manzana y rodamiento.....	115
Foto No. 3.23	Eje.....	115
Foto No. 3.24	Sistema adaptado	115
Foto No. 3.25	Acoplamiento	117
Foto No. 3.26	Motor y cigüeñal.....	119
Foto No. 3.27	Incrustación de pistones	120
Foto No. 3.28	Ubicación del árbol de levas	120
Foto No. 3.29	Calado del sistema de sincronización.....	121
Foto No. 3.30	Ubicación de bomba de lubricación	121

Foto No. 3.31	Ubicación de la polea.....	122
Foto No. 3.32	Ubicación de la polea en el motor.....	123
Foto No. 3.33	Acoplamiento y templado de motores.....	124
Foto No. 3.34	Acoplamiento de rodaje delantero	125
Foto No. 3.35	Hornilla de calentamiento.....	128
Foto No. 3.36	Sistema de calentamiento de aceite	128
Foto No. 4.1	Manzana y rodamiento.....	131
Foto No. 4.2	Colocado de carbonilla.....	132
Foto No. 4.3	Carbonilla en el aceite.....	132
Foto No. 4.4	Aceite en probeta	139
Foto No. 4.5	Observación de aceite	153

RESUMEN

Los lubricantes y grasas son utilizados desde antiguas civilizaciones, una de ellas los egipcios que aplicaban estas sustancias para la transportación de grandes bloques, para la construcción de monumentales estructuras.

En la actualidad las grasas y lubricantes forman una parte fundamental en nuestra vida cotidiana sobre todo en nuestra industria que es la automotriz ya que los aceites y grasas no solo son los encargados de evitar fricción y desgaste excesivo entre dos piezas si no también cumplen la función de mantener una temperatura adecuada entre dos piezas móviles que se encuentran trabajando, es por ello que elegimos este tema, para analizar cómo trabajan los aceites en tiempo real y como sufren su degradado en condiciones normales de trabajo.

Existen diferentes tipos de lubricantes, para analizarlos mejor estos se dividen en sólidos como el grafito, semisólidos como las grasas (origen animal o vegetal), y líquidos como los aceites (origen animal y vegetal). De igual manera se dividen por su componente base que son: Refinados, Hidrofaccionados, Desparfinados y Sintéticos, los cuales damos su concepto en el primer capítulo.

Las propiedades que presentan los aceites son fundamentales para prolongar la vida útil de cualquier componente mecánico, es por ello que sus propiedades como la viscosidad que es la resistencia de un fluido al manar o la untuosidad que es la capacidad de adherirse a otro elemento, son características primordiales que

deben cumplir con las exigencias de motores que necesitan de ellos para poder mantenerse en un correcto funcionamiento.

Los Aceites presentan bases químicas que son : minerales, vegetales y animales, sintéticas, en la actualidad tenemos mayor uso de aceites sintéticos, estos últimos son resultado de varias modificaciones a los aceites minerales para mantener una estructura mas estable y que estos puedan tener una mejor función sin la necesidad de aditivos que ha diferencia de los minerales, muchas de las ocasiones, el fabricante recomienda colocar un aditivo para una mejor respuesta en su funcionamiento, cave aclarar que los aceites sintéticos no necesariamente tienen que provenir del petróleo como el Éter, que es un compuesto que viene de un proceso de destilación de bases de alcohol. Los aceites de origen vegetal son sustraídos de plantas como el maíz, palma, aceituna, etc. Los de origen animal están compuestos de glicerina y ácidos grasos: SAE (Society of Automotive Engineers), API (American Petroleum Institute), ACEA, otras cualidades.

Las grasas son componentes sólidos y semisólidos, que provienen de un agente espesador y un lubricante. Estos contienen jabones que les dan su estructura, los cuales permiten evitar la fricción y las temperaturas excesivas, por ende, el desgaste prematuro de componentes como por ejemplo: rodamientos, las grasa utilizadas en estos últimos hacen que su vida útil sea más prolongada.

Su composición química está dada por espesantes que se dividen en jabones metálicos simples, jabones metálicos complejos, jabones con base no jabonosa y espesantes sintéticos. Todos estos componentes se dan por reacciones

químicas, por ejemplo, el primero se produce por una reacción entre un ácido graso y una solución alcalina que, a diferencia de la base sintética, se da cuando se dispersa una base y se combina con bisulfuro de molibdeno.

Una de las cualidades más importantes de las grasas, es que estas no varían su estado físico, pero si sufren un endurecimiento generado por bajas temperaturas sin llegar al punto de congelación, esto depende de su base y aditivos que puede ser antioxidantes, pasivadores, anticorrosivos, etc.

Este tipo de lubricante es diferente de los aceites, ya que presenta una mejor respuesta en un arranque en frío, lo que lo hace compatible con varios sellantes que son resistentes a un proceso centrifugo que les permite trabajar en altas temperaturas y evitar ruidos como medio de amortiguador o aislante.

Nuestro banco de pruebas consta de un motor Otto, el cual se encuentra montado sobre un soporte metálico, este componente nos va ayudar a palpar como trabajan los aceites a temperaturas normales y su fricción, para cual contamos con una rampa metálica, que nos sirve para que el lubricante se vierta en los depósitos que se encuentran en la parte posterior del banco. Para comparar distintos tipos de aceite hemos colocado tres recipientes recolectores de aceite, estos nos permitirán analizar su desgaste y coloración que tienen después de mantenerse trabajando por un tiempo determinado.

Para comprobar las grasas, hemos colocado un rodamiento el cual está sometido a calor para poder simular el trabajo que tienen estos componentes sobre una

pista de rodamiento; después de un tiempo determinado nos va indicar el desgaste que tuvo tanto la grasa como el componente sobre el cual está actuando. Cabe recalcar que para analizar el deterioro de un rodamiento se lo debe medir por vueltas por millón, este dato nos fue de mucha ayuda al momento de comparar el desgaste de las grasas.

SUMMARY

Lubricants and greases are used since ancient civilizations, the Egyptians one applying these substances to transport large blocks for the construction of monumental structures.

At present, greases and lubricants form an essential part in our daily lives, particularly in our automobile industry is because the oils and fats are responsible not only to avoid excessive friction and wear between two parts, but also, play a role in maintaining a suitable temperature between two moving parts that are working, which is why we chose this topic to discuss how the oils work in real time and as suffering the degradation in normal working conditions.

There are different types of lubricants, to better analyze, these are divided into solids, such as graphite, semi and fats (animal or vegetable origin) and liquids such as oils (animal and vegetable origin). Equally divided by the base component are, refined, Hydrocracking, dewaxed and synthetic, which give it concept in the first chapter.

The oils have properties that are essential to prolong the life of any mechanical component, which is why their properties as the viscosity that is the resistance of a fluid flow, or the smoothness that is the ability to adhere to another element, those are key features that must comply with the requirements of engines that need them in order to maintain proper operation.

The oils have chemical bases which are: mineral, vegetable, animal and synthetic, at our days have greater use of synthetic oils, the last, are the result of several modifications to the mineral oil to maintain a more stable structure and that these can have a better function without the needs for additives which unlike minerals, many of the cases, the manufacturer recommends placing an additive for better response in its operation, we have to said that synthetic oils do not necessarily have to come from oil as the Ether, which is a compound that comes from a distillation process of alcohol base. Vegetable oils are removed from plants such as corn, palm, olive, etc. The animal is composed of glycerol and fatty acids: SAE (Society of Automotive Engineers), API (American Petroleum Institute), ACEA, other qualities.

Fats are solid and semisolid components, which come from a thickening agent and a lubricant. These contain soaps that give them their structure, which allows to avoid friction and extreme temperatures, those premature wear of components such as bearings, For example: the grease used in the past make life more prolonged.

Its chemical composition is given by thickeners that are divided into simple metal soaps, complex metal soaps, soaps with base no soapy and synthetic thickeners. All these components are given by chemical reactions, for example, the first one produced by a reaction between a fatty acid and an alkaline solution, unlike the synthetic base, occurs when a base is dispersed and mixed with molybdenum disulfide.

One of the most important qualities of greases, is that these do not change their physical state, but suffer a hardening generated by low temperatures without freezing, this depends on their base and additives that can be antioxidants, passivation, anticorrosion etc.

This kind of lubricant is different of oils, because it presents a better response in a cold start, which makes it compatible with several sealant that are resistant to a centrifugal process allows them to work in high temperatures and as a means to prevent noise buffer or insulation.

Our test bench consists of an Otto engine, which is mounted on a metal support, this component will help us to feel the working of the oil at normal temperatures and friction, for which we have a metal ramp that serves to pour the lubricant in the deposits found in the back of the bank. To compare different types of oil collectors have placed three oil containers, these will allow us to analyze wear and coloration that have to keep working after a certain time.

To check the greases, we have placed a bearing which is subjected to heat in order to simulate the working that have these components on a bearing race, after a certain time it will indicate the wear that have the greases and the component witch it was acting. It should be noted that to analyze the deterioration of a bearing is what should be measured by turns per million, this figure was very helpful to us at the moment to compare the wear of the greases.

CAPÍTULO I

1 FUNDAMENTACIÓN

La inquietud y la pericia del ser humano son los dinamizadores del desarrollo social y la creatividad, que basados en una investigación continua le permite descubrir nuevas formas de hacer las cosas, ello se aprecia en el uso de lubricantes por parte de la antigua civilización egipcia que transportaba colosos bloques para la construcción de sus esfinges y pirámides mediante un sistema de trineos y poleas lubricados con sebo de buey o de carnero, luego los griegos al celebrar los primeros Juegos Olímpicos en la carrera de Bigas usaban ejes lubricados con gordura animal, en la edad media se seguía utilizando grasas animales y se usaron aceites vegetales, al llegar el periodo renacentista Leonardo Da Vinci fue el primero que postulo temas sobre fricción, aunque sus escritos no fueron publicados; en 1699 el físico francés Guillaume Amontons redescubrió las leyes de la fricción al estudiar el deslizamiento entre dos superficies planas, seguidamente varios científicos como Charlkes Augustin Coulomb, Robert Hooke, Isaac Newton, entre otros aportaron con conocimientos importantes que serán considerados en la elaboración de los lubricantes.

Al surgir la revolución industrial el desarrollo tecnológico de la maquinaria para la producción avanzo rápidamente y con ello el esfuerzo por desarrollar lubricantes que disminuyan la fricción y mantengan el buen funcionamiento de las maquinas, para ello el uso del petróleo, facilito la elaboración de todo tipo de lubricantes

ajustados a las exigencias del medio industrial, en la actualidad y debido a las exigencias ambientales se incremento el uso de lubricantes sintéticos y ha modificado las propiedades de los lubricantes minerales que tiene una base de parafina y nafteno proveniente del crudo de petróleo.

Los lubricantes son aplicados en engranajes, sistemas hidráulicos, motores de combustión interna, etc., y cumplen con la principal función de disminuir la fricción, que es la resistencia al movimiento entre dos superficies en contacto, lo cual ocasiona desgaste y una vida útil reducida de la maquina.

1.1 LUBRICANTES

1.1.1 Definiciones

“Un lubricante es una sustancia que, colocada entre dos piezas móviles, no se degrada, y forma así mismo una película que impide su contacto, permitiendo su movimiento incluso a elevadas temperaturas y presiones”.¹

“... el lubricante es una sustancia (gaseosa, líquida o sólida) que reemplaza una fricción entre dos piezas en movimiento relativo por la fricción interna de sus moléculas, que es mucho menor”.²

¹ BENLOCH, J. (2002). *Los lubricantes: características, propiedades, aplicaciones*. Madrid: Ediciones CEAC. p. 19

² CHÁVEZ, F. (2005). *La tribología: ciencia y técnica para el mantenimiento*. Editorial Limusa. p. 84.

En síntesis los lubricantes son compuestos líquidos y semisólidos, que crean una película en las superficies de las piezas que entraran en contacto, a fin de reducir la fricción y la temperatura que se disipa en el movimiento mecánico.

1.1.2 Composiciones Químicas

La composición química de los lubricantes varía conforme a distintos factores entre los cuales tenemos:

- Estado físico de la materia
- Por su componente base

1.1.2.1 Estado Físico de la Materia

Son las distintas formas como se presentan los lubricantes conforme su estructura y movimiento molecular, estos pueden ser:

- Líquidos
 - Semisólidos
 - Sólidos
-
- **Líquidos.**-Este tipo de lubricante puede ser de origen mineral o vegetal y son utilizados en la mayoría de maquinas industriales.

- **Semisólidos.**-Son las denominadas grasas, su composición puede ser mineral, vegetal o animal y son combinadas con lubricantes sólidos como grafito, molibdeno o litio.
- **Sólidas.**-Este tipo de lubricante ofrece mínima resistencia molecular interna por lo cual ofrece mejores condiciones de lubricación, el más común es el grafito, aunque varias investigaciones los desarrollan en diferentes materiales de origen metálico.

1.1.2.2 Por su Componente Base

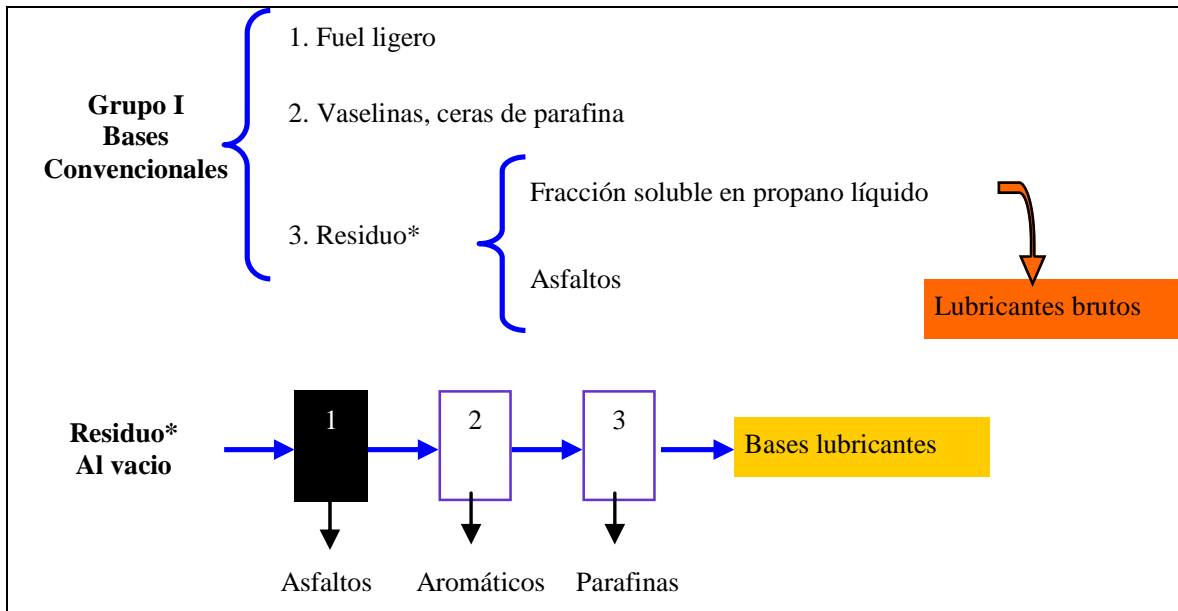
La elaboración de los lubricantes varía conforme al origen de sus componentes básicos, por lo cual pueden ser minerales, sintéticos, vegetales o animales, los dos primeros corresponde a la refinación del petróleo, aunque existen aceites sintéticos que no necesariamente provienen del petróleo, en lo que respecta a los aceites vegetales, estos son extraídos de algunas plantas como la aceituna, palma, lino, maíz, etc.; los aceites animales proceden de ciertos mamíferos como la foca y la ballena y de algunos peces como el bacalao.

Y conforme a sus componentes básicos, estos se dividen conforme a los siguientes grupos:

- Grupo I / Refinados por solventes
- Grupo II / Hidrofraccionados
- Grupo III Hidrofraccionados y desparfinados por Isomerización

- Grupo IV Poli Alfa Olefinas (PAO) – sintético
- Grupo V Esteres Di-básico ácido (Diester) – sintético
- **Grupo I / Refinados por solventes.-** Son aquellos extraídos mediante proceso de refinación del petróleo y de sus residuos, tal como se demuestra en la siguiente gráfica:

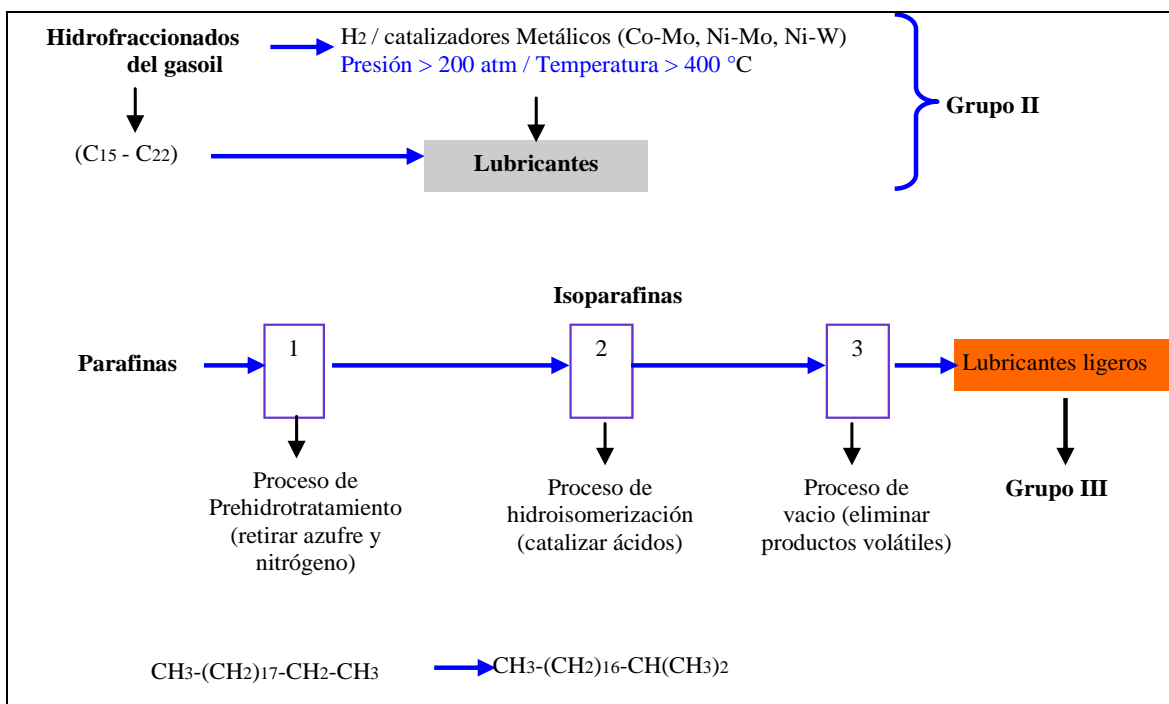
Gráfico No. 1.1 Lubricantes del Grupo I



Fuente: Benloch, J. (2002). Los lubricantes: características, propiedades, aplicaciones. Madrid, España. Ediciones CEAC. p. 43

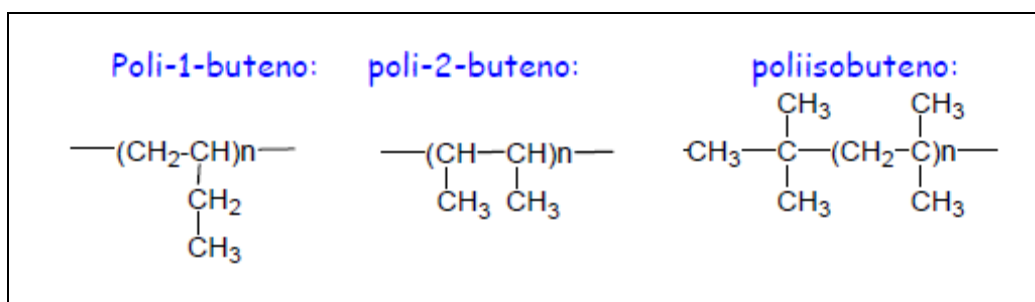
- **Grupo II y III / Hidrofraccionados.-** o conocido como hidrocraqueadas, son producidos mediante proceso complejos de refinación, tal como se indica en la siguiente gráfica:

Gráfico No. 1.2 Lubricantes del Grupo II y III

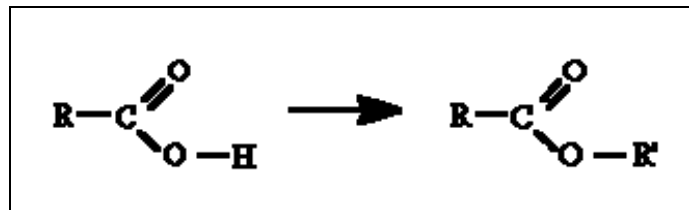


Fuente: Benloch, J. (2002). Los lubricantes: características, propiedades, aplicaciones. Madrid, España. Ediciones CEAC. p. 43

- **Grupo IV Poli Alfa Olefinas (PAO) – sintético.-** Una vez que se han obtenido lubricantes del grupo III mediante procesos complejos de refinación, su resultado o productos residuos, vuelven a ser modificados mediante una serie de reacciones de laboratorio para obtener el aceite sintético en base a las olefinas que son compuestos que presentan al menos un doble enlace de carbono – carbono, en la actualidad son conocidos como alquenos y los más utilizados son los polibutenos, cuya estructura es:

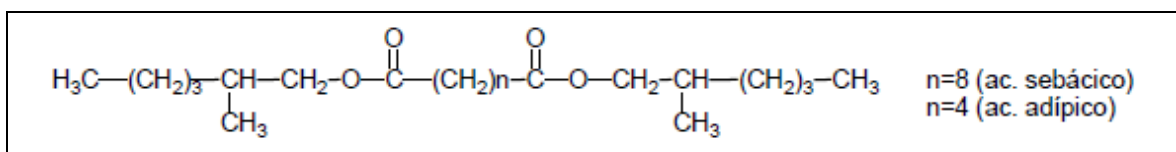


- **Grupo V Esteres Di-básico ácido (Diester) – sintético.-** Son lubricantes que no proviene de la refinación del petróleo, aunque son compuestos orgánicos en los cuales un grupo orgánico alquilo (R')reemplaza a un átomo de hidrógeno, es decir sustituye el hidrógeno de un ácido orgánico por una cadena hidrocarbonada, tal como se presenta en la siguiente reacción:

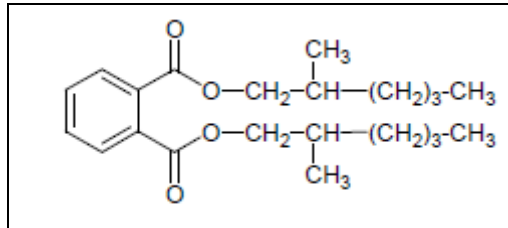


Para la producción de los distintos aceites sintéticos tenemos los siguientes esterres:

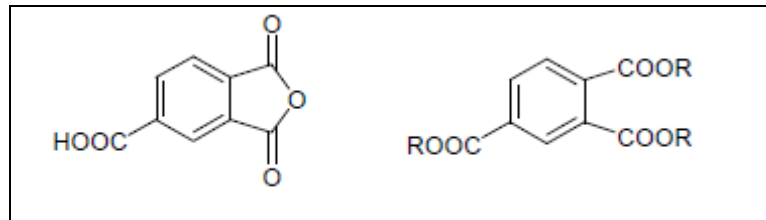
- Diesteres.- es un compuesto que tiene dos esterres, se utiliza para la elaboración de cauchos, combustibles y lubricantes, su composición química es:



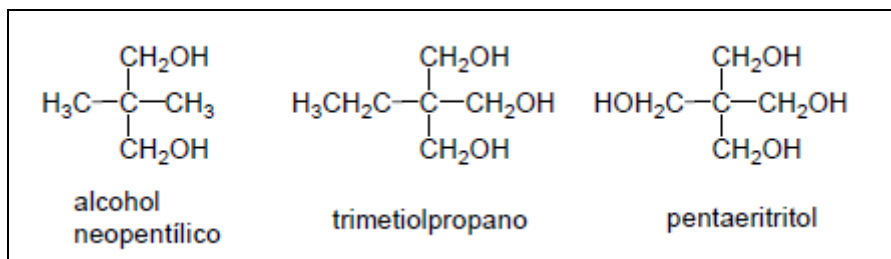
- Ftalatos.- son un grupo de sustancias químicas sintéticas, relacionadas estructuralmente con el ácido orgánico conocido como ácido ftálico, su estructura química es la siguiente:



- Trimelitados.- son esteres de ácido tribásicos que se emplean en la elaboración en objetos que requieran resistir altas temperaturas, además se caracterizan por la baja volatilidad, su estructura puede ser:



- Esteres de poliol.- los polioles son alcoholes polihídricos con varios grupos hidroxilo, la formula química general es $C_nH_{2n}+2O_n$, a continuación se indican diferentes tipos de polioles:



Los aceites del grupo V conforme a su estructura molecular presentan las siguientes características:

Cuadro No. 1.1 Propiedades de los aceites sintéticos del grupo V

Propiedades	Diésteres	Ftalatos	Trimelitados	Esteres de poliol
Viscosidad a 40 °C, cSt	6-46	29-94	47-366	14-35
Viscosidad a 100 °C, cSt	2-8	4-9	7-22	3-6
Índice de viscosidad	90-170	40-90	60-120	120-130
Pto. de congelación	-70 a -40	-50 a -30	-55 a -25	-60 a -9
Pto. de inflamación	200-260	200-270	270-300	250-310
Estabilidad térmica	Buena	Muy buena	Muy buena	Excelente
Biodregadabilidad	Excelente	Buena	mala	Excelente

Fuente: Benloch, J. (2002). Los lubricantes: características, propiedades, aplicaciones. Madrid, España. Ediciones CEAC. p. 54

1.1.3 Cualidades

Las cualidades principales de los lubricantes se caracterizan por sus propiedades físico químicas, entre las que tenemos:

- La viscosidad
- Punto de fluidez
- Punto de inflamación
- Índice de neutralización
- Índice de alquitrán
- Untuosidad
- Color
- Acidez / TAN (Total AcidNumber)
- Basicidad / TBN (Total Basic Number)
- Residuo carbonoso
- Oxidación

- **La viscosidad.**- “Es la cualidad que se define como la resistencia de un fluido al fluir, es decir es la capacidad que tiene para formar la película lubricante”.³

“Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal... ...la viscosidad se manifiesta en líquidos en movimiento a causa de las deformaciones tangenciales”.⁴

La viscosidad se define como la característica que tienen los lubricantes en cuanto a su movilidad, ya que al ser menos viscoso puede fluir con mayor facilidad, lo que no sucede cuando es más viscoso.

Las deformaciones tangenciales son originadas por una fuerza externa que roza con el líquido, así por ejemplo si nuestra palma de la mano roza con la superficie de algún líquido, este presentara movimiento, ya sea en su superficie y/o en las capas internas, este movimiento dependerá de la viscosidad del líquido, es decir, si un líquido es muy viscoso y se le aplica una fuerza tangencial, este no presentará mayores movimientos, en cambio si es poco viscoso y se le aplica la misma fuerza presentara un movimiento considerable.

La viscosidad de un fluido puede medirse por un parámetro que se relaciona con la temperatura y se lo conoce como coeficiente de viscosidad, en el Sistema

³ BENLOCH, J. (2002). *Op. Cit.* p. 43.

⁴ BAILEY, A. (2004). *Aceites y Grasas Industriales*. Barcelona: Ediciones Reverter. p. 38.

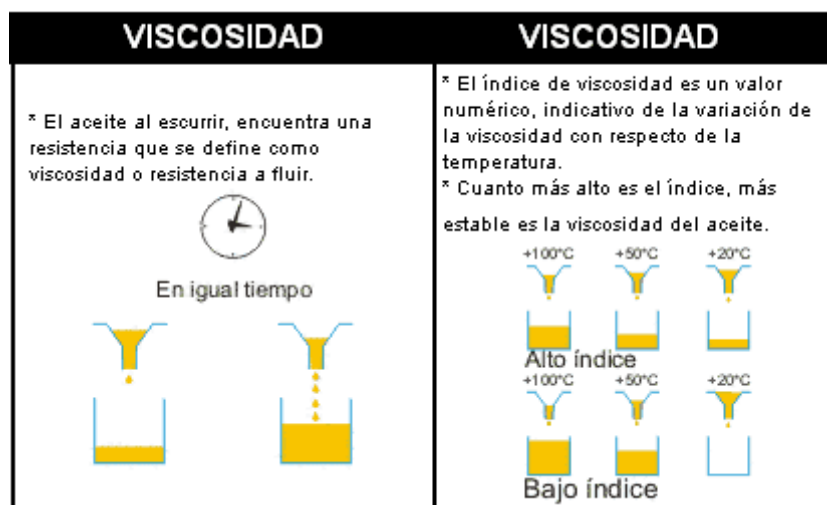
Internacional de Unidades (SI) la unidad física de viscosidad dinámica es el pascal-segundo (Pa*s) que corresponde a 1N*s/m² o 1Kg/(m*s).

En la unidad de medida cgs, se lo conoce como poise y se suele usar el submúltiplo centipoise (cP), esta medida es la más utilizada debido a que el agua tiene una viscosidad de 1,0029cP a 20°C, por lo tanto:

$$1 \text{ poise} = 100 \text{ centipoise} = 1\text{g}/(\text{cm}^*\text{s}) = 0,1 \text{ Pa}^*\text{s}$$

En el siguiente gráfico se aprecia con claridad lo que es la viscosidad en relación a la temperatura:

Gráfico No. 1.3 La viscosidad



Fuente: Benloch, J. (2002). Los lubricantes: características, propiedades, aplicaciones. Madrid, España. Ediciones CEAC. p. 43

- **Punto de fluidez.-** es la mínima temperatura a la cual este fluye sin ser perturbado, ya que al sobrepasar la condición mínima de temperatura sus componentes se separan y forman cristales, lo cual crea estructuras rígidas y pierde su capacidad para lubricar.

- **Punto de inflamación.**-Es la temperatura en la cual el lubricante despiden vapores inflamables y al estar cerca de una llama puede provocar incendios o que
- **Índice de neutralización.**-Es la cantidad en miligramos de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar el ácido libre contenido en gramo de lubricante a temperatura ambiente.
- **Índice de alquitrán.**- es la cantidad de sustancias derivadas del alquitrán que se forman a temperaturas elevadas y en contacto con el aire, este índice permite medir el grado de desgaste o envejecimiento del lubricante.
- **Untuosidad.**- es la capacidad de adherencia a las superficies de cuerpos sólidos que soportan una tensión superficial.
- **Color.**- se determina por comparación de acuerdo a las normas ASTM D-1500 que fija una escala de 0 (transparente) a 8 (negro); describe el color en los derivados del petróleo y principalmente en los lubricantes sirve como un indicador del grado de refinación, ya que un cambio en su gama de color indica una posible contaminación con otro producto.
- **Acidez / TAN.**- es la cantidad de hidróxido de potasio (KOH) en miligramos necesarios para neutralizar los ácidos de los lubricantes, la presencia de los ácidos se debe a residuos ácidos provenientes de la refinación o producidos

por la oxidación o la mezcla con aditivos, el proceso de acidez es el resultado de la degradación del lubricante por su tiempo de uso.

- **Basicidad /TBN.-** la alcalinidad de los lubricantes se debe a aditivos que neutralizan los ácidos producidos por la oxidación y en el caso de los motores de combustión interna por el alto grado de azufre de los combustibles, la alcalinidad al igual que la acidez sirven para conocer el grado de degradación de un lubricante, es decir si un lubricante es nuevo posee altos niveles de alcalinidad, cuando ha cumplido con su tiempo de trabajo su nivel de alcalinidad es bajo.
- **Residuo carbonoso.-** Es la cantidad de residuos de carbono producidos por la evaporación de los lubricantes, determinando con ello su composición; los lubricantes con bases minerales de nafta dejan residuos de grano fino y poco adherentes, al contrario de las bases minerales parafínicos que dejan un residuo de grano grueso y adherente.
- **Oxidación.-** es el proceso de degradación química de los materiales orgánicos de los lubricantes por causa de agentes contaminantes como el agua, exposición a la luz y el trabajo a altas temperaturas, lo que produce menor capacidad de lubricación y afectación de las superficies metálicas.

1.1.4 Utilidades

Las utilidades más importantes de los lubricantes son:

- Reduce la fricción
- Disminuye el desgaste
- Intercambio de calor o enfriamiento de las maquinas
- Suspensión de contaminantes

- **Reduce la Fricción.**-Se realiza manteniendo una película de lubricante entre las superficies que se mueven una con respecto de la otra, previniendo que entren en contacto y causen un daño superficial.

- **Disminuye el Desgaste.**- Los lubricantes minimizan el desgaste de las superficies en contacto, a fin de evitar la remoción de material que puede ser provocado por la corrosión, rozamiento continuo y grandes tensiones.

- **Intercambio de Calor.**-Un lubricante actúa como un enfriador, disipando el calor generado por la fricción o por otras fuentes tales como la combustión o el contacto con sustancias a alta temperatura. Para ello el lubricante debe permanecer relativamente sin cambios en su estabilidad térmica y estabilidad a la oxidación, ya que si el lubricante es afectado en estos factores entonces, disminuye su eficiencia y para contra restar ese efecto generalmente se agregan los aditivos.

- **Suspensión de contaminantes.**- La capacidad del lubricante para permanecer efectivo ante la presencia de contaminantes, como el agua o ácidos formados de la combustión, permite mantener el funcionamiento de las maquinas en condiciones adversas, aunque se logra minimizar los efectos de estos contaminantes con la aplicación de aditivos.

1.2 ACEITES

1.2.1 Definiciones

El aceite es un “liquido graso que se encuentra en la naturaleza o que se obtiene por destilación de algunos minerales y tiene usos industriales”.⁵

“Los aceites lubricantes están constituidos por un componente principal llamado base, al que se le añaden los aditivos que confieren al aceite las propiedades específicas requeridas para una aplicación dada”.⁶

Conforme a las definiciones anteriores, queda por establecer que los aceites son lubricantes que se encuentran en estado líquido y proporcionan un recubrimiento que reducen el rozamiento entre dos superficies en movimiento que están ejerciendo algún grado de presión.

⁵ Ibídem. p. 33

⁶ WAUQUIER, J. (2004). *El refino del petróleo: petróleo crudo, productos petrolíferos, esquemas de fabricación*. Madrid: Díaz de Santos p. 280.

1.2.2 Composiciones Químicas

La composición química de los aceites varía de acuerdo a la materia prima de la que provienen, así tenemos:

- Aceites Minerales
- Aceites sintéticos
- Aceites vegetales y animales.

1.2.2.1 Aceites Minerales

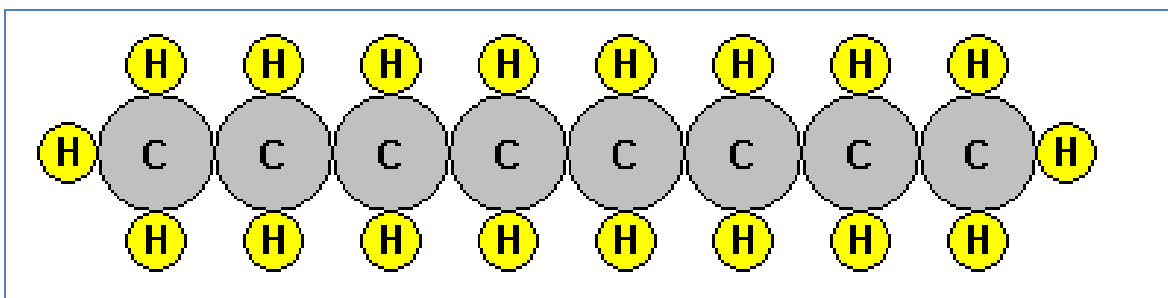
Son proveniente de la refinación del petróleo y al contener altos niveles de carbono y en menor cantidad hidrógeno, nitrógeno, azufre y oxígeno permite mediante diferentes procedimientos obtener una gran variedad de aceites, los cuales se diferencian por su base o principal componente, de ello tenemos:

- **Aceites minerales con base parafínica.-** la parafina es el nombre común de los hidrocarburos alcanos de fórmula general C_nH_{2n+2} , donde n es el número de átomos de carbono, la molécula simple de la parafina proviene del metano CH_4 que es un gas a temperatura ambiente y conforme esta molécula se vuelve más pesada como el octano C_8H_{18} , que se presenta como líquida. Tiene diversos nombres y presentaciones como: aceite de adepsina, albolin, glimol, parafina medicinal, saxol o aceite mineral de USP.

Estos aceites presentan un buen comportamiento de viscosidad en relación con la temperatura.

A continuación se expone la estructura molecular de una parafina:

Gráfico No. 1.4 Ejemplo de Parafina (Octeno)



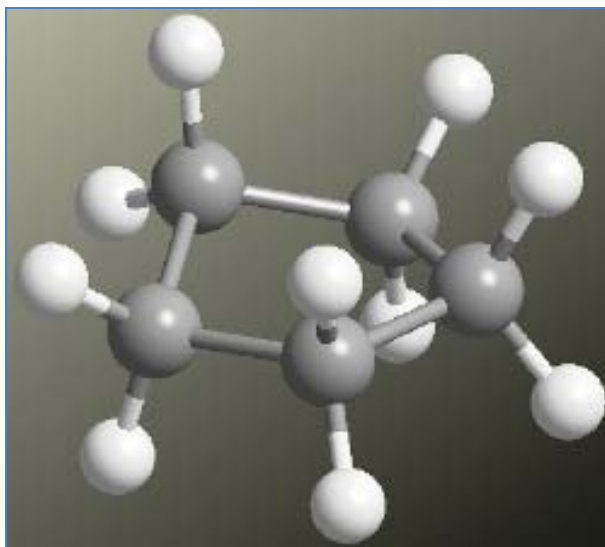
Fuente: Baley, P & Baley, C. (2005). Química Orgánica. Editorial Pearson Educacion. 6ta Edición. México, México. p. 43

- **Aceites minerales con base nafténica.**- conocidos como cicloalcanos o alcanos cíclicos, se caracterizan porque forman un anillo, su fórmula genérica es C_nH_{2n} y el más utilizado es el ciclopentano (C_5H_{10}) por su uso en la extracción de petróleo.

El comportamiento de la viscosidad de estos aceites en relación con la temperatura es más favorable que en los aceites minerales con base parafínica.

Seguidamente se presenta la estructura molecular de un nafteno:

Gráfico No. 1.5 Ejemplo de Nafteno (Ciclopentano)



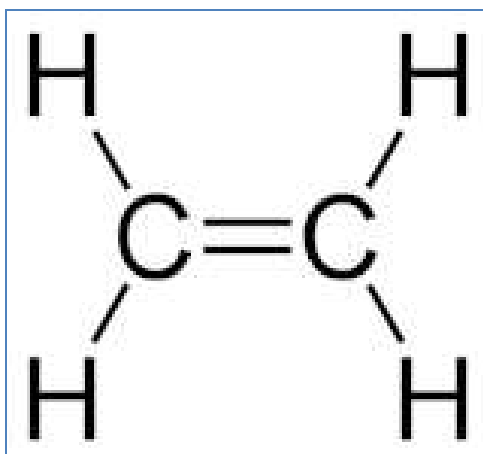
Fuente: Baley, P & Baley, C. (2005). Química Orgánica. Editorial Pearson Educación. 6ta Edición. México, México. p. 52

1.2.2.2 Aceites Sintéticos

Este tipo de aceites son el resultado de varias modificaciones a la composición de los aceites minerales y son realizados en laboratorios, a fin de modificar la estructura molecular en procura de hacerlos más estables y con ello disminuir el uso de aditivos, cabe añadir también que este tipo de aceite no necesariamente debe provenir de algún producto del petróleo, como es el caso del Ester, que es un compuesto formado por la reacción entre un ácido graso con un alcohol.

Existe una gran variedad de compuestos que serán base para la producción de aceites sintéticos, entre los cuales tenemos a las olefinas o alquenos (polialfaolefinas o PAO, los cuales presentan un doble enlace de carbono), ésteres, gliconespolialquenos (poliglicoles), siliconas (polímeros de organosiloxanos), perfluoropoliétileno (PFPE), en la gráfica No. 1-4 encontraremos la estructura molecular base de las olefinas:

Gráfico No. 1.6 Estructura molecular de las olefinas



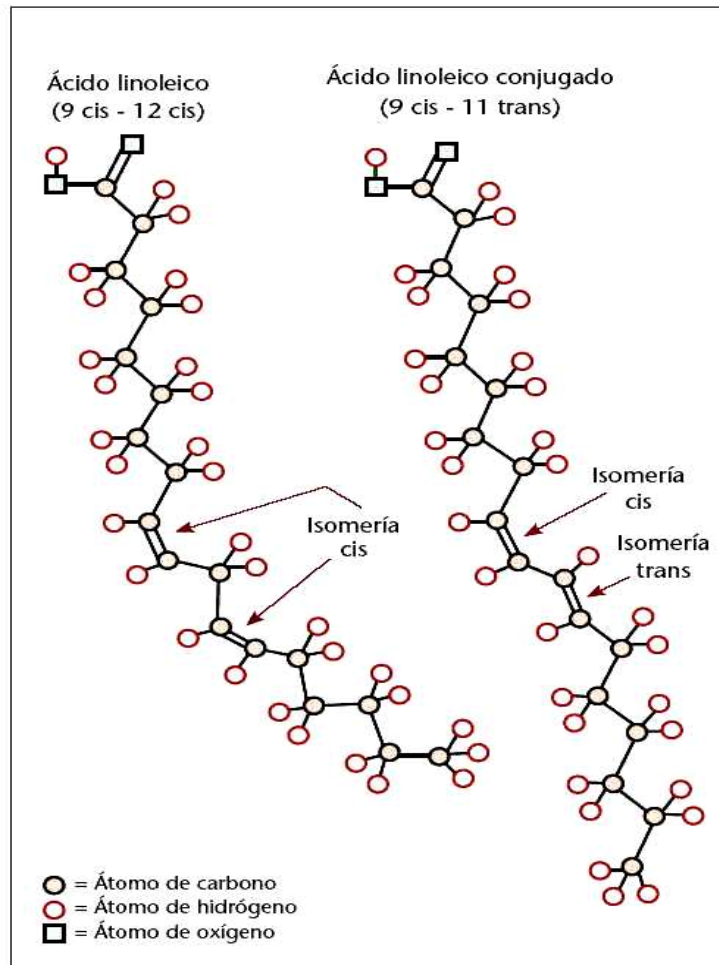
Fuente: Baley, P & Baley, C. (2005). Química Orgánica. Editorial Pearson Educacion. 6ta Edición. México, México. p. 69

1.2.2.3 Aceites Vegetales y Animales

Son compuestos orgánicos producidos por algún tipo de especies vegetales y animales en cuyos tejidos se acumula gran cantidad de energía, algunos son aptos para el consumo humano y otros no, se caracterizan por composición tal como se describe a continuación:

- **Aceites vegetales.-** Se hallan en aceitunas, palma, sésamo, maíz, etc., y son ricos en ácido grasos mono o poliinsaturados que poseen más de un doble enlace entre sus carbonos, dentro de este grupo tenemos: ácido linolénico (omega 3) y el ácido linoleico (omega 6) que están formados por 18 átomos de carbono, tal como se presenta en la siguiente gráfica:

Gráfico No. 1.7 Ácido Linoleico



Fuente: Bailey, A. (2004). Aceites y grasas industriales. Barcelona, España. Ediciones Reverter. p. 40

- **Aceites animales.**- están compuestos por unión de la glicerina y ácidos grasos que pueden ser saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, en general los aceites animales son más saturados que los aceites vegetales.

1.2.3 Cualidades

Las cualidades de los aceites lubricantes para motor dependen en gran manera de su clasificación y esta puede ser conforme a diferentes normas internacionales, entre las cuales tenemos:

- SAE (Society of Automotive Engineers)
- API (American Petroleum Institute)
- ACEA
- Otras cualidades

1.2.3.1 SAE (Society of Automotive Engineers)

Sociedad de Ingenieros Automotrices, establece con claridad y sencillez la viscosidad de los aceites, representado cada número SAE un rango de viscosidad expresada en cSt (centi-Stokes) y medida a 100°C, también a bajas temperaturas (por debajo de 0°C) para los grados W (winter).

En esta clasificación no interviene ninguna consideración de calidad, composición química o aditivación, solo de viscosidad en relación a su temperatura, por lo que encontramos los siguientes aceites:

- **Unigrados.**-trabajan en una constante de temperatura, por ejemplo son usados el 5W o 10W en países de invierno riguroso (Canadá y Escandinavia) ejemplo: a 40 °C, tenemos el SAE 40.
- **Multigrados.**- trabajan en dos grados de temperatura, por lo que si supera estos límites pierde su viscosidad, este tipo de aceites son los más usados, por ejemplo el 15W-40 o 15W50 son utilizados en países de clima templado (Europa Occidental), 20W-40 o 20W-50 en países cálidos (Oriente medio, América del Sur...).

La SAE considera en su clasificación aceites que trabajan a bajas temperaturas y otros que lo hacen a altas temperaturas, como se aprecia en el siguiente cuadro:

Cuadro No. 1.2 Especificaciones SAE

VISCOSIDAD	GRADO VISCOSIDAD SAE	°C C.C.S VISCOSIDAD Cp Max	°C BOMBEO VISCOSIDAD Cp Max	VISCOSIDAD DINÁMICA cSt a 100°C	HT/HS AT/ AC VISC. cP 150 °C
BAJA TEMPERATURA	0W	6200 a -35	60000 a -40	3,8	...
	5W	6600 a -30	60000 a -35	3,8	...
	10W	7000 a -25	60000 a -30	4,1	...
	15W	7000 a -20	60000 a -25	5,6	...
	20W	9500 a -15	60000 a -20	5,6	...
	25W	13000 a -10	60000 a -15	9,3	...
ALTA TEMPERATURA	20	...	...	5,6 a 9,3	2,6
	30	...	...	9,3 a 12,5	2,9
	40	...	...	12,5 a 16,3	2,9
	40	...	...	12,5 a 16,03	3,7
	50	...	...	16,3 a 21,9	3,7
	60	...	...	21,9 a 16,1	3,7

Fuente: Bailey, A. (2004). Aceites y grasas industriales. Barcelona, Ediciones Reverter. p. 85

1.2.3.2 API (American Petroleum Institute)

Instituto Americano del Petróleo, desarrolla varios ensayos basados en investigaciones de la correlación entre el uso real y diario de los motores que de acuerdo a su fabricación requieren varias exigencias, por lo que la API desarrolla un sistema para seleccionar y recomendar aceites en base a la condición del servicio, se clasifican de acuerdo al tipo de motor, tal como se muestra en los siguientes cuadros:

Cuadro No. 1.3 Clasificación API para Motores Nafteros

Nivel API	Características
SA	Aceite sin aditivos, utilizados antes de la década del '30. Obsoleta.
SB (1930)	Mínima protección antioxidante, anticorrosiva y antidesgaste. Obsoleta
SC (1964)	Incorpora el control de depósitos a baja y alta temperatura. Obsoleta
SD (1968)	Mayor protección que el nivel anterior respecto de la formación de depósitos, desgaste y corrosión. Obsoleta.
SE (1972)	Mayor protección contra la oxidación del aceite, depósitos de alta temperatura, herrumbre y corrosión. Obsoleta.
SF (1980)	Mayor estabilidad a la oxidación y características antidesgaste. Obsoleta.
SG (1989)	Mejor control de la formación de depósitos, oxidación del aceite y desgaste. Obsoleta
SH (1993)	Mejor protección respecto del nivel SG, fundamentalmente en el control de depósitos, oxidación del aceite, desgaste y corrosión. Estos aceites han sido aprobados siguiendo el "Código de Práctica" del CMA (Chemical Manufacturers Association).
SJ (1996)	Mejor control de la formación de depósitos, mejor fluidez a bajas temperaturas, mayor protección del motor a alto número de vueltas, menor consumo de combustible
SL (2001)	Definida este año para ser mandataria en el 2002. Desarrollada para aceites con economía de combustibles, provee superior resistencia antioxidante a las altas temperaturas y al desgaste. Suple algunas falencias de SJ indicadas por fabricantes europeos (ACEA A2 y A3)
SM 2004	API SM fue adoptada para definir a los aceites destinados a los más modernos motores nafteros y también a los de generaciones anteriores, en aplicaciones típicas de automóviles para pasajeros. Vehículos deportivos de todo terreno-SUV, vans y camionetas, operando bajo las recomendaciones de mantenimiento de los fabricantes. API SM es superior a API SL en aspectos tales como: Economía de Combustible, Bombeabilidad del aceite usado, Control del espesamiento debido a la Oxidación y la Nitración y los depósitos a alta temperatura, y en especial en cuanto al consumo de aceite y protección de los Sistemas de Control de emisiones.

Fuente: Benloch, J. (2002). Los lubricantes: características, propiedades, aplicaciones. Madrid, España. Ediciones CEAC. p. 76

Cuadro No. 1.4 Clasificación API para Motores Diesel

Nivel API	Características
CA (1940)	Motores de aspiración natural. Protección mínima contra la corrosión, desgaste y depósitos. Obsoleta.
CB (1949)	Motores de aspiración natural. Mejor control sobre los depósitos y el desgaste. Obsoleta.
CC (1961)	Motores de aspiración natural, turbo o sobrealimentados. Mayor control sobre la formación de depósitos a alta temperatura y corrosión en cojinetes. Obsoleta.
CD (1955)	Motores de aspiración natural, turbo o sobrealimentados que requieren un mayor y efectivo control de los depósitos y el desgaste. Serie 3 clásica. Obsoleta.
CD-II(1955)	Motores diesel de dos tiempos que requieren un efectivo control del desgaste y los depósitos (estos aceites cumplen todos los requerimientos del nivel CD). Obsoleta
CE (1983)	Motores turbo o sobrealimentados para servicio severo. Control sobre consumo y espesamiento del aceite, depósitos y desgaste. Dirigida a multigrados. Obsoleta.
CF-4(1990)	Motores turbo o sobrealimentados para servicio severo, especialmente en carretera. Reemplaza al nivel CE con mejor control del consumo de aceite y formación de depósitos en los pistones.
CF (1994)	Motores de aspiración natural, turbo o sobrealimentados, que pueden usar gasoil con diferentes contenidos de azufre. Efectivo control de la formación de depósitos en los pistones, desgaste y corrosión en cojinetes. Reemplaza al nivel CD. No reemplaza al nivel CE
CF-2(1994)	Motores diesel de dos tiempos que requieren un efectivo control del desgaste de aros y cilindros y de la formación de depósitos. Reemplaza al nivel CD-II. No necesariamente cumple los requerimientos de los niveles CF o CF-4.
CG-4(1994)	Motores diesel para servicio severo, tanto en carreteras (gasoil con bajo contenido de azufre: 0,05% p.) como fuera de ellas (gasoil con contenido de azufre máximo de 0,5%p.). Efectivo control de los depósitos de alta temperatura, desgaste, corrosión, espuma, oxidación del aceite y acumulación de hollín. Diseñado para cumplir con las normas sobre emisiones de 1994. También se puede emplear cuando se requieran aceites de nivel CD, CE y algunos casos de CF-4. Se suele acompañar con CF-4 y normas Mercedes Benz.
CH-4(1998)	Motores diesel para servicio severo, que emplean gas oil con alto o bajo contenido de azufre, y que deben cumplir con estrictas normas de control de emisiones (USA 1998). Ha mejorado el control de depósitos en modernos pistones de dos piezas (excelente nivel dispersante), del desgaste y la resistencia a la oxidación. Sobresaliente control del hollín que producen los sistemas de inyección de alta presión y control electrónico.
C I-4	Comparada con CH-4, estos aceites brindan una mayor protección contra la oxidación, herrumbre, reducción del desgaste y mejora la estabilidad de la viscosidad debido a un mayor control del hollín formado durante el uso del aceite, -mejorando así el consumo de aceite-
CI-4- "Plus" 2004	Surgió como resultado de cierta insatisfacción por parte de fabricantes como Caterpillar, Mack y Cummins en lo referente a requisitos de Control del espesamiento provocado por el hollín y de la caída de la viscosidad debido al alto esfuerzo mecánico sobre los aditivos mejoradores de viscosidad.

Fuente: Benloch, J. (2002). Los lubricantes: características, propiedades, aplicaciones. Madrid, España. Ediciones CEAC. p. 78

Cuadro No. 1.5 Clasificación API para Transmisiones Automotrices

Clasificación	Tipo de servicio	Características
GL – 1	Engranajes cilíndricos y cónicos de dientes rectos y helicoidales con cargas ligeras y uniformes.	Lubricantes sin aditivos, que pueden tener o no antioxidantes y anti espuma
GL- 2	Engranajes, tornillos sin fin y corona que trabajan en condiciones severas de cargas.	Contiene aditivos de anti desgaste o de untuosidad.
GL – 3	Cajas de cambio y diferenciales con engranajes cónicos bajo condiciones moderadamente severas.	Proveen aditivos anti desgaste.
GL – 4	Diferenciales con engranajes hipoi-dales en general.	Satisfacen norma: MIL-L- 2105
GL – 5	Diferenciales con engranajes hipoi-dales sometidos a cargas variables.	Satisfacen norma: MIL-L-2105-D
GL – 6	Diferenciales hipoidales con grandes distancias entre ejes de la corona y del piñón. Obsoleta.	Cumplían norma: FORD ESW M2 C.105 A

Fuente: Benloch, J. (2002). Los lubricantes: características, propiedades, aplicaciones. Madrid, España. Ediciones CEAC. p. 78

1.2.3.3 ACEA

Asociación de constructores europeos de automóviles, este sistema fue desarrollado para el control de la calidad, para lo cual se basa en ensayos de laboratorio y de dinamómetros, en esta clasificación se considera el tipo de motor conforme se indica en los siguientes cuadros:

Cuadro No. 1.6 Automóviles a Nafta

ACEA	Descripción
A 1 - 96/98	Baja viscosidad para economía de combustible.
A 2 - 96/98	Viscosidad normal
A 3 - 96/98	Mayor estabilidad térmica y al corte mecánico.
A 4 -	Reservado para uso futuro en motores a nafta de inyección directa.
A 5 - 02	Viscosimetricamente estable para el uso en motores de alta performance con intervalos extendidos en motores a nafta. Baja fricción y baja viscosidad con alta temperatura y alto esfuerzo de corte. Estos aceites pueden no ser aptos para ser usados en algunos motores. Consultar el manual del usuario.

Fuente: Benloch, J. (2002). Los lubricantes: características, propiedades, aplicaciones. Madrid, España. Ediciones CEAC. p. 81

Cuadro No. 1.7 Automóviles a Diesel

ACEA	Descripción
B 1 - 96/98	Baja viscosidad para economía de combustible
B 2 - 96/98	Viscosidad normal.
B 3 - 96/98	Mayor estabilidad térmica y al corte mecánico.
B 4 - 98	Inyección directa.
B 5 - 02	Visco simétricamente estable para el uso en motores diesel ligeros donde se requiere un uso extendido de lubricantes. Motores diesel diseñados para utilizar aceites de baja fricción y baja viscosidad con alta temperatura y alto esfuerzo de corte. Estos aceites pueden no ser aptos para ser usados en algunos motores. Consultar el manual del usuario.

Fuente: Benloch, J. (2002). Los lubricantes: características, propiedades, aplicaciones. Madrid, España. Ediciones CEAC. p. 82

Cuadro No. 1.8 Vehículos Pesados

ACEA	Descripción
E 1 - 96	Aceites para motores HEAVY DUTY.
E 2 - 96	Aceites para motores HEAVY DUTY, control mejorado del desgaste, pulido de camisas, depósitos y barnices Versus E1 - 96. Menor consumo de aceite. Mayor kilometraje.
E 3 - 96	Aceites para motores HEAVY DUTY. Control mejorado del desgaste, pulido de camisas, depósitos y barnices Versus E2 - 96. Menor consumo de aceite y mejor manejo del hollín. Mayor kilometraje.
E 4 - 98	Aceites para los motores más desarrollados de Europa, con sistemas de mantenimiento flexible y control de emisiones. Potencial para economía de combustible y aun mayor duración.
E 5 - 99	Incorpora mayor cantidad de ensayos de motores americanos. Cumple con los requerimientos de E 4 y todos los de API CH 4

Fuente: Benloch, J. (2002). Los lubricantes: características, propiedades, aplicaciones. Madrid, España. Ediciones CEAC. p. 83

1.2.3.4 Otras Cualidades

Cabe señalar que las cualidades de los aceites también se basan a las restricciones que deben enfrentar con sus propiedades con el propósito de proveer un mejor rendimiento de las maquinas, a continuación se detalla las principales restricciones:

Cuadro No. 1.9 Otras cualidades de los aceites

Restricciones	Propiedades exigidas al aceite
Característica del motor	Propiedades lubricantes
	Viscosidad constante
	Fluidez a baja temperatura
	Buena viscosidad a bajas temperaturas
Mantenimiento de la limpieza del motor	Poder detergente y dispersante
Protección contra corrosión y desgaste	Poder anticorrosivo y anti desgaste, viscosidad elevada con cizallamiento elevado
Funcionamiento a temperatura elevada	Estabilidad térmica
Longevidad del aceite	Estabilidad a la oxidación
Bajo consumo de aceite	Viscosidad elevada, baja volatilidad
Bajo consumo de combustible	Baja viscosidad, rozamiento reducido
Control de emisiones	Bajo consumo, baja volatilidad, viscosidad constante
Medio ambiente	Ausencia de compuestos tóxicos como los policlorobifenilos (PCB)

Fuente: Wauquier, J. (2004). El refinado del Petróleo. Madrid, Ediciones Díaz de Santos. p. 280

1.2.4 Utilidades

Las utilidades de los aceites son varias, entre las que tenemos:

- Ofrece una gran variedad de aceites para distintos equipos y maquinas por lo cual se puede elegir de entre diversos índices de viscosidad.

- Brinda mayor estabilidad térmica a las piezas que lubrica.

- Protege las superficies de las piezas ante la oxidación.

- Pueden ser utilizados en condiciones críticas de inflamación porque algunos de ellos no son inflamables.
- Tiene la capacidad de trabajar en ambientes cerrados por su mínima cantidad de residuos de evaporación.
- Previene de la corrosión en ambientes críticos.
- Tiene la capacidad de separarse de otros líquidos.
- Reducen el desgaste y la fricción.
- Transmite calos por poseer una elevada conductividad térmica.
- Se adhiere con facilidad a las superficies metálicas.
- Tiene una alta miscibilidad a bajas temperaturas y baja solubilidad a altas temperaturas.
- Permite transmitir potencia

1.3 PRUEBAS A REALIZAR EN LOS ACEITES LUBRICANTES

1.3.1 Pruebas de Laboratorio

Pruebas de oxidación.- La acción del oxígeno del aire y de la temperatura influyen en el envejecimiento de los lubricantes. Es el fenómeno de la oxidación. En las pruebas de oxidación, las temperaturas son establecidas en función de las temperaturas que pueden ser encontradas en funcionamiento.

Pruebas de corrosión.- Uno de los papeles importantes del lubricante es la protección contra la corrosión. También es indispensable conocer (para eventualmente modificarlos) las reacciones que se producen entre el lubricante y las superficies metálicas de diferentes naturalezas.

Ensayos de compatibilidad química.- Este tipo de pruebas permite determinar el comportamiento de los diferentes materiales cuando están en presencia de un aceite. Se certificará, por ejemplo, por medio de pruebas específicas, la compatibilidad de un lubricante con las juntas de estanqueidad.

Pruebas de estabilidad para el almacenamiento.- Ciertas combinaciones de algunos lubricantes resultan de la combinación de productos que no son totalmente miscibles en el aceite: por lo que se debe controlar la estabilidad durante el almacenamiento.

Pruebas de dispersión.- Estas pruebas tienen por objetivo determinar la capacidad de un aceite de mantener en suspensión las materias sólidas susceptibles de contaminar dicho aceite durante el servicio. Por ejemplo: Los motores de combustión producen residuos (hollín) y parte de dichos residuos se encuentra en el aceite. Este, por lo tanto, debe ser capaz de mantener el hollín en suspensión y evitar la acumulación que podría llegar a producir un taponamiento de los circuitos.

Pruebas de cizalladura.- Estas pruebas tienen por objetivo determinar la máxima o la mínima resistencia de los lubricantes a los esfuerzos mecánicos que tienden a provocar la ruptura de las moléculas de ciertos componentes.

Pruebas de resistencia a la presión.- No existe un aparato que pueda medir directamente la máxima o la mínima resistencia de una capa de aceite a la presión. En laboratorio las diferentes propiedades (untuosidad, resistencia de la capa de aceites, alta presión, presión extrema) solamente pueden ser estudiadas por medio de sus efectos, esto con la ayuda de los bancos de pruebas que permiten provocar variaciones, una tras otra, en los factores susceptibles de influenciar tal resistencia. Para las grasas se realizan las mismas pruebas que las efectuadas en los aceites; son realizadas con ayuda de aparatos especiales: máquinas de 4 bolas, Timken, etc.

1.3.2 Banco de Pruebas

Las pruebas de laboratorio son complementadas con pruebas en el banco, en máquinas de estructura muy próxima a la de las máquinas reales. Aquí se establecen condiciones precisas.

Pruebas en motores.- Las pruebas en motores tienen por objetivo observar el comportamiento de los aceites, tanto en motores de gasolina, como en motores diesel.

Cada prueba está orientada para evidenciar una o varias propiedades del lubricante. Ninguna prueba en motor es capaz de evaluar simultáneamente el conjunto de las propiedades.

Las pruebas en banco son efectuadas en motores multi-cilíndricos, de uso corriente en el automóvil, o en motores mono-cilíndricos.

Pruebas en los engranajes.- Estas pruebas tienen por objetivo verificar, en mecanismos reales, las propiedades de cohesión interna y de resistencia a la presión de los lubricantes.

Diferentes métodos son utilizados según los tipos de engranajes empleados y las condiciones de pruebas aplicadas.

1.3.3 Pruebas en Funcionamiento

Las pruebas en laboratorio y en banco son indispensables para la elaboración de un lubricante. Sin embargo estos ensayos tienen resultados bastante aleatorios. Por ello, solamente las pruebas en funcionamiento real, proporcionan resultados fiables para la calificación de un lubricante.

Las pruebas en funcionamiento real presentan una doble ventaja:

- Permiten seguir la evolución de las necesidades en materia de lubricación de los diferentes tipos de máquinas y el mantenimiento de las fórmulas de los aceites.
- Suministran información de gran valía con respecto a la orientación de los métodos de pruebas en banco realizadas en una etapa preliminar.

Las pruebas en funcionamiento son generalmente largas y costosas, pues es indispensable que sean realizadas de forma estadística en diferentes tipos de máquinas de una misma categoría e, incluso, repetidamente, con el fin de verificar los fallos, que surgen con frecuencia, de los organismos mecánicos.

Las conclusiones de dichos ensayos se formulan:

- En base a las observaciones efectuadas durante todo el periodo de pruebas, cuyo seguimiento debe ser realizado por ingenieros especializados.

- En base a análisis periódicos de los lubricantes, analizados por muestreo durante su funcionamiento.
- En base al examen de las piezas mecánicas al final de la prueba.

1.4 GRASAS

1.4.1 Definiciones

“La grasa es un producto que va desde sólido a semilíquido y es producto de la dispersión de un agente espesador y un líquido lubricante que dan las propiedades básicas de la grasa. Las grasas convencionales, generalmente son aceites que contienen jabones como agentes que le dan cuerpo, el tipo de jabón depende de las necesidades que se tengan y de las propiedades que debe tener el producto”.⁷

Conforme a las características y propiedades de las grasas, se aprecia que estas son compuestos orgánicos de presentación semisólida a solida, que tiene como principal función formar una capa que minimice los efectos de la fricción, por cuanto son el resultado de reacciones químicas elaboradas por distintos procedimientos a distintas bases de lubricantes, lo cual la especializa para actuar en distintas condiciones.

⁷ CHÁVEZ, F. (2005). *Op. Cit.* p. 121.

1.4.2 Composición Química

La composición química de las grasas y sus propiedades radica en el aceite base con la cual son elaboradas, entre las cuales tenemos:

- Aceite base (75 al 96%)
- Espesante (3 a 25%)
- Aditivos (0 al 10%)

1.4.2.1 Aceite Base (75 al 96%)

Es el mayor constituyente por lo que sus características influenciarán en el comportamiento de la grasa, de lo cual se puede usar:

- Aceite mineral
- Aceite sintético
- Aceite vegetal

Al determinar el aceite se considera su viscosidad entre valores mínimos (para el arranque) y máximos (para no contribuir con pérdida de la potencia)

1.4.2.2 Espesante (3 a 25%)

Es el que proporciona una red para sostener al aceite, es parecido a la función de la esponja como depósito de aceite, que permite su liberación cuando se ejerce

una presión sobre la grasa por efecto del funcionamiento de la pieza que lubrica y se reabsorbe cuando las piezas dejan de funcionar a fin de evitar fugas y evaporación, además el espesante es el confiere las propiedades de resistir al agua y a las altas temperaturas.

La cantidad de espesante varía conforme a la viscosidad del aceite base, por ejemplo si el aceite es poco viscoso necesitará mayor cantidad de espesante a fin de retenerlo, y si es un aceite más viscoso se requiere menor cantidad de espesante.

Los espesantes pueden ser:

- Jabones metálicos simples.
- Jabones metálicos complejos.
- Jabones con base no jabonosa.
- Espesantes inorgánicos.

- **Jabones metálicos simples.-** Los jabones metálicos se fabrican mediante reacciones de una sustancia alcalina y un ácido graso o éster de origen vegetal o animal en condiciones de temperatura, presión y agitación, que es un proceso conocido como saponificación que forma un red de 4 a 10 micras, entre los más conocidos tenemos:
 - Jabón de litio.- se utilizan para altas temperaturas, son resistentes a la pérdida de consistencia y fugas, tienen moderada resistencia al agua y son buenos selladores.

- Jabón de calcio.- Tienen cierta cantidad de agua para proveerles de mayor estabilidad, son el resultado de la reacción de un ácido graso con hidróxido de calcio en un medio de aceite mineral, son las grasas más baratas porque presentan baja estabilidad térmica, una excelente estabilidad mecánica y una buena resistencia al agua.
- Jabones de aluminio.- Tiene bajo punto de gota y una excelente resistencia al agua, sirven para lubricar cojines de baja velocidad, se parecen a un gel suave.
- Jabones de sodio.- Es el producto de la reacción entre un ácido graso con el hidróxido sódico en un aceite mineral, son considerados como excelentes ante la corrosión y herrumbre, pero no resisten al agua y son susceptibles al endurecimiento.
- **Jabones metálicos complejos.-** Son desarrollados para satisfacer las condiciones más rigurosas de temperatura y se elaboran a partir de la reacción entre un derivado de ácido graso con un compuesto polar (conocido como agente complejante porque sus moléculas atraviesan un proceso de separación de las cargas), entre los más conocidos tenemos:
 - Jabones complejos de litio.- poseen gran estabilidad estructural y térmica, son muy tolerables a las altas temperaturas.

- Jabones complejos de aluminio.- Resisten al agua, su estructura fibrosa le proporciona menos cantidad de espesante, mejor bombeabilidad, retención del aceite; si a este tipo de grasas se les añade montmorillonita, el efecto sinérgico produce mejor rendimiento a altas temperaturas, estabilidad mecánica y condiciones óptimas para el arranque en frío.
- Jabones complejos de calcio.- Obtenidas a través de la molécula de estearato-acetato de calcio, produce una grasa con consistencia a altas temperaturas y óptimas propiedades a extremas presiones, no es recomendable a bajas temperaturas.
- **Jabones con base no jabonosa.**- en este tipo encontramos:
 - Poliurea.- se obtiene de la reacción de isocianatos con aminas y esta grasa posee una buena resistencia al agua, excelente estabilidad mecánica, alta durabilidad, sus costos son elevados y no facilitan el bombeo de la misma, no poseen metales y son más viscosas a altas temperaturas.
 - Ácido tereftálico.
 - Acido fosfórico.
- **Espesantes inorgánicos.**-Su fabricación es sencilla porque consiste en dispersar en el aceite base el espesante que puede ser:

- Bisulfuro de molibdeno.
- Grafito.- hacen a la grasa más durable y no reaccionan químicamente con la superficie del metal.
- Sílice.- toleran la radiación, por lo que son usadas en centrales nucleares
- **Arcillas modificadas.-** las más conocidas son:
 - Bentonita.- recomendable para altas temperaturas, usada en aplicaciones aeroespaciales.
 - Silicatos de aluminio

1.4.2.3 Aditivos (0 al 10%)

Mejoran las características de la grasas, al igual que de los aceites, por lo tanto se debe considerar algunos factores para su uso:

- Requerimiento de la aplicación
- Compatibilidad
- Consideraciones ambientales
- Color
- Costos

Existen diferentes tipos de aditivos dependiendo de las características que mejoren de los cuales son:

- Antioxidantes
- Anticorrosivos
- Pasivadores
- Etc.

1.4.3 Cualidades

- Las grasas no cambian de estado físico de la materia, pero sufren un proceso de aumento en su consistencia lo que las hace endurecer, pero no congelar, cabe señalar que este proceso variará conforme a la base de aceite con la cual es elaborado, ya que al ser un aceite mineral su consistencia es más alta al compararla con la base de aceite sintético a misma condición de temperatura.
- Las grasas tienen diferentes cualidades conforme a su viscosidad, a menor consistencia es efectiva para la lubricación centralizada, y a mayor consistencia tiene la capacidad de sellar y evitar la contaminación por agua, polvo u otros agentes.
- Al oxidarse la grasa en almacenamiento puede ponerse rancia, costrosa y más oscura. Puede inclusive haber una separación del aceite base. Para

prevenir esto las grasas de calidad contienen inhibidores de oxidación que es especialmente vital en los rodamientos sellados pre lubricados.

- La NGLI (National Lubricating Grease Institute) Instituto Nacional de Grasas Lubricantes, estableció un sistema para clasificarlas conforme a su consistencia en relación con la capacidad de penetración producida por la caída de un cono estándar en una muestra de grasa (ASTM-D-217), de los valores obtenidos en esta prueba se obtiene un rango de 9 escalas, tal como se aprecia en el siguiente cuadro:

Cuadro No. 1.10 Grados de consistencia de una grasa según ATM D 217

Grado NGLI	Penetración a 25°C (mm)	Aplicaciones
000 (líquida)	445-475	Engranajes
00 (líquida)	400-430	Engranajes
0 (semi-fluída)	355-385	Cojinetes. Sistemas centralizados
1 (semi-fluída)	310-340	Cojinetes. Sistemas centralizados
2 (blanda)	265-295	Cojinetes
3 (regular)	220-250	Cojinetes
4 (semidura)	175-205	Cojinetes lisos. Grasa en briquetas
5 (dura)	130-160	Cojinetes. Grasa en briquetas
6 (extra-dura)	85-115	Cojinetes. Grasa en briquetas

NOTA: No deben bombearse grasas con NGLI > 2

Fuente: Chávez F. (2005). La tribología: ciencia y técnica para el mantenimiento. Editorial Limusa. p. 125

1.4.4 Utilidades

Las grasas tienen varias utilidades entre las que tenemos:

- Sustituyen en algunas aplicaciones a los aceites, aunque su uso es limitado.
- Son efectivas en un arranque en frío porque crean una película lubricante resistente que separa las superficies metálicas.
- Su re-lubricación o lubricación no requiere procedimientos complicados.
- Son factibles en máquinas o equipos donde es imposible hacer llegar algún tipo de líquido.
- Tiene propiedades sellantes por lo que no permiten el ingreso de otros agentes, como el agua o polvo.
- Son compatibles con otros materiales sellantes.
- Resisten al centrifugado.
- Son buenos protectores frente a la corrosión.
- Utilizan aditivos sólidos.

- Reduce la fricción bajo condiciones, cargas, velocidades y temperaturas de trabajo.
- Permiten trabajar en altas temperaturas.
- Evita el ruido, como medio de amortiguador y aislante.

1.5 LUBRICACIÓN

“La lubricación es la formación de una película que permite separar dos superficies que se encuentran en movimiento”.⁸

En síntesis la lubricación es el proceso de formación de una capa protectora, mediante el flujo de un lubricante que recubre las superficies de piezas que estarán en contacto para producir un movimiento en el cual se ejercerá una presión o carga constante o variada, lo que puede ocasionar daños o desgaste de las piezas por un rozamiento directo, tal como se enmarca en el siguiente gráfico.

⁸ BENLOCH, J. (2002). *Op. Cit.* p. 58.

Gráfico No. 1.8 La lubricación



Fuente: Chávez F. (2005). La tribología: ciencia y técnica para el mantenimiento. Editorial Limusa. p. 41

1.5.1 Tipos de Lubricación

Conforme a la disminución de la fricción la lubricación puede ser:

- Lubricación hidrodinámica
- Lubricación elasto-hidrodinámica
- Lubricación marginal
- Lubricación mixta

1.5.1.1 Lubricación Hidrodinámica

Esta consiste en formar una película lubricante de manera continua y gruesa, lo que proporciona baja fricción y alta resistencia al desgaste, como ejemplo tenemos la lubricación de un cigüeñal que rota dentro de su bancada; si el

lubricante es de baja viscosidad fluye al cárter sin separar las piezas lo que provoca su desgaste anticipado y si es muy viscoso no crea un soporte suave, lo que provoca también desgaste, es por ello que en cada máquina se recomienda el tipo de aceite requerido, aunque el punto crítico es el momento de arranque, pues tanto en el arranque como en el apagado no existe la lubricación hidrodinámica.

Para medir este tipo de lubricación tenemos la prueba HT/HS (Alta temperatura/Alto Cizallamiento) que mide la viscosidad mínima a 150°C a 90 ciclos de estrés para simular las condiciones de los cojinetes del motor. Esta viscosidad determina la protección del aceite en la lubricación hidrodinámica y para conocer los niveles de cizallamiento la SAE proporciona el siguiente cuadro:

Cuadro No. 1.11 Máximo cizallamiento permitido

Viscosidad SAE	Cizallamiento en alta temperatura (cP)
20	2.6
30	2.9
40	2.9 (0W-4-, 5W-40, 10W-40)
40	3.7 (15W-40, 20W-40, 24W-40, 40 monogrado)
50	3.7
60	3.7

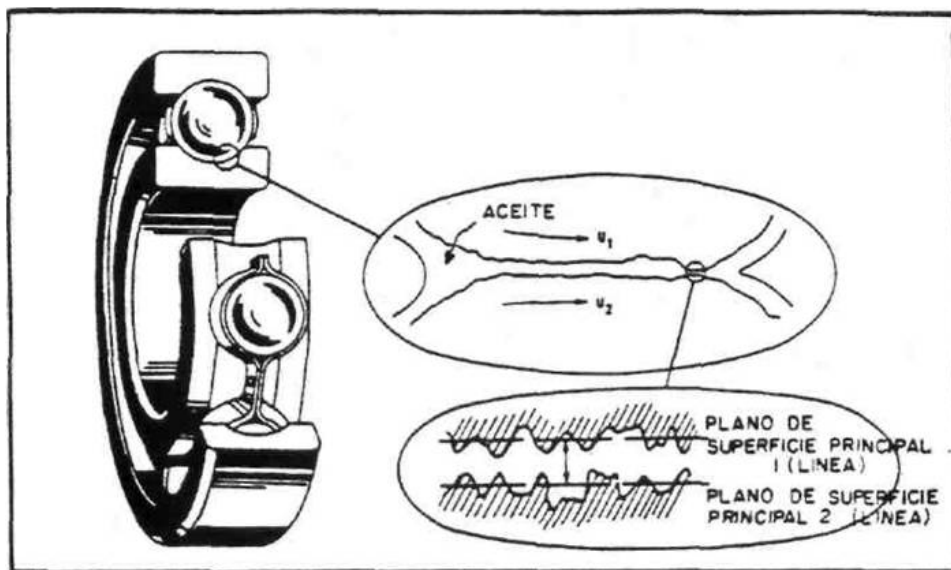
Fuente: Chávez F. (2005). La tribología: ciencia y técnica para el mantenimiento. Editorial Limusa. p. 127

1.5.1.2 Lubricación Elasto-Hidrodinámica

Se caracteriza por presentar una película lubricante de tamaño microscópica con propiedades elásticas y se presenta en mecanismo en los cuales las rugosidades

de las superficies en fricción trabajan siempre entrelazados y nunca llegan a separarse, en estos casos el lubricante se solidifica y las crestas permanentemente se están deformando elásticamente, un claro ejemplo de este tipo de lubricación son los rodamientos (rulimanes), como se muestra en la siguiente gráfica:

Gráfico No. 1.9 Lubricación elasto-hidrodinámica

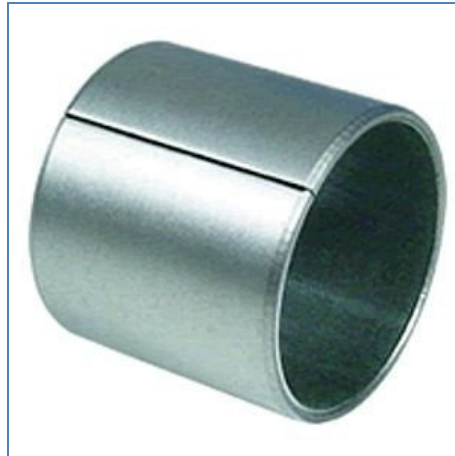


Fuente: Chávez F. (2005). La tribología: ciencia y técnica para el mantenimiento. Editorial Limusa. p. 127

1.5.1.3 Lubricación Marginal

También conocida como lubricación límite, en este tipo de lubricación existe mayor contacto entre las asperezas de los mecanismos por lo que el coeficiente de fricción es mucho mayor y se aprecia en las maquinas de carga pesada y de baja velocidad, como ejemplo tenemos a los cojines o casquillos de fricción (bocines), tal como se muestra en la siguiente gráfica:

Gráfico No. 1.10 Cojines



Fuente: Chávez F. (2005). La tribología: ciencia y técnica para el mantenimiento. Editorial Limusa. p. 128

1.5.1.4 Lubricación Mixta

Se caracteriza por la relación entre el desgaste y el consumo de energía vinculada con el funcionamiento de la película de lubricación y su resistencia, ya que si las presiones o velocidades de operación son altas, la película se dispersa y al bajar vuelve a su estado original, claro ejemplo de este tipo de lubricación son las llamadas chumaceras, como se indica en siguiente gráfico:

Gráfico No. 1.11 Lubricación Mixta

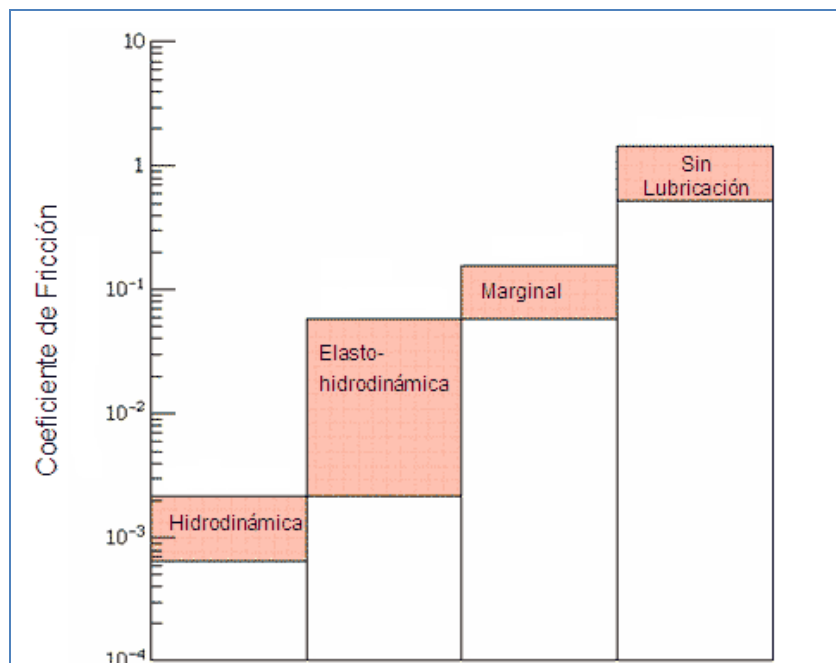


Fuente: Chávez F. (2005). La tribología: ciencia y técnica para el mantenimiento. Editorial Limusa. p. 128

1.5.1.5 Diferencias de los Tipos de Lubricación

Cada tipo de lubricación ofrece cierto grado de fricción, lo cual se ajusta con los requerimiento que cada máquina o parte de ella conforme a su diseño y estructura necesita para poder funcionar, en el siguiente gráfico se vislumbra que la lubricación hidrodinámica es la mejor, por su grado de fricción, seguida de la elasto-hidrodinámica, cabe señalar que una vez que se encuentra en condiciones de una lubricación marginal se está a punto de llegar a la ausencia de lubricante.

Gráfico No. 1.12 Barras de coeficientes de fricción



Fuente: Chávez F. (2005). La tribología: ciencia y técnica para el mantenimiento. Editorial Limusa. p. 130

1.5.2 Importancia de la Lubricación

La lubricación en la actualidad, donde existe una gran variedad de maquinarias que son utilizadas en las actividades cotidianas del individuo y la sociedad, tiene

un papel protagónico en el medio socio-económico, pues al detenerse las maquinarias ocasionan una paralización de la producción de bienes y servicios.

Dentro del mercado mundial los lubricantes han tenido un realce en su producción y una mejora de sus propiedades, tal como se aprecia en el siguiente cuadro:

Cuadro No. 1.12 Evolución del consumo de aceites de motor en vehículos de gasolina

DETALLE	1950	1970	1997	2002
Periodo de cambio de aceite	1.500	5.000	15.000	30.000
Consumo de aceite (litro/10.000Km)	8	De 3 a 4	De 1 a 2	1
Capacidad del cárter (litros de aceite)	5	4,5	4	3,5
N° de cambio de aceite en 100.000 Km	66	20	De 6 a 7	De 3 a 4
Aceites consumidos cada 100.000 Km (litros)	330	95	25	15
Total consumo en 100.000 Km (cambio + reposición)	410	130	45	25

Fuente: Benloch, J. (2002). Los lubricantes: características, propiedades, aplicaciones. Madrid, España. Ediciones CEAC. p. 73

Conforme al cuadro, el periodo de cambio de aceite en los años de 1950 era de 1.500 veces, en el año 2002 haciende a 30.000 veces, ello obedece a que los autos tienen mayores recorridos y velocidades lo que ocasiona que la demanda de lubricantes sea mayor; en lo relacionado a las propiedades vemos que el aceite consumido cada 100.000 Km se reduce de 330 litros en 1950 a 15 litros para el año 2002.

1.5.3 Ventajas y Desventajas

1.5.3.1 Ventajas

Las ventajas de los lubricantes en el medio industrial son considerables, a continuación se en listan las principales:

- Mantienen el óptimo funcionamiento de las maquinarias y extienden su tiempo de vida útil.
- La gran variedad de lubricantes permite escoger el que mejor se adapte a las condiciones producidas por la maquinaria.
- Permiten mayor productividad a los entes económicos, al permitir un ahorro de dinero y un mejor rendimiento de la maquinaria.
- Son menos agresivos con el medio ambiente, al cumplir con estándares internacionales.

1.5.3.2 Desventajas

Se podría decir que las desventajas de los lubricantes tienen más que ver con el impacto ambiental que estas ocasionan, ya que su derrame y limpieza en las zonas afectadas son costosos y destructivos para los ecosistemas, también se

señalan como agentes peligrosos para la salud, a continuación se detallan las problemáticas que estos ocasionan:

- Sobre la salud.- ⁹ los lubricante por poseer aditivos muy tóxicos, además durante su uso incorporan a su composición partículas metálicas ocasionadas por el desgaste de las piezas que protegen y también por la combustión de combustibles generan varios gases y humos, todo ello afecta directamente la salud ocasionando:
 - Irritación del tejido respiratorio por la presencia de gases que contienen aldehídos, cetonas, compuestos aromáticos, etc.
 - También se ve afectado las vías respiratorias por el cloro, dióxido de nitrógeno, ácido sulfhídrico, antimonio, cromo, níquel, cadmio y cobre.
 - Producción de asfixia por contener monóxido de carbono y disolventes halogenados.
- Sobre el medio ambiente.- ¹⁰ los lubricantes son capaces de contaminar tierras, ríos y mares por su baja biodegradabilidad y producen serios daños, tal como se indica a continuación.

⁹ JERÓNIMO, A. (2003). *Principios de contaminación ambiental*. México: UAEM (universidad Autónoma de México). p. 219.

¹⁰ *Ibíd.*

- Vertido en el agua.- Originan una película impermeable entre la atmosfera y la superficie acuática lo que ocasiona una disminución del oxígeno disuelto en el agua. Prácticas como verter aceites a través de los sistemas de alcantarillado, provocan serios daños en las estaciones.

- Vertidos en suelos.- Recubre el suelo y provocan una disminución del oxígeno. El humus vegetal se va degradando y finalmente ocasiona una pérdida de la fertilidad. Por filtración pueden contaminar aguas subterráneas.

- Emisiones a la atmósfera.- La combustión de aceites usados, provoca emisiones a la atmosfera de metales y modifican el clima.

CAPÍTULO II

2 ADITIVOS

2.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se tratará sobre los aditivos, en qué consisten, características principales, además se tratará sobre su utilidad en el presente proyecto conociendo sus composiciones químicas y la importancia de la utilización de los mismos.

En la actualidad en industria automotriz como en todas las industrias es importante conocer de componentes que pueden ayudar al mejor desempeño de las máquinas que se utilizan en el desarrollo de sus actividades, por ello es necesario el conocer de estos adicionales que permiten optimizar el trabajo como son los aditivos.

2.1.1 Definiciones

“Un aditivo es un compuesto químico que es añadido al lubricante en pequeñas cantidades con el fin de mejorar algunas características o añadir otras nuevas”.¹¹

¹¹ SÁNCHEZ, F.; GONZÁLEZ, A. y otros. (2006). *Mantenimiento mecánico de máquinas*. España: Universitat Jaume I. p. 39.

“Reservamos el nombre de aditivo a estas sustancias, o a las mezclas de sustancias capaces de mejorar sensiblemente, al menos, una propiedad de un producto determinado, sin alterar las otras propiedades intrínsecas”.¹²

Un aditivo como su nombre lo menciona, es algo adicional que permite optimizar el trabajo de otro componente, considerado como necesario para alargar el buen funcionamiento del este.

Entonces se puede decir que un aditivo es un componente adicional que sirve para un mejor funcionamiento de una máquina, la intención de un aditivo es mejorar las propiedades de un lubricante para minimizar o a su vez eliminar otras perjudiciales.

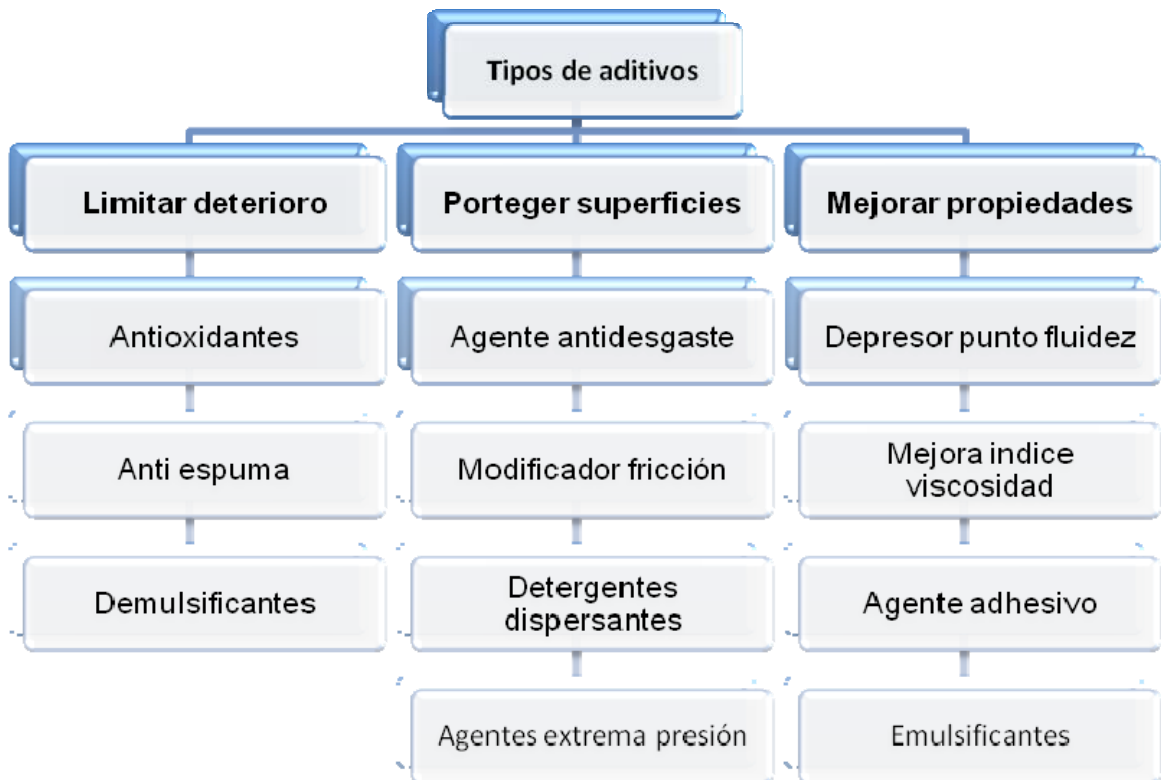
2.1.2 Composiciones Químicas

Anteriormente se menciona que un aditivo puede reforzar propiedades de otros componentes, entonces es importante conocer los tipos o funciones¹³ que cumplen cada uno de ellos y que se aprecian en el siguiente esquema:

¹² WAIQUIER, J. (2004). *Op. Cit.* p. 341.

¹³ CULTURAL. (2001). *Manual del automóvil: reparación y mantenimiento.* Madrid: Cultural S.A. p. 125.

Gráfico No. 2.1 Aditivos



Fuente: WAIQUIER, J. (2004). El refinado del petróleo: petróleo crudo, productos petrolíferos, esquemas de fabricación. Madrid, España: Díaz de Santos. P. 342

2.1.2.1 Aditivos para Limitar el Deterioro

Estos aditivos tienen la principal función de fortalecer al lubricante a fin de evitar su degradación o cambio en su composición química que afecte la lubricación, entre ellos tenemos:

- Aditivos antioxidantes
- Aditivos Anti - espuma
- Aditivos Demulsificantes

- **Aditivos antioxidantes**

Su función es la de eliminar o tratar de controlar la oxidación que produce un lubricante.

Composición:

Al igual que un aditivo anti-desgaste está compuesto por ditiofosfatos, considerados como excelentes antioxidantes.

- **Aditivos anti-espuma**

Controla las funciones de otros aditivos como el detergente debido q que el funcionamiento de este provoca espuma, lo cual dificulta otras actividades en el motor, este aditivo convierte a la espuma en burbujas que facilitan la salida del lubricante.

Composición:

Los aceites de silicona, o acrilatos de alquilo que se presentan en los aceites pero en poca cantidad componen este aditivo.

- **Aditivos demulsificantes**

La presencia de agua en el aceite provoca la corrosión en los componentes y depósitos lo cual origina cambio en su composición química, dando como

resultado la formación de ácidos, esta clase de aditivo separa inmediatamente el agua del aceite a fin de que sea drenada.

2.1.2.2 Aditivos para Proteger Superficies

Estos aditivos permiten dar propiedades a los lubricantes para que mejoren su efectividad en procura de precautelar las superficies que lubrican, entre este tipo de aditivos tenemos:

- Aditivos antidesgaste
- Aditivos modificadores de la fricción
- Aditivos detergentes y dispersantes
- Aditivos agentes de la extrema presión

- **Aditivos anti-desgaste**

Disminuyen el frotamiento, que controlan las reacciones. Como su nombre lo indica se utilizan para disminuir el desgaste, actúan formando una capa protectora en las superficies metálicas.

Composición:

Los aditivos antidesgaste está compuesta por los alquilo-ditiofosfatos de zinc y de numerosos derivados fosforados.

- **Aditivos modificadores de la fricción**

Son aquellos que dan propiedades al lubricante para proteger las superficies de la corrosión y herrumbre, ya que permiten eliminar el ruido y la vibración, dentro de esta clasificación encontramos los siguientes aditivos:

- Aditivos anticorrosivos
- Aditivos antiherrumbre
- Aditivos anticorrosivos

Al formar una capa protectora en el metal, bloquea el ataque de los metales ferrosos, al formarse la mezcla del agua, oxígeno de aire y óxidos que se forman en la combustión.

Composición:

Compuesto generalmente de sulfonatos alcalinos o alcalino-terrosos, sales de sodio, magnesio, calcio, de ácidos o de aminas grasas, de ácidos alquenilsuccínicos y sus derivados.

- Aditivos antiherrumbre

Evitan la herrumbre de los elementos férricos al impedir la condensación de la humedad en el interior del motor.

Composición:

Están compuestos por detergentes y antioxidantes o multifuncionales, de untuosidad, anticorrosivos.

- **Aditivos detergentes**

Actúan en las partes más calientes del motor evitando la creación de depósitos que no permiten el buen funcionamiento, se consideran como limpiadores de residuos.

Composición:

Esta clase de aditivo está compuesto por metálicos de calcio o de magnesio.

- **Aditivos dispersantes**

Ayuda al motor a detener impurezas formadas durante el funcionamiento del mismo, es decir impide que se depositen residuos principalmente en la parte fría del motor.

Composición:

Los alquenilsuccinioamidas, de los ésteres succínicos o de sus derivados, de las bases Mannich son los principales componentes de estos aditivos.

- **Aditivos de extrema presión**

Son aquellos que brindan mayor resistencia al lubricante para trabajar en régimen de capa límite o capa fronteriza, es decir cuando una parte sólida choca con un fluido a una velocidad que puede ser alterada por la capa del fluido que en este caso es la viscosidad del lubricante, produciendo con ello una presión o fuerza de resistencia.

Composición:

Contienen compuestos de azufre, cloro, plomo o zinc.

2.1.2.3 Aditivos para Mejorar Propiedades

Este tipo de aditivos fortalecen al lubricante a fin de alcanzar niveles de viscosidad requeridos para trabajar en condiciones extremas, lo cual se refleja en lubricación óptima que mejora el rendimiento de la máquina, entre los cuales tenemos:

- Aditivos depresores del punto de fluidez
- Aditivos que mejoran el índice de viscosidad
- Aditivos de agente adhesivo
- Aditivos Emulsificantes

- **Aditivos depresores del punto de fluidez**

Son aquellos que permiten controlar la fluidez del lubricante en condiciones de temperatura muy bajas, ya que hace lento el proceso de congelamiento y no permite que sufra cambios en su estructura mediante la formación de cristales.

Composición:

Son el resultado de la aplicación de compuestos provenientes de productos sulfurados, aminas y derivados fenólicos.

- **Aditivos que mejoran el índice de viscosidad**

Mejoradores del índice de viscosidad, ayudan a las piezas que tienen movimiento evadir la fricción que ocasionan.

Depresores del punto de congelación, mantienen un suficiente control de la temperatura provocando el enfriamiento.

Composición:

Este tipo de aditivos están compuestos principalmente de polímeros que permite mantener la viscosidad en caliente.

- **Aditivos de agente adhesivo**

Son aquellos que realzan las propiedades de adherencia de los lubricantes y afectan a su viscosidad, además incrementan la estabilidad mecánica.

Composición

Se compone en base a polímeros de alto peso molecular y de ácidos grasos.

- **Aditivos Emulsificantes**

Estos aditivos proveen la capacidad para formar emulsiones que son la mezcla del agua y el aceite a fin de que el agua no afecte el sistema que se lubrica o la composición misma del lubricante u otros aditivos.

Composición

Los agentes emulsificantes consisten de moléculas que contienen una mezcla de grupos polar (carga negativa) y no polar (carga neutra), como ejemplo tenemos el palmitato de sodio.

2.1.2.4 Principales Aditivos y Razones para su Empleo

Los distintos elementos y estructuras químicas dan características únicas a los aditivos y con ellos a los lubricantes, como a continuación se presenta:

Cuadro No. 2.1 Principales aditivos

TIPO DE ADITIVO	COMPUESTOS UTILIZADOS	RAZONES PARA SU EMPLEO
Mejoradores de índice de viscosidad	Polimetacrilatos Copolímeros de olefinas Copolímeros mixtos Derivados de isopreno de estireno-butadieno	Reducen el cambio de viscosidad con la temperatura y permiten un arranque en frío más fácil.
Detergente - dispersantes	Succinamidas Ésteres Alquilaminas Esteres fosforados Poliámidas	Mantienen en suspensión lodos, fangos, carbonillas y otras sustancias en el aceite, facilitando de este modo su evacuación en el drenado.
Reserva alcalina	Compuestos alcalinos	Previenen los fenómenos de corrosión por ataque ácido.
Antidesgaste, modificadores de la fricción	Dialquitiófosfatos de Zn Fosfatos orgánicos Compuestos clorados	Crean películas protectoras en ciertas zonas del motor o transmisión. Reducen los desgastes y ruidos y agarrotamientos.
Inhibidores de la oxidación	Dialquitiófosfatos de Zn Fenoles Compuestos N y S	Proviene y controlan la oxidación del aceite, evitando la formación de barnices, fangos y compuestos orgánicos corrosivos. Limita el aumento de viscosidad que aparece cuando el tiempo de uso del aceite es elevado.
Inhibidores de la corrosión y la herrumbre	Aminas, ácidos grasos Fosfatos, ésteres	Previenen de la herrumbre y corrosión a las superficies metálicas mediante la formación de películas protectoras o la neutralización de ácidos.
Depresores del punto de congelación	Productos sulfurados Aminas Derivados fenólicos	Rebajando el punto de congelación, aseguran el flujo del aceite a bajas temperaturas.
Untuosantes	Polímeros de alto peso molecular (acrilatos) Ácidos grasos	Facilitan la permanencia de la película de aceite en la superficie de las piezas, mejorando su adhesividad.
Desemulsionantes		Separan aceite y agua.
Extrema - presión	Compuestos de azufre, cloro, plomo, zinc	Lubricación en régimen de capa límite.
Antiespumantes	Siliconas y ciertos poliacrilatos	Reducen la formación de espuma en los cárteres.

Fuente: Cultural. (2001). *Manual del automóvil: reparación y mantenimiento*. Madrid, España: Cultural S.A. p. 105

2.1.3 Cualidades

La cualidad principal de los aditivos es que “mejoran la calidad de los aceites minerales puros”,¹⁴ es decir son considerados como sustancias adicionales añadidas a lubricadores para su mejor funcionamiento, poseen las siguientes características o cualidades como:

2.1.3.1 Antioxidantes

El proceso de oxidación en los hidrocarburos se produce debido a temperaturas elevadas, que forman sustancias que provocan este inconveniente. El lubricante a causa de esta oxidación presenta modificaciones en sus funciones que reducen su efectividad, estas son:

El aceite incrementa su acidez, esto ocasiona que el lubricante actúe en contra de las partes metálicas, especialmente en las no ferrosas.

Las superficies en movimiento necesitan de un aditivo que evite un contacto directo entre las mismas, este adicional forma una capa protectora que modifica la viscosidad.

La oxidación rápida o lenta de un aceite depende o está dada por dos factores que son:

¹⁴ SANZ, S. (2007). *Motores: mantenimiento de vehículos autopropulsados*. Madrid: Editorial Editex. p. 276.

- La temperatura: Una temperatura muy alta en el trabajo ocasiona una mayor oxidación, es decir mientras más alta es la temperatura, la velocidad de oxidación aumentará.
- La presencia de ciertas sustancias como: azufre en el material original o aditivo, agua o de aceite ya oxidado, ácidos agregados o auto-producidos, partículas metálicas de cobre o hierro y otras, aceleran la oxidación.

Los aditivos permitirán disminuir la oxidación que se produce durante se trabajo, aumentando la vida útil de los lubricantes, sin embargo la utilización de los mismos no evita que estos se agoten, el desgaste se produce y en un tiempo determinado tienen que ser reemplazados por nuevos.

2.1.3.2 Antiespumantes

El trabajo brusco o de gran agitación de las máquinas y los aceites que utiliza, ocasionan burbujas o espuma en el interior, lo que puede provocar los siguientes inconvenientes:

El aceite no trabaja íntegramente, no cumple con sus funciones de manera adecuada y soporta el movimiento de las piezas, las cuales pueden fraccionarse o romperse, lo que ocasiona el contacto de las superficies y por ende su desgaste elevado.

La densidad neta de la mezcla es diferente a la del aceite no emulsionado, esto genere un cambio de elemento en la estabilidad del estado de la lubricación.

Atacar el inconveniente de formación de burbujas al utilizar un aditivo espumante o por el movimiento violento en el trabajo se puede realizar a través de burbujas más grandes que suben a la superficie de una forma más fácil y se rompen para eliminar el aire ocasionado por las burbujas pequeñas.

2.1.3.3 Estabilizadores de la Viscosidad

El aceite utilizado como lubricante para las partes en movimiento constante es una de las partes de importantes a considerar debido a que estas producen viscosidad la cual controlada de una manera adecuada mediante la utilización de aditivos especiales para esta función alargan la vida útil de la máquina.

Entonces para resolver el problema de temperatura-viscosidad ocasionada por las diferentes funciones o circunstancias a las que está expuesta la máquina, a los lubricantes destinados para estos se les agrega el componente adicional como son los aditivos, los cuales cuando la temperatura aumenta forman moléculas más grandes disminuyendo la movilidad, mientras que si la temperatura disminuye ocurre lo contrario (moléculas pequeñas, mayor movilidad).

2.1.3.4 Reductores del Punto de Gelificación

Al estar en contacto con zonas frías ocasiona que el aceite se convierta en gel, lo que no permite la fluidez del lubricante y por ende dificulta al funcionamiento adecuado de la máquina.

Entonces la cualidad de trabajar como controladores de temperaturas permitiendo rodear estos depósitos de gel evitando que cada vez sean más grandes que inmovilizarían la masa de aceite.

2.1.3.5 Detergentes

Residuos que se forman como duras capas de lacas, barnices o barros que no permiten una conducción adecuada del lubricante, todo ocasionado por las altas temperaturas.

Los aditivos funcionan como dispersantes de estas capas que se forman para evitar que se conviertan en depósitos más grandes, también actúan como antioxidantes.

2.1.3.6 Aditivos para Extrema Presión

Otra cualidad de los aditivos es trabajar no solo con pequeñas máquinas sino también con maquinarias que ejercen mucha presión en el trabajo, esto puede ocasionar que las funciones de los lubricantes no formen la capa protectora esperada por lo que es necesario adicionar un componente de extrema presión, sin embargo, esto no quiere decir que evite el desgaste del mismo pero el ayuda a que la sustitución se realice en un período más prolongado.

2.1.4 Utilidades

Los aditivos para las grasas

“Las grasas es un lubricante en dos fases, compuesta por un espesador dispersado en un fluido base, que en forma típica es un aceite”.¹⁵

Siendo una parte principal para la lubricación, las grasas utilizan aditivos para mejorar y modificar sus características, también ejerce acciones antioxidantes, anticorrosivas y de anti-desgaste.

Un aditivo además reduce la fricción e impide el contacto entre piezas o superficies formando una capa de protección estos son conocidos como aditivos sólidos.

Aditivos detergentes dispersantes

Los aditivos detergentes dispersantes se utilizan como limpiadores de capas que se forman sobre las piezas en movimiento. Entonces la utilidad principal de estos es mantener el interior de la máquina limpia y encargarse de que los elementos contaminantes sean inofensivos.

Aditivos que enfrentan la humedad y la corrosión

¹⁵ MOTT, R. (2006). *Diseño de elementos de máquinas*. México: Pearson Educación. 4ta. Edición. p. 689.

El vapor puede condensarse y transformarse en agua dentro del motor. Estos aditivos son utilizados para transformar el agua en un elemento inofensivo para el motor.

Aditivos mejoradores de las cualidades físicas del aceite lubricante.

Este tipo de aditivos son utilizados para:

Mejoradores del índice de viscosidad.- Estos aditivos trabajan con relación a la temperatura.

Mejoradores del Punto de Fluidez y congelación.- Son utilizados para absorber los cristales de parafina sólida o depósitos que se forman por la disminución de temperatura o congelamiento, lo que ocasiona que las funciones de los lubricantes no se cumplan de la mejor manera.

2.1.5 Importancia de los Aditivos

En la actualidad utilizar nuevos componentes o adicionales se convierte en base importante para maximizar funciones relacionadas con el mejor desempeño de máquinas que día a día mejoran la productividad en la empresa o a su vez componentes que mejoran la calidad de motores en el área automotriz.

Es importante que el motor y los aceites que utiliza contenga los aditivos adecuados, que brinden la confianza de optimizar las funciones que está

destinado a realizar, independientemente de las circunstancias o estados en los que desarrolle su trabajo.

Los aditivos son importantes para la lubricación debido a ayudan a mejorar las características de la misma, prolongan su vida útil frente a su oxidación, desgaste, fricción, corrosión y formación de depósitos.

CAPÍTULO III

3 CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA ACEITES LUBRICANTES

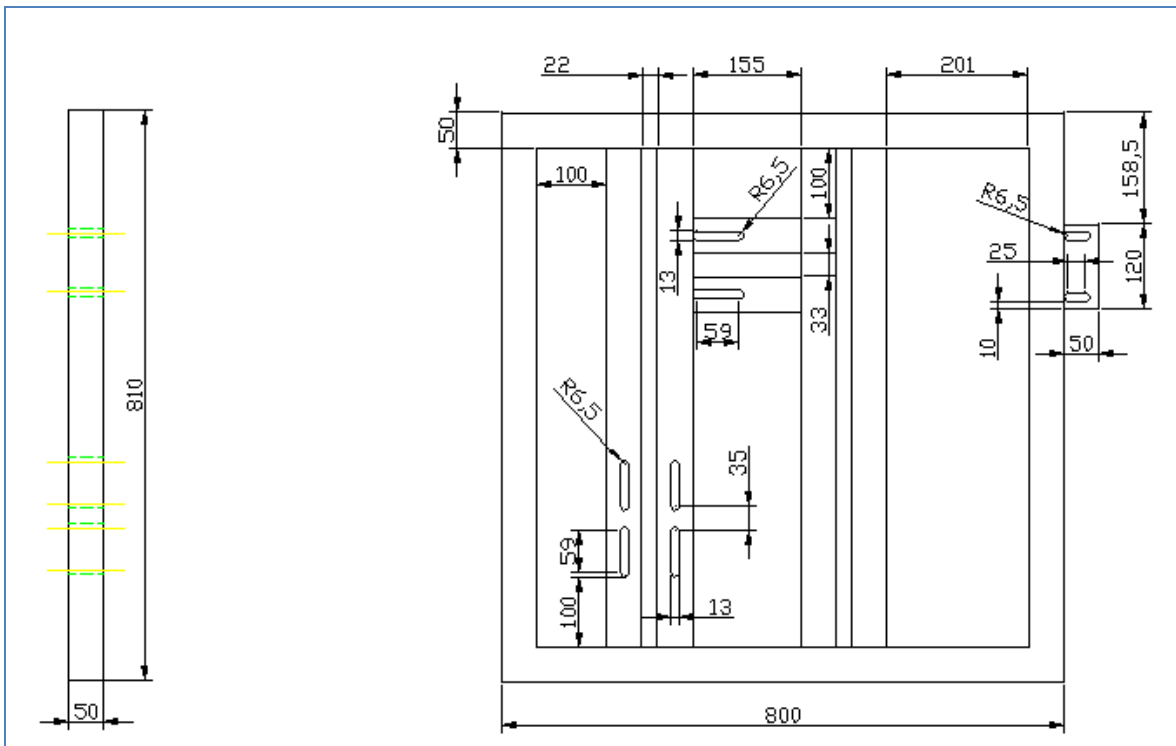
3.1 CONSTRUCCIÓN DE UN MARCO METÁLICO PORTADOR DE LOS COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBAS

El diseño y construcción de la estructura base que soportara el peso y vibración del motor se realiza de acuerdo a varios aspectos que detallamos a continuación:

- Las dimensiones generales del $\frac{3}{4}$ motor, ya que todo su volumen y peso estará en el banco o estructura diseñada.
- La dimensión del motor eléctrico y su peso, además de su localización que requiere de regulaciones para su ensamblaje con el resto del sistema.
- La distancia correcta de los ejes o poleas del cigüeñal y polea motriz, para una correcta ubicación y templado de la correa que transmite el movimiento.
- La dimensión del colector de aceite lubricante, debe ser grande de tal manera que colecte todo el aceite que esta lubricando el motor.

De todo lo anotado anteriormente se toma decisiones respecto al dimensionamiento y tipo de material a emplear para la ejecución de este trabajo, como se detalla a continuación.

Gráfico No. 3.1 Dimensionamiento del banco de pruebas



Fuente: Cultural. (2001). *Manual del automóvil: reparación y mantenimiento*. Madrid, España: Cultural S.A. p. 135

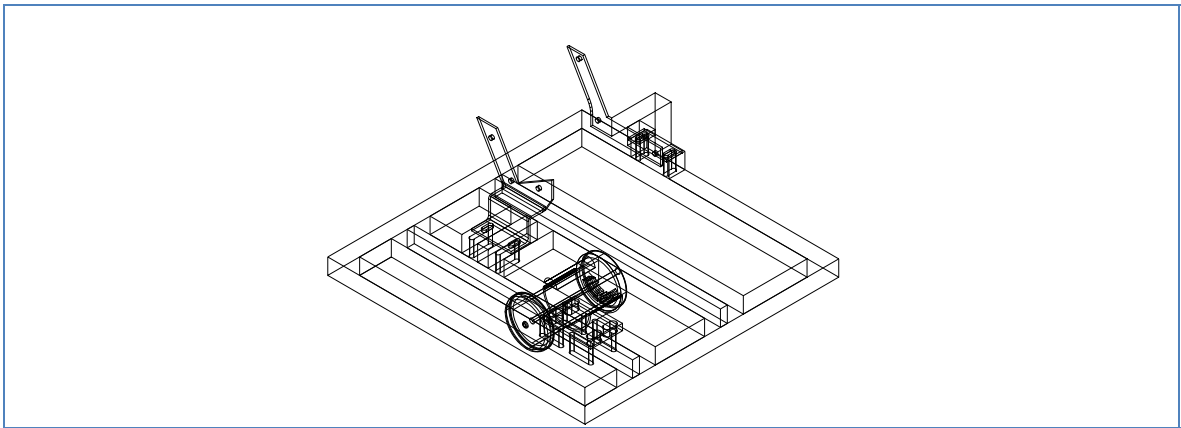
Se construye un banco base de trabajo de 0.8 x 0.8 m como se muestra en la fotografía a continuación, utilizando como material, elementos de fabricación comercial como es el ángulo de 2 x 2 pulgadas, por 3/16 de espesor, acoplado con una base saliente en uno de los lados y un doble travesaño para colocar el motor $\frac{3}{4}$, y el motor eléctrico.

3.1.1 Cálculos del Diseño del Marco Metálico Base del Banco de Pruebas

3.1.1.1 Cálculos de los Esfuerzos Mecánicos y Fatiga en la Estructura

Dimensionamiento de la base portadora del sistema de pruebas

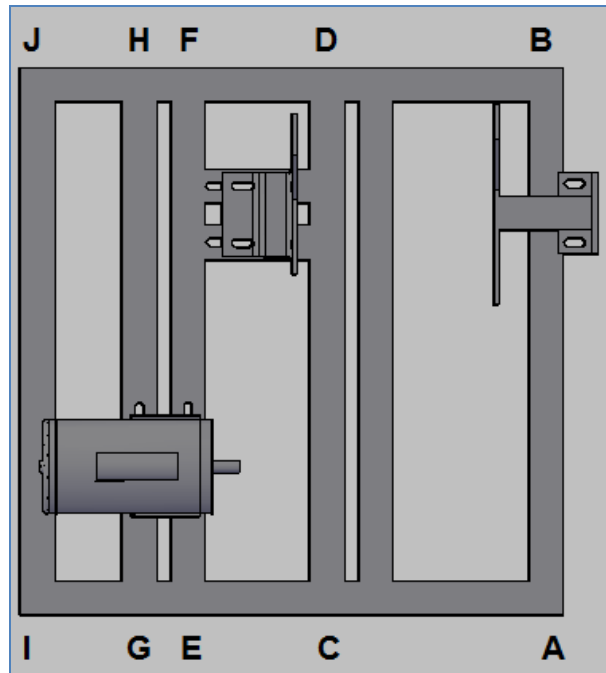
Gráfico No. 3.2 Base portadora del sistema



Fuente: Cultural. (2001). *Manual del automóvil: reparación y mantenimiento*. Madrid, España: Cultural S.A. p. 138

Análisis de esfuerzos en vigas o travesaños horizontales.

Gráfico No. 3.3 Análisis de esfuerzos en vigas o travesaños horizontales.



Fuente: Cultural. (2001). *Manual del automóvil: reparación y mantenimiento*. Madrid, España: Cultural S.A. p. 142

3.1.1.2 Interpretación del Diseño Mecánico de la Estructura con respecto a las Vibraciones y Puntos de Soldadura

De acuerdo al peso que va a soportar todos los elementos que contiene este sistema tenemos un $\frac{3}{4}$ motor un motor eléctrico, analizando el peso de los elementos que constan tenemos:

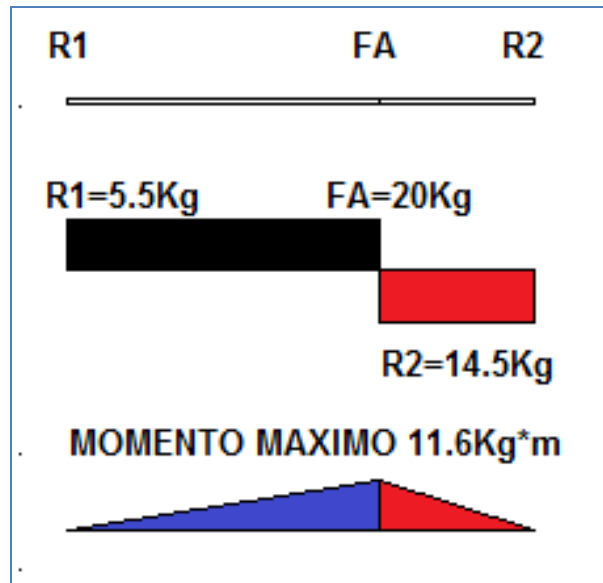
$\frac{3}{4}$ motor 40kg

Motor eléctrico 15kg

En el segmento A-B, como se muestra en la figura, tenemos una fuerza que actúa, la misma que será el peso máximo que soportara este segmento, así mismo si mediante el cálculo de esfuerzos cortantes en el segmento A-B que es lo

máximo que se podrá calcular ya que es en donde mas peso habrá y la estructura podría romperse realizaremos el análisis solo en dicho segmento, ya que los esfuerzos en los demás segmentos serán despreciables los valores calculados.

Gráfico No. 3.4 Diagramas de Cuerpo Libre, de Fuerzas y Momentos Segmento A-B



Fuente: Chávez F. (2005). La tribología: ciencia y técnica para el mantenimiento. Limusa. p. 140

CÁLCULOS DEL DISEÑO

$$\sum F_y = 0$$

$$R1 + R2 - FA = 0$$

$$R1 + R2 = 20Kg$$

$$\sum M_o R1 = 0$$

$$FA * 0.58m - R2 * 0.80m = 0$$

$$R2 = \frac{20Kg * 0.58m}{0.80m}$$

$$R2 = 14.5Kg$$

si

$$R1 + R2 = 20Kg$$

$$R1 = 20Kg - R2$$

$$R1 = 5.5Kg$$

El esfuerzo máximo a soportar por parte de la estructura será donde mayor peso tenga la misma o sea en el segmento de ángulo A-B, que será la fuerza de resistencia en el punto R2, en donde calcularemos el esfuerzo cortante máximo de la estructura o sea en el punto B, con la siguiente formula

$$\tau = \frac{F_A}{A}$$

De donde

τ TAU Esfuerzo cortante máximo

FA fuerza máxima ejercida en el punto R2

A Área de corte

Calculamos el área:

$$A = (L * L) - (l * l)$$

$$A = L^2 - l^2$$

$$A = 14.51cm^2 - 7.29cm^2$$

$$A = 7.21cm^2$$

Entonces aplicamos la fórmula:

$$\tau = \frac{F_{MAX}}{A}$$

$$\tau = \frac{14.5Kg}{7.21cm^2}$$

$$\tau = 2.01 \frac{Kg}{cm^2}$$

En si el esfuerzo cortante máximo será el calculado, asumiendo un coeficiente de seguridad de 5 ya que este mismo debe ser siempre mayor a uno, mientras mas alto sea el coeficiente de seguridad mas segura será la estructura diseñada, entonces:

τ de diseño

$$\tau_{dis} = \tau_{calc} * n$$

$$\tau_{dis} = 2.01 \frac{Kg}{cm^2} * 5$$

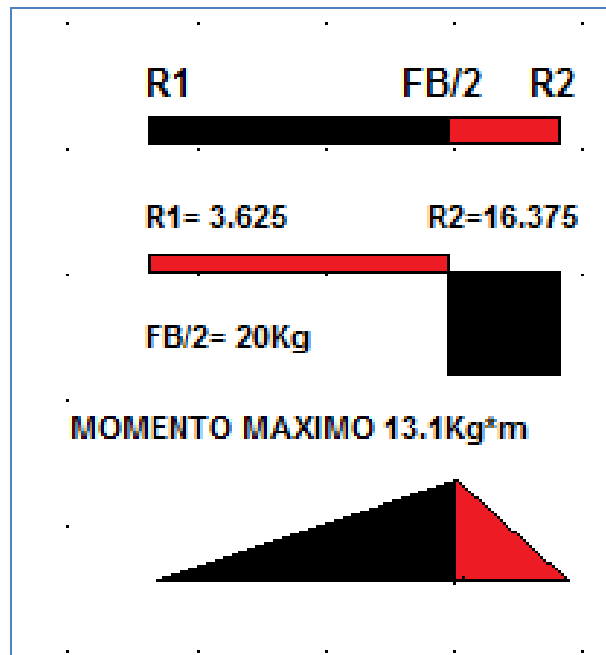
$$\tau_{dis} = 10.05 \frac{Kg}{cm^2}$$

Que transformado a Mpa tenemos que:

$$\tau_{dis} = 0.99 Mpa$$

En el segmento C-D, como se muestra en la figura, tenemos una fuerza que actúa, la misma que será el peso máximo que soportara este segmento, así mismo si mediante el cálculo de esfuerzos cortantes en el segmento C-D que es lo máximo que se podrá calcular ya que es en donde mas peso habrá y la estructura podría romperse realizaremos el análisis solo en dicho segmento, ya que los esfuerzos en los demás segmentos serán despreciables los valores calculados

Gráfico No. 3.5 Diagramas de Cuerpo Libre, de Fuerzas y Momentos, Segmento D-C



Fuente: Chávez F. (2005). La tribología: ciencia y técnica para el mantenimiento. Limusa. p. 142

CÁLCULOS DEL DISEÑO

$$\sum F_y = 0$$

$$R1 + R2 - FA = 0$$

$$R1 + R2 = 20\text{Kg}$$

$$\sum MoR1 = 0$$

$$FA * 0.65\text{m} - R2 * 0.80\text{m} = 0$$

$$R2 = \frac{20\text{Kg} * 0.65\text{m}}{0.80\text{m}}$$

$$R2 = 16.375\text{Kg}$$

si

$$R1 + R2 = 20\text{Kg}$$

$$R1 = 20\text{Kg} - R2$$

$$R1 = 3.625\text{Kg}$$

El esfuerzo máximo a soportar por parte de la estructura será donde mayor peso tenga la misma o sea en el segmento de ángulo C-D, que será la fuerza de

resistencia en el punto R2, en donde calcularemos el esfuerzo cortante máximo de la estructura o sea en el punto C, con la siguiente formula:

$$\tau = \frac{F_A}{A}$$

De donde

τ TAU Esfuerzo cortante máximo

FA fuerza máxima ejercida en el punto R2

A Área de corte

Calculamos el área

$$A = (L * L) - (l * l)$$

$$A = L^2 - l^2$$

$$A = 14.51cm^2 - 7.29cm^2$$

$$A = 7.21cm^2$$

Entonces aplicamos la formula

$$\tau = \frac{F_A}{A}$$

$$\tau = \frac{16.375Kg}{7.21cm^2}$$

$$\tau = 2.27 \frac{Kg}{cm^2}$$

En si el esfuerzo cortante máximo será el calculado, asumiendo un coeficiente de seguridad de 5 ya que este mismo debe ser siempre mayor a uno, mientras mas alto sea el coeficiente de seguridad mas segura será la estructura diseñada, entonces:

τ de diseño

$$\tau_{dis} = \tau_{calc} * n$$

$$\tau_{dis} = 2.27 \frac{Kg}{cm^2} * 5$$

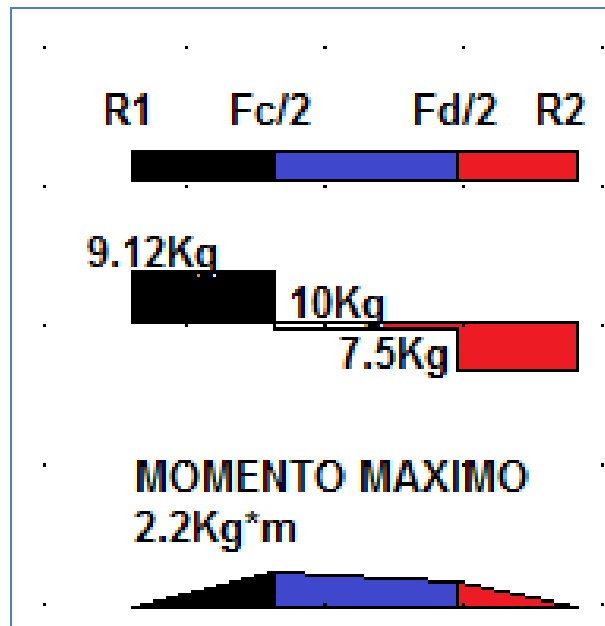
$$\tau_{dis} = 11.36 \frac{Kg}{cm^2}$$

Que transformado a Mpa tenemos que

$$\tau_{dis} = 1.11 Mpa$$

En el segmento E-F, como se muestra en la figura, tenemos una fuerza que actúa, la misma que será el peso máximo que soportara este segmento, asi mismo si mediante el cálculo de esfuerzos cortantes en el segmento E-F que es lo máximo que se podrá calcular ya que es en donde mas peso habrá y la estructura podría romperse realizaremos el análisis solo en dicho segmento, ya que los esfuerzos en los demás segmentos serán despreciables los valores calculados.

Gráfico No. 3.6 Diagramas de Cuerpo Libre, de Fuerzas y de Momentos



Fuente: Chávez F. (2005). La tribología: ciencia y técnica para el mantenimiento. Editorial Limusa. p. 143

CÁLCULOS DEL DISEÑO

$$\sum F_y = 0$$

$$R1 + R2 - \frac{F_c}{2} - \frac{F_D}{2} = 0$$

$$R1 + R2 = 10Kg + 7.5Kg$$

$$R1 + R2 = 17.5Kg$$

$$\sum MoR1 = 0$$

$$\frac{F_c}{2} * 0.22m + \frac{F_D}{2} * 0.60m - R2 * 0.80m = 0$$

$$10Kg * 0.22m + 7.5Kg * 0.60m - R2 * 0.80m = 0$$

$$R2 = \frac{(2.2 + 4.5)Kg * m}{0.80m}$$

$$R2 = 8.37Kg$$

si

$$R1 + R2 = 17.5Kg$$

$$R1 = 17.5Kg - R2$$

$$R1 = 9.22Kg$$

El esfuerzo máximo a soportar por parte de la estructura será donde mayor peso tenga la misma o sea en el segmento de ángulo E-F, que será la fuerza de resistencia en el punto R1, en donde calcularemos el esfuerzo cortante máximo de la estructura o sea en el punto E, con la siguiente formula:

$$\tau = \frac{F_A}{A}$$

De donde

τ TAU Esfuerzo cortante máximo

FA Fuerza máxima ejercida en el punto R2

A Área de corte

Entonces aplicamos la fórmula

Antes calculamos el área

$$A = (L * L) - (l * l)$$

$$A = L^2 - l^2$$

$$A = 14.51\text{cm}^2 - 7.29\text{cm}^2$$

$$A = 7.21\text{cm}^2$$

$$\tau = \frac{F_{MAX}}{A}$$

$$\tau = \frac{9.22\text{Kg}}{7.21\text{cm}^2}$$

$$\tau = 1.23 \text{Kg} / \text{cm}^2$$

En si el esfuerzo cortante máximo será el calculado, asumiendo un coeficiente de seguridad de 5 ya que este mismo debe ser siempre mayor a uno, mientras mas alto sea el coeficiente de seguridad mas segura será la estructura diseñada, entonces:

τ de diseño

$$\tau_{dis} = \tau_{calc} * n$$

$$\tau_{dis} = \frac{Kg}{cm^2} * 5$$

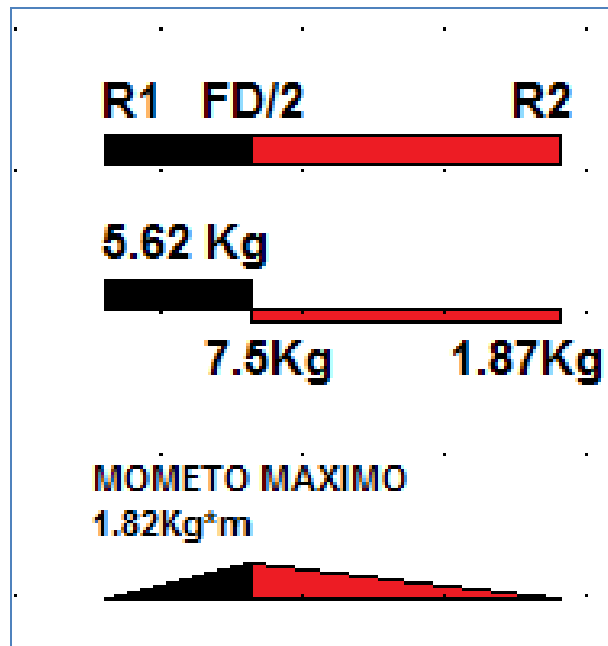
$$\tau_{dis} = 6.39 \frac{Kg}{cm^2}$$

Que transformado a Mpa tenemos que

$$\tau_{dis} = 0.63 Mpa$$

En el segmento H-G, como se muestra en la figura, tenemos una fuerza que actúa, la misma que será el peso máximo que soportara este segmento, así mismo si mediante el cálculo de esfuerzos cortantes en el segmento H-G que es lo máximo que se podrá calcular ya que es en donde mas peso habrá y la estructura podría romperse realizaremos el análisis solo en dicho segmento, ya que los esfuerzos en los demás segmentos serán despreciables los valores calculados.

Gráfico No. 3.7 Diagramas de Cuerpo Libre, de Fuerzas y de Momentos



Fuente: Chávez F. (2005). La tribología: ciencia y técnica para el mantenimiento. Editorial Limusa. p. 144

CÁLCULOS DEL DISEÑO

$$\sum F_y = 0$$

$$R1 + R2 - \frac{F_D}{2} = 0$$

$$R1 + R2 = 7.5Kg$$

$$\sum M_{oR1} = 0$$

$$\frac{F_D}{2} * 0.2m - R2 * 0.80m = 0$$

$$R2 = \frac{7.5Kg * 0.2m}{0.80m}$$

$$R2 = 1.87Kg$$

si

$$R1 + R2 = 7.5Kg$$

$$R1 = 7.5Kg - 1.87Kg$$

$$R1 = 5.63Kg$$

El esfuerzo máximo a soportar por parte de la estructura será donde mayor peso tenga la misma o sea en el segmento de ángulo H-G, que será la fuerza de resistencia en el punto R1, en donde calcularemos el esfuerzo cortante máximo de la estructura o sea en el punto G, con la siguiente fórmula:

$$\tau = \frac{F_A}{A}$$

De donde

τ TAU Esfuerzo cortante máximo

FA Fuerza máxima ejercida en el punto R2

A Área de corte

Entonces aplicamos la formula

Antes calculamos el área

$$A = (L * L) - (l * l)$$

$$A = L^2 - l^2$$

$$A = 14.51\text{cm}^2 - 7.29\text{cm}^2$$

$$A = 7.21\text{cm}^2$$

$$\tau = \frac{F_{MAX}}{A}$$

$$\tau = \frac{5.63\text{Kg}}{7.21\text{cm}^2}$$

$$\tau = 0.78 \text{Kg} / \text{cm}^2$$

En si el esfuerzo cortante máximo será el calculado, asumiendo un coeficiente de seguridad de 5 ya que este mismo debe ser siempre mayor a uno, mientras mas alto sea el coeficiente de seguridad mas segura será la estructura diseñada, entonces:

τ de diseño

$$\tau_{dis} = \tau_{calc} * n$$

$$\tau_{dis} = 0.78 \text{ Kg/cm}^2 * 5$$

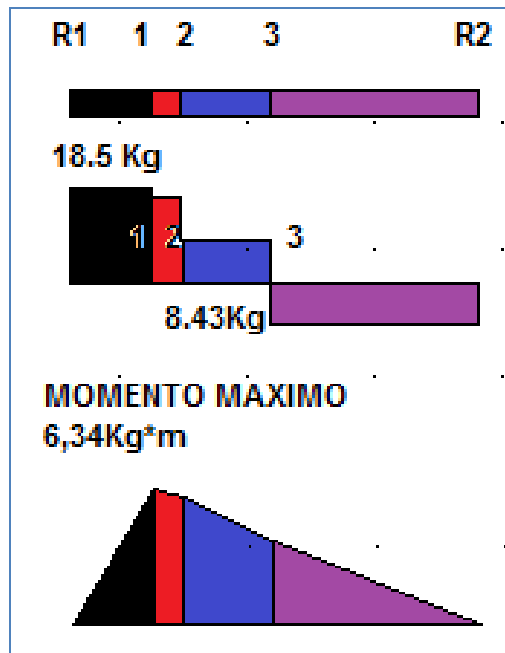
$$\tau_{dis} = 3.9 \text{ Kg/cm}^2$$

Que transformado a Mpa tenemos que

$$\tau_{dis} = 0.38 \text{ Mpa}$$

En el segmento J-B, como se muestra en la figura, tenemos una fuerza que actúa, la misma que será el peso máximo que soportara este segmento, así mismo si mediante el cálculo de esfuerzos cortantes en el segmento J-B que es lo máximo que se podrá calcular ya que es en donde más peso habrá y la estructura podría romperse realizaremos el análisis solo en dicho segmento, ya que los esfuerzos en los demás segmentos serán despreciables los valores calculados.

Gráfico No. 3.8 Diagramas de Cuerpo Libre, de Fuerzas y de Momentos



Fuente: Chávez F. (2005). La tribología: ciencia y técnica para el mantenimiento. Editorial Limusa. p. 146

R1 y R2 Fuerzas de resistencia

1 fuerza RHG

2 fuerza REF

3 fuerza RCD

CÁLCULOS DEL DISEÑO

$$\sum F_y = 0$$

$$R1 + R2 - R_{GH} - R_{EF} - R_{CD} = 0$$

$$R1 + R2 = 1.87Kg + 8.37Kg + 16.375g$$

$$R1 + R2 = 26.59Kg$$

$$\sum M_{oR1} = 0$$

$$R_{GH} * 0.157m + R_{EF} * 0.215m + R_{CD} * 0.388m - R2 * 0.80 = 0$$

$$R2 = \frac{1.87Kg * 0.157m + 8.37Kg * 0.215m + 16.35Kg * 0.388m}{0.80m}$$

$$R2 = 8.43Kg$$

si

$$R1 + R2 = 26.59Kg$$

$$R1 = 26.59Kg - R2$$

$$R1 = 18.5Kg$$

El esfuerzo máximo a soportar por parte de la estructura será donde mayor peso tenga la misma o sea en el segmento de ángulo J-B, que será la fuerza de resistencia en el punto R1, en donde calcularemos el esfuerzo cortante máximo de la estructura o sea en el punto J, con la siguiente fórmula:

$$\tau = \frac{F_{MAX}}{A}$$

De donde

τ TAU Esfuerzo cortante máximo

FA Fuerza máxima ejercida en el punto R2

A Área de corte

Entonces aplicamos la fórmula

Antes calculamos el área

$$A = (L * L) - (l * l)$$

$$A = L^2 - l^2$$

$$A = 14.51cm^2 - 7.29cm^2$$

$$A = 7.21cm^2$$

$$\tau = \frac{F_{MAX}}{A}$$

$$\tau = \frac{18.5Kg}{7.21cm^2}$$

$$\tau = 2.57 \text{ Kg/cm}^2$$

En si el esfuerzo cortante máximo será el calculado, asumiendo un coeficiente de seguridad de 5 ya que este mismo debe ser siempre mayor a uno, mientras más alto sea el coeficiente de seguridad más segura será la estructura diseñada, entonces:

τ de diseño

$$\tau_{dis} = \tau_{calc} * n$$

$$\tau_{dis} = 2.57 \text{ Kg/cm}^2 * 5$$

$$\tau_{dis} = 12.82 \text{ Kg/cm}^2$$

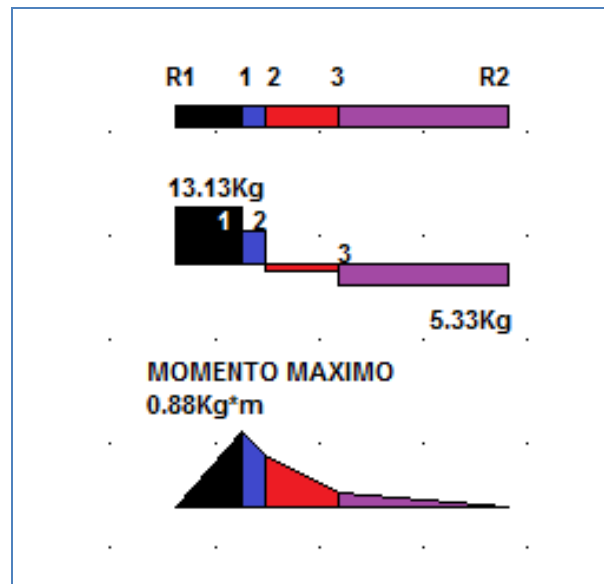
Que transformado a Mpa tenemos que

$$\tau_{dis} = 1.86 \text{ Mpa}$$

En el segmento A-I, como se muestra en la figura, tenemos una fuerza que actúa, la misma que será el peso máximo que soportara este segmento, así mismo si mediante el cálculo de esfuerzos cortantes en el segmento A-I que es lo máximo que se podrá calcular ya que es en donde más peso habrá y la estructura podría

romperse realizaremos el análisis solo en dicho segmento, ya que los esfuerzos en los demás segmentos serán despreciables los valores calculados

Gráfico No. 3.9 Diagramas de Cuerpo Libre, de Fuerzas y de Momentos



Fuente: Chávez F. (2005). La tribología: ciencia y técnica para el mantenimiento. Editorial Limusa. p. 147

R1 y R2 Fuerzas de resistencia

1 fuerza RHG

2 fuerza REF

3 fuerza RCD

CÁLCULOS DEL DISEÑO

$$\sum F_y = 0$$

$$R_1 + R_2 - R_{GH} - R_{EF} - R_{CD} = 0$$

$$R_1 + R_2 = 5.62Kg + 9.22Kg + 3.625Kg$$

$$R_1 + R_2 = 18.46Kg$$

$$\sum M_{oR1} = 0$$

$$R_{GH} * 0.157m + R_{EF} * 0.215m + R_{CD} * 0.388m - R_2 * 0.80 = 0$$

$$R_2 = \frac{5.62Kg * 0.157m + 9.22Kg * 0.215m + 3.625Kg * 0.388m}{0.80m}$$

$$R_2 = 5.33Kg$$

si

$$R_1 + R_2 = 18.46Kg$$

$$R_1 = 18.46Kg - R_2$$

$$R_1 = 13.13Kg$$

El esfuerzo máximo a soportar por parte de la estructura será donde mayor peso tenga la misma o sea en el segmento de ángulo A-I, que será la fuerza de resistencia en el punto R1, en donde calcularemos el esfuerzo cortante máximo de la estructura o sea en el punto A, con la siguiente formula

$$\tau = \frac{F_A}{A}$$

De donde

τ TAU Esfuerzo cortante máximo

FA Fuerza máxima ejercida en el punto R2

A Área de corte

Entonces aplicamos la formula

Antes calculamos el área

$$A = (L * L) - (l * l)$$

$$A = L^2 - l^2$$

$$A = 14.51cm^2 - 7.29cm^2$$

$$A = 7.21cm^2$$

$$\tau = \frac{F_{MAX}}{A}$$

$$\tau = \frac{13.13Kg}{7.21cm^2}$$

$$\tau = 1.82 \frac{Kg}{cm^2}$$

En si el esfuerzo cortante máximo será el calculado, asumiendo un coeficiente de seguridad de 5 ya que este mismo debe ser siempre mayor a uno, mientras más alto sea el coeficiente de seguridad más segura será la estructura diseñada, entonces:

τ de diseño

$$\tau_{dis} = \tau_{calc} * n$$

$$\tau_{dis} = 1.82 \frac{Kg}{cm^2} * 5$$

$$\tau_{dis} = 9.10 \frac{Kg}{cm^2}$$

Que transformado a Mpa tenemos que:

$$\tau_{dis} = 0.89Mpa$$

Con los datos obtenidos comparamos los resultados con los datos técnicos del material que esta hecho la estructura, y podemos darnos cuenta que la resistencia por tracción, compresión, esfuerzos cortantes están totalmente dentro de los rangos de resistencia de material con el que se construyo la estructura, como podemos observar los datos que tenemos a continuación, considerando que la mayor cantidad de esfuerzo al corte será de 18.5 Kg en el punto J.

Composición química de la colada:

Carbono (C)	0,26% máx
Manganeso (Mn)	No hay requisito
Fósforo (P)	0,04% máx
Azufre (S)	0,05% máx
Silicio (Si)	0,40% máx
* Cobre (Cu)	0,20% mínimo

*Cuando se especifique

Propiedades Mecánicas

Límite de fluencia mínimo		Resistencia a la Tracción			
Mpa	Psi	psi		Mpa	
		Min	Máx	Min	Máx
250	36000	58000	80000	400	550

Nota: en la Norma Técnica Colombiana (NTC 1920) no se incluyen los requerimientos de propiedades mecánicas expresados en los psi. Los valores establecidos en cada sistema no son exactamente equivalentes, pero se pueden emplear indistintamente. Por ejemplo, cuando se calcule el punto de fluencia en

psi se debe comparar contra el requerimiento de psi; si se determina en Mpa se compara contra Mpa.

CARACTERÍSTICAS DE LOS ELECTRODOS REVESTIDOS

El proceso de unión es de arco eléctrico con cordones realizados en media luna, y como dato adicional tenemos que la resistencia a la tracción o esfuerzo de corte de la soldadura por arco esta dado de acuerdo al tipo de electrodo que se utiliza en el proceso, esto es que el tipo de electrodo usado es el E6011, de lo cual tenemos las especificaciones que son:

NOMENCLATURA DE LOS ELECTRODOS PARA ACERO DULCE

Se especifican cuatro o cinco dígitos con la letra E al comienzo, detallados a continuación:

<u>E</u>	<u>XX</u>	<u>X</u>	<u>X</u>
a	b	c	d

a) Prefijo E de electrodo para acero dulce

b) Resistencia a la tracción mínima del depósito en miles de libras por pulgada cuadrada (Lbs/pul²)

c) Posición de soldar:

1- TODA POSICIÓN

2- PLANA HORIZONTAL

d) Tipo de revestimiento, Corriente eléctrica y Polaridad a usar según cuadro.

Cuadro No. 3.1 Características del último dígito.

ULTIMO DIGITO	CARACTERISTICAS ULTIMO DIGITO		
	TIPO DE REVESTIMIENTO	CORRIENTE ELECTRICA	POLARIDAD
0	Celulósico sódico	CC	PI
1	Celulósico Potásico	CA - CC	PI
2	<u>Rutilico</u> Sódico	CA - CC	PD
3	<u>Rutilico</u> Potásico	CA - CC	PD - PI
4	<u>Rutilico</u> + Hierro en polvo	CA - CC	PD - PI
5	Bajo hidrógeno sódico	CC	PI
6	Bajo hidrógeno Potásico	CA - CC	PI
7	Mineral + Hierro en polvo	CA - CC	PD - PI
8	Bajo hidrógeno + Hierro en polvo	CA - CC	PI

Fuente: Chávez F. (2005). La tribología: ciencia y técnica para el mantenimiento. Editorial Limusa. p. 150

CC: Corriente continua

CA: Corriente alterna

PD: Polaridad Directa (Electrodo negativo)

PI: Polaridad invertida (Electrodo positivo)

EJEMPLO:

Electrodo E.6011 (AWS-ASTM)

E- Electrodo para acero dulce

60- 60.000 Lbs/pul² de resistencia a la tracción

1 Para soldar en toda posición

2 Revestimiento Celulósico Potásico para corriente alterna y corriente continua polaridad invertida

Foto No. 3.1 Elaboración de la base del banco de pruebas



Fuente: propia

Esta base portara mediante dos bases previamente diseñadas y construidas, el motor $\frac{3}{4}$ de combustión interna y en la parte inferior se colocara una bandeja metálica que servirá como colector de aceite lubricante que circulara en el motor $\frac{3}{4}$.

3.1.2 Construcción de la Base de Motor (1)

Dicha base se diseño de acuerdo a la posición en la que va ubicado el motor $\frac{3}{4}$, acoplándose esta base en la parte posterior del motor, exactamente en donde se acoplaría la caja de cambios, seleccionando además tres pernos M10 por 2" para sujetar el motor a la base y dicha base se sujeta mediante pernos al banco base, interponiendo cauchos como espaciadores, además para efectos de disminuir la vibración.

Para esta construcción se utilizo elementos de uso comercial como platina de 2" por $\frac{3}{16}$ de espesor, perforando de acuerdo a la ubicación de los taladros de acople de la base motor o de la caja de cambios, dichas platinas están unidas con una mini estructura en forma de "L" la cual se acopla mediante dos ángulos de $\frac{1}{4}$ por $\frac{3}{16}$ de espesor y perforaciones en las cuales se fijaran al banco base.

Foto No. 3.2 Elaboración de la base del motor



Fuente: propia

Cabe mencionar que todas las uniones realizadas en la construcción de la base motor se lo realizo utilizando el proceso de soldadura por suelda eléctrica, específicamente suelda eléctrica por arco, con electrodo revestido, y los acabados con pulidora de mano.

3.1.3 Construcción de la Base de Motor (2)

La base será acoplada en la parte frontal del motor o sea en donde realmente debe ir una base para sostenerlo, se utilizo platina de 1 ¼ por 3/16, una plancha en forma triangular, perforada de de acuerdo a l necesidad con tres perforaciones y acoplado de tal manera que se adapta la necesidad a la forma que se observa en el motor ¾, unido a una platina de 1 ¼ de ancho por 5” de largo, en forma horizontal, la misma que unida a un ángulo de 2 ½ por 3/16 de espesor en forma escalonada para acoplar mediante pernos al banco base las perforaciones se las realiza con brocas normales que son necesarios como se observa en la fotografía siguiente.

Foto No. 3.3 Construcción de la base del motor



Fuente: propia

Cabe mencionar que todas las uniones realizadas en la construcción de la base motor se la realizaron utilizando el proceso de soldadura por suelda eléctrica, específicamente suelda eléctrica por arco con electrodo revestido, y los acabados con pulidora de mano. A continuación presentamos todos los componentes ya pintados y acabados con los colores de la Institución Universitaria, en la fotografía siguiente.

Foto No. 3.4 Base y piezas pintadas



Fuente: propia

3.2 SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO

3.2.1 Selección del Motor

En el mercado se presentaron dos opciones de motor eléctrico del mismo caballaje, como se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro No. 3.2 Opciones de motor eléctrico

#	MARCA	PRECIO USD	TORQUE	RPM	VOLTAJE	HP
Motor 1	WEG	147,00	32 Nm	3460	110/220	1
Motor 2	WEG	152,00	64 Nm	1730	110/220	1

Fuente: propia

De las alternativas arriba presentadas, se seleccionó la opción de motor 2, debido a que el motor de 1730 rpm, gira solo a la mitad de velocidad que el motor 1 pero la fuerza generada (torque) es mejor, debido a que tiene que movilizar un bloque motor $\frac{3}{4}$ armado , para lo cual necesita una fuerza muy apreciable.

Dicho motor se coloca en la estructura del banco de pruebas como se puede observar en la fotografía a continuación.

Foto No. 3.5 Motor eléctrico instalado

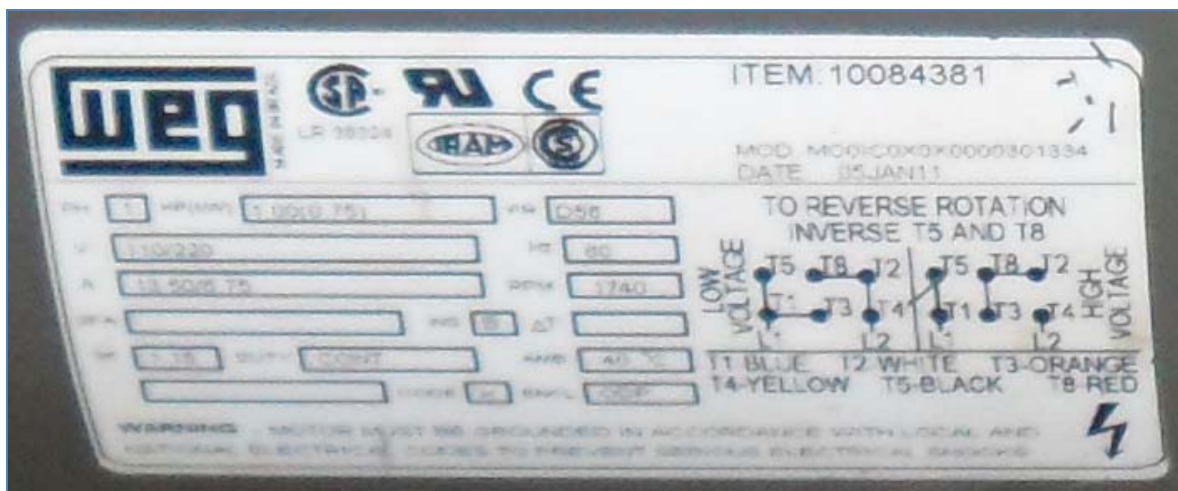


Fuente: propia

Se tomará en cuenta también que el trabajo a realizar, que es la prueba de los aceites lubricantes, mientras más rápido sea el motor tendrá menos torque, en el caso de que el motor gire bien y a gran velocidad, el tiempo de prueba será

menor, para esto se realiza un diseño de transmisión de movimiento mediante el cual se logra mantener la velocidad de giro, e incluso se tendrá que disminuir la velocidad del motor de $\frac{3}{4}$. En la figura siguiente se muestra el motor con sus características especiales y diagramas de conexión eléctrica.

Gráfico No. 3.10 Características del Motor y Especificaciones



Fuente: propia

Para 110 voltios para la fase 1 conectamos T5, T1 y T3 y para el neutro T8, T2 y T4, y si necesitamos que el motor gire de forma inversa, solo cambiamos de fase T5 y T8 invirtiendo la conexión y el motor girara de forma inversa.

3.2.2 Selección del $\frac{3}{4}$ (Motor) para Trabajo en el Banco

Tomando en cuenta que es un mini banco de pruebas la opción más concreta es la de contar con un motor de pequeñas dimensiones, para esto encontramos el motor que se detalla de la siguiente manera:

MARCA:	FIAT
TIPO:	AUTOBIANCHI A112BB
CILINDRAJE:	953 CC
DIMENSIONES:	400mm de largo 300mm de ancho 250mm de alto
PESO:	50 lb.
FACILIDAD DE TRANSPORTE:	SI

Las razones por las cuales se escogió este motor son:

- De bajo peso en lo que respecta a otro tipo de motores de 4 tiempos.
- De dimensiones cortas, para que alcance en un banco base previamente diseñado y construido.
- La facilidad de encontrar repuestos nuevos y económicos en caso de realizar algún cambio necesario o reparación.

Foto No. 3.6 Cigüeñal



Fuente: propia

- Como es un motor independiente del vehículo, esto es en partes, es de fácil manejo se encontraron todas las piezas necesarias para el banco de pruebas.

Foto No. 3.7 Motor con el árbol de levas y sin culata



Fuente: propia

3.3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO

El sistema de transmisión a utilizar es este sistema es de poleas trapezoidales y su relación de transmisión puede variar de 1:1 hasta de 2:1 y no puede ser más allá de esto ya que mientras más pequeña sea la polea del $\frac{3}{4}$ motor es más difícil que el motor eléctrico pueda hacerle girar entonces la relación de transmisión queda de esta manera:

Diámetro de la polea motriz o conductora

$$\phi = 100 \text{ mm}$$

Diámetro de la polea conducida

$$\phi = 100 \text{ mm}$$

En este punto tan solo hablamos de las modificaciones a realizar en las poleas para su acoplamiento en los sistemas que se van a movilizar, por lo tanto se tomara este tema con mayor profundidad en el capítulo 4, en el proceso de implementación, en esta sección solo hablaremos de las modificaciones a realizar en las poleas.

$$i = \frac{d_{\text{conductora}}}{d_{\text{conducida}}}$$

$$i = \frac{100\text{mm}}{100\text{mm}}$$

$$i = 1:1$$

Seleccionando dos poleas trapezoidales, la polea conducida de un sistema de transmisión de movimiento del mismo motor FIAT 127, se procedió a realizar las siguientes tareas.

3.3.1 Selección y Modificación de la Polea Motriz

Se selecciona una polea con un diámetro de 4 pulgadas o 100 mm de diámetro, del tipo trapezoidal, construida de fundición de aluminio, la misma a la que se

adapta mediante una perforación en el centro el mismo que tiene las siguientes medidas: Diámetro interno 16 mm, su altura es de 45 mm.

Foto No. 3.8 Polea motriz



Fuente: propia

3.3.2 Modificación de la Polea Conducida

Se construye un rodillo de 50mm de diámetro externo y de 36mm de diámetro interno la misma que va acoplada y soldada a una rodela de grande espesor que tiene orificios los mismos que servirán para acoplar con seguridad al cigüeñal, la cual la llamaremos polea conducida o polea 2, como se observa en la figura siguiente:

Foto No. 3.9 Rodillo vista aérea



Fuente: propia

Foto No. 3.10 Rodillo vista lateral



Fuente: propia

Dicho rodillo va acoplado mediante unión por suelda eléctrica a la polea seleccionada, dicha polea previamente es recortada y cilindrada, a la medida del rodillo construido, una vez acoplados los dos elementos, se procede a unir con suelda eléctrica. Cabe destacar que el proceso de soldadura es para hierro fundido, y se lo realiza con el proceso requerido y un electrodo revestido especial, o sea de hierro fundido y la pieza terminada queda como se observa en la figura siguiente.

Foto No. 3.11 Acoplamiento del rodillo a la polea



Fuente: propia

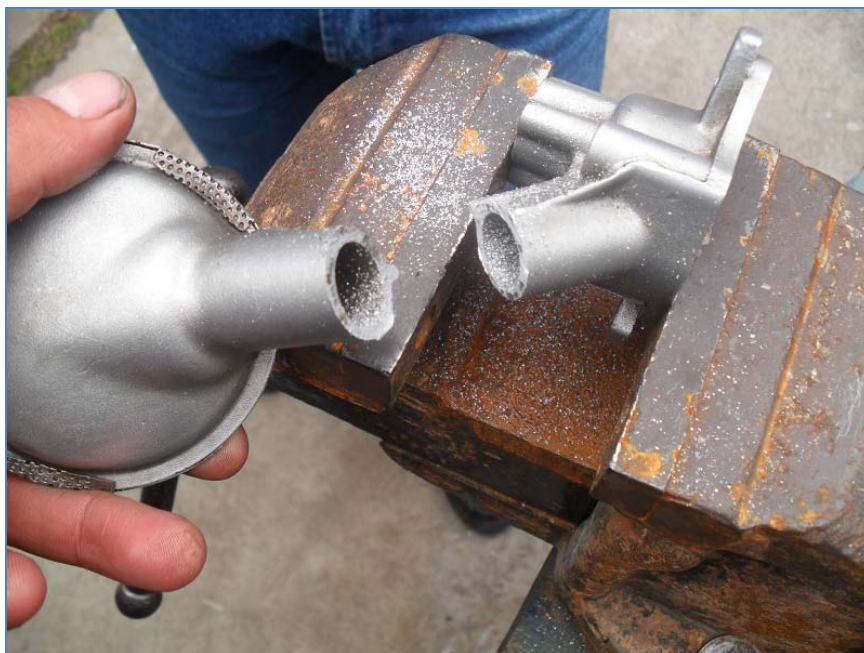
3.4 ADAPTACIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN

El sistema de lubricación es el elemento primordial del banco de pruebas, se encargara de hacer que el aceite circule para su uso común, además este sistema es parte del motor.

3.4.1 Extensión del Conducto de Lubricación

Este trabajo se realiza en la bomba de aceite, la misma que es de un solo cuerpo y corto, pero debido a la necesidad se realiza un corte, como se muestra en la fotografía siguiente y acoplamos las dos partes de la bomba mediante el uso de una manguera flexible.

Foto No. 3.12 Corte para extensión de la bomba de aceite



Fuente: propia

a. Unión de la bomba y coladera

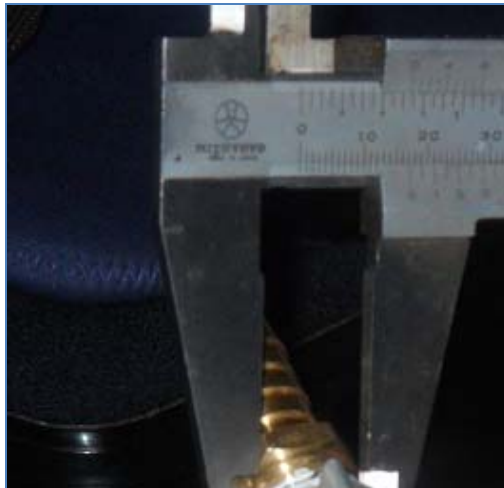
Una vez realizado el corte se procede a verificar el espesor del material de conducto de la bomba cortada se observa la manera de realizar la unión. En este punto del proceso, se observa y se mide la rosca y el tipo de rosca, de acuerdo a la medida tomada, se realiza la selección del machuelo “instrumento diseñado para roscar a mano”, de acuerdo a la medida propuesta, se realiza este proceso básico de roscado a mano, girando una vuelta en sentido horario y regresando una media vuelta, como se observa en la foto a continuación.

Foto No. 3.13 Roscado para la unión



Fuente: propia

Foto No. 3.14 Medición milimétrica del roscado



Fuente: propia

Foto No. 3.15 Medición de la punta



Fuente: propia

Todo esto es de acuerdo a los procesos que se tiene planificado realizar, roscado a mano para acoplar mediante el uso de una manguera.

Foto No. 3.16 Partes de la bomba de aceite con terminales



Fuente: propia

b. Selección de la manguera

De acuerdo al trabajo a realizar se puede decir que debe ser una manguera con acoples roscador (neplos), de fabricación comercial, acoplada con abrazaderas de $\frac{3}{4}$ de pulgada y además que este de acuerdo a la medida o sea similar a la medida de los conductos cortados, de tal manera que se pueda acoplar fácilmente y sin ningún problema, se opta por una manguera flexible de hule, forrada con un tejido de fibra protectora, de nylon para evitar la flama, además es de gran resistencia a la presión.

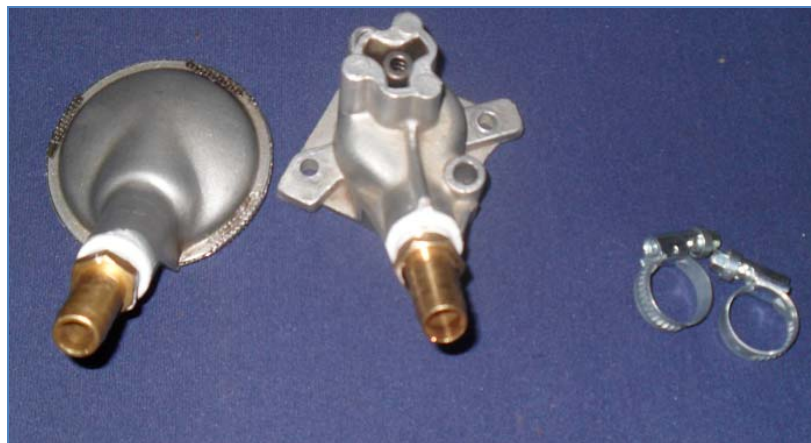
Foto No. 3.17 Manguera reforzada



Fuente: propia

A continuación presentaremos todos los elementos componentes acoplados ya listos para su montaje, en el banco de pruebas para aceites lubricantes, que se está diseñando.

Foto No. 3.18 Elementos de la bomba



Fuente: propia

A esta representación gráfica se le agregará la manguera que se ha seleccionado previamente, y que es flexible de tal manera que se puede llevar la coladera a cualquiera de los depósitos construidos.

c. Acoplar el depósito de aceite

Mediante la construcción de ganchos de soporte se acopla o ubica los depósitos de aceite los mismos que son de material metálico, los mismos que en número de tres, servirán para dos tipos de aceites, y el tercero como contenedor de un elemento limpiador, para poder cambiar de tipo de aceite para las practicas, así se observa en la fotografía siguiente.

Foto No. 3.19 Depósito de aceite



Fuente: propia

3.5 UBICACIÓN DEL MECANISMO DE RODAJE PARA LA COMPROBACIÓN DE GRASAS

Se consiguió un sistema de rodaje, ya establecido en su diseño, el cual consta de una base de rodamiento, de un sistema de rodaje delantero de tracción de un vehículo FIAT 127, el cual se muestra en la fotografía a continuación.

Foto No. 3.20 Rodamientos



Fuente: propia

3.5.1 Reacondicionamiento del Sistema de Rodaje

Están las partes casi fuera de servicio, pero con la limpieza y la adquisición de una manzana y un rodamiento nuevos, se ha reacondicionado el sistema que se lo ubicara en el banco base de este proyecto.

Se seleccionara un rodamiento con las siguientes dimensiones:

Diámetro interno	36mm
Diámetro externo	60mm
Espesor	40mm
Tipo	Rodamiento de bolas pista externa Doble canastilla de rulimanes Doble pista interna de acoplamiento por ajuste

La selección de dicho rodamiento está basado en la adquisición de un manzana de estriado fino para la punta de eje de un vehículo FIAT 127, dicho elemento ya está diseñado y construido de fabrica, por lo que no es necesario realizar cálculos para esta selección.

3.5.1.1 Diseño Mecánico de la Base

Mediante la perforación del banco, y construyendo una base doble en forma de “L” la misma que se acoplara en el banco mediante el acople con pernos tal y como se muestra en la fotografía a continuación.

Foto No. 3.21 Base para el banco



Fuente: propia

3.5.2 Adquisición de los Elementos del Sistema

Necesitamos una manzana y un rodamiento del FIAT 127, los mismos que son de fabricación comercial, y no se tuvo problema en conseguirlo, además de la grasa y la tuerca del eje para sujetarlo bien a la base de este sistema, como se muestra en la figura, en donde se detallan las partes del sistema en despiece y poder deducir como trabaja el sistema.

Foto No. 3.22 Manzana y rodamiento



Fuente: propia

Foto No. 3.23 Eje



Fuente: propia

Foto No. 3.24 Sistema adaptado



Fuente: propia

CALCULO DE LA RELACIÓN DE TRANSMISIÓN

La relación de transmisión por banda trapezoidal de este sistema está basado en dos poleas de la misma medida acopladas al sistema de rodaje, mediante mecanizado y unión por soldadura, anotando además que la polea motriz es la que comúnmente va acoplada al motor de función básica y común en los motores que accionan bandas para mover elementos como el alternador.

Si se compone de una polea de 4.5 pulgadas como polea motriz, y una polea de 4.5 pulgadas como polea conducida, aplicamos la fórmula de la siguiente manera:

$$i = \frac{D2}{D1}$$

De donde:

i relación de transmisión

D2 diámetro de la polea conducida

D1 diámetro de la polea conductora o motriz

Entonces:

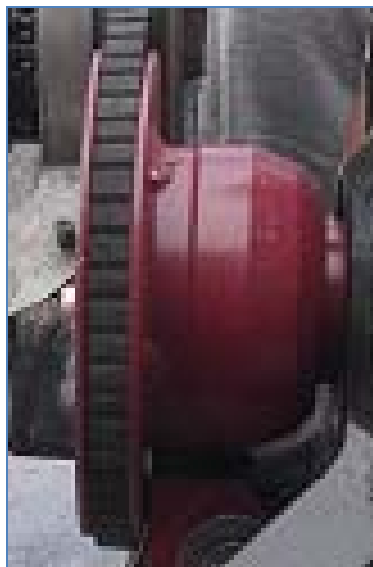
$$i = \frac{4.5 \text{ pulg}}{4.5 \text{ pulg}}$$

$$i = 1:1$$

3.5.3 Acople de la Polea al Eje de Giro del Sistema de Rodaje

En la manzana y rodamiento va acoplado una parte de la junta de cazoletas, la misma que al tratarse de un elemento que no se volverá a utilizar podemos acoplar a este una polea de hierro previamente seleccionada del mismo tipo de vehículo, la misma que será arrastrada por el motor $\frac{3}{4}$, el mismo que también contiene una polea a la cual se la llamara desde este momento la polea conductora, así en la fotografía siguiente se demuestra los acoples con puntos desuelda.

Foto No. 3.25 Acoplamiento



Fuente: propia

3.6 PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS

Tomando en cuenta el trabajo que se va a realizar con el funcionamiento de este banco de pruebas, cabe indicar que se debe tomar en cuenta algunos aspectos fundamentales, como los que se menciona a continuación:

- El tipo de energía eléctrica que se va a utilizar es de 110 V monofásica, ya que a más de ser la más común de uso domestico, el motor adquirido puede trabajar con 110V y 220V, lo que nos da la opción de trabajar con cualquiera de los dos tipos de energía.
- Debido a que es un banco de pruebas de aceites lubricantes, también se debe tomar en cuenta las condiciones de trabajo, o sea que se va a salpicar el aceite de tal manera que se deberá tomar las acciones correctivas para el desarrollo del proceso de pruebas.
- Se debe también ubicar cauchos en las patas del banco base, con el fin de evitar la vibración, y de no conseguirlo por lo menos disminuirla.
- Ubicar los depósitos de aceite de tal manera que cumplan la función de colectores para que pueda volverse un circuito continuo de lubricación

3.6.1 Ensamblaje del Motor ³/₄

Se realiza el montaje como si se realizara un armado de motor tal y cual se realizaría con el motor de un vehículo normal, ya que se desea que este ³/₄ motor funcione como si estuviese funcionando en un automóvil, o se sigue los siguientes pasos:

- a. Con el bloque de cilindros, totalmente limpios, procedemos a asentar el cigüeñal, con abundante lubricación, colocamos el cigüeñal en la bancada

del motor y ponemos las tapas de la bancada, ajustamos al torque adecuado y giramos el cigüeñal para comprobar que no se endurece cuando gire debido al trabajo que va a realizar, como es mover también los pistones.

Foto No. 3.26 Motor y cigüeñal



Fuente: propia

- b. Incrustamos los pistones en cada uno de los cilindros, como se sugiere en el manual del fabricante, o por regla general, girando los rines o anillos en los canales de los pistones, y dejando las aberturas de los rines en sentido contrario, dependiendo si son 2, 3 o 4 rines, si son 2 a 180 grados, si son 3 a 120 grados, y si son 4 a 90 grados, y como en este caso son 4 se realiza en 90 grados, 180 grados los rines de lubricación y 180 grados los rines de compresión, teniendo 90 grados en los cuatro rines de cada pistón. Además utilizando un compresor de rines, se procede a incrustar los pistones en cada uno de los cilindros, con abundante lubricación.

Foto No. 3.27 Incrustación de pistones



Fuente: propia

- c. Ubicación del árbol de levas con su buje principal y su tornillo de seguridad, de tal manera que el árbol gire seguro a cualquier régimen de seguridad.

Foto No. 3.28 Ubicación del árbol de levas



Fuente: propia

- d. Calado del sistema de sincronización, en este caso puede ser de cadena y piñones dentados, aseguramos el piñón al árbol de levas y ajustamos al torque recomendado.

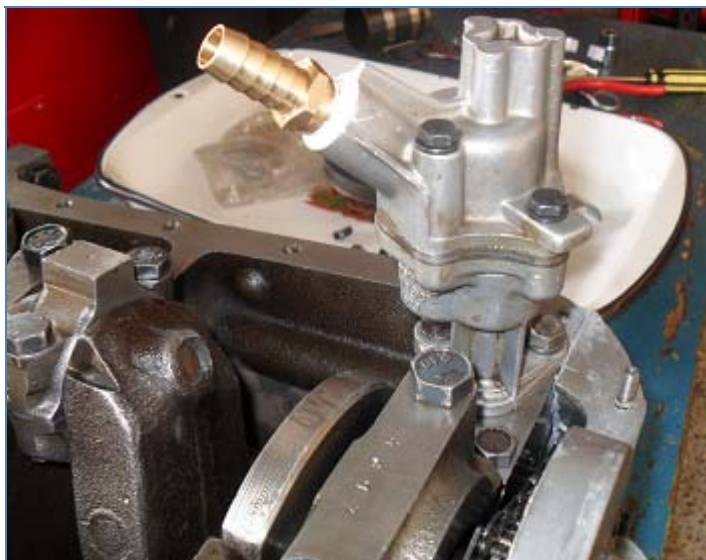
Foto No. 3.29 Calado del sistema de sincronización



Fuente: propia

- e. Ubicamos la bomba de lubricación, la misma que va sujeta al bloque del motor por dos tornillos sujetando la bomba y acoplado a un eje dentado que es accionado por el giro del árbol de levas para girar la bomba que se encargara de hacer circular el aceite lubricante por todos los sistemas del motor.

Foto No. 3.30 Ubicación de bomba de lubricación



Fuente: propia

3.6.2 Ubicación de la Polea en el Motor $\frac{3}{4}$ (Cigüeñal)

Ubicamos la polea modificada en el cigüeñal, de tal manera que esté asegurada con pernos de sujeción, como se muestra en la figura siguiente.

Foto No. 3.31 Ubicación de la polea



Fuente: propia

3.6.3 Ubicación de la Polea en el Motor Eléctrico

Ubicamos la polea modificada en el motor eléctrico, la misma que será de aluminio, de tal manera que esté asegurada con pernos prisioneros y una chaveta en el motor eléctrico, como se muestra en la fotografía siguiente.

Foto No. 3.32 Ubicación de la polea en el motor



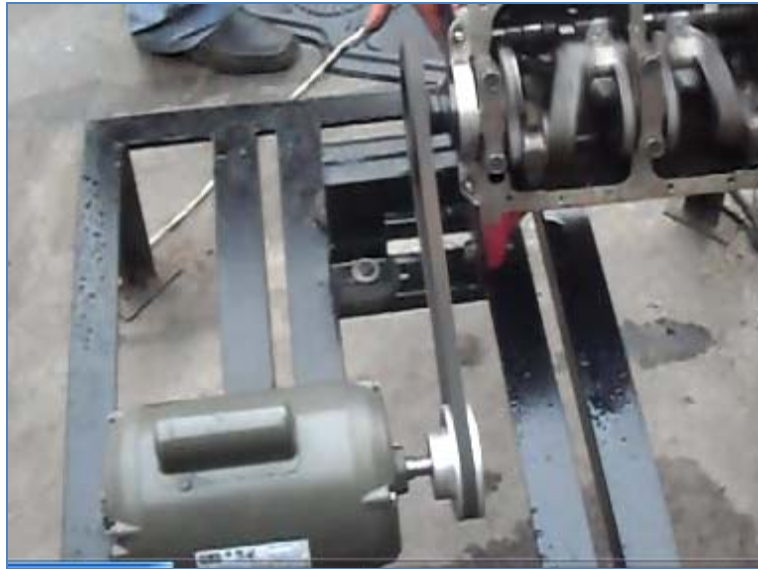
Fuente: propia

3.6.4 Montaje de los Motores Eléctrico y Motor $\frac{3}{4}$ en el Banco Base

Se ubica cada uno de los motores en sus respectivas bases y orificio construidos para el efecto, de tal manera que quede totalmente alineado y centrado para una mejor funcionabilidad.

Se realiza también un acoplamiento de los dos motores con un sistema de templado de las correas para un mejor funcionamiento, como se muestra en la fotografía siguiente:

Foto No. 3.33 Acoplamiento y templado de motores

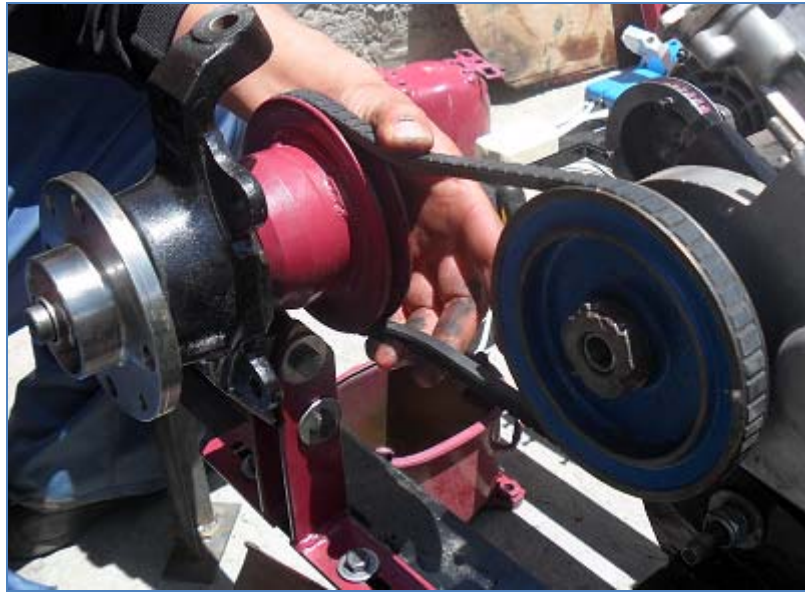


Fuente: propia

3.6.5 Ubicación del Sistema de Rodaje, con un Rodamiento

Se selecciona un tren de rodaje delantero de un vehículo FIAT 127, que consta de una base de rodamiento, un rodamiento, una manzana mecánica, una punta de eje tipo cazoleta, arandela se alto espesor y tuerca de seguridad, como se muestra en la fotografía siguiente.

Foto No. 3.34 Acoplamiento de rodaje delantero



Fuente: propia

Se presenta el mecanismo, en donde se puede apreciar todos los elementos que componen este sistema, además del conjunto armado ya con las poleas acopladas que se instala en el banco base mediante dos platinas de forma de “L” perforadas y acopladas al conjunto porta rodamiento, se procede también a templar la banda trapezoidal que moverá este mecanismo a como se muestra en la figura anterior.

3.7 CALENTAMIENTO DEL LUBRICANTE

Los motores de combustión interna por el hecho que su combustión se realiza en el interior del motor, generan gran cantidad de calor, el mismo que repercute en la temperatura y el comportamiento del aceite lubricante.

3.7.1 Implementación de un Sistema de Calentador de Aceite

El banco de pruebas para aceites lubricantes y grasas al estar movido por un motor eléctrico, no generara calentamiento, y debido a este motivo, se debe implementar un sistema de calentamiento para el lubricante que va a circular por el motor $\frac{3}{4}$ que forma parte de este banco de pruebas.

La principal característica de desgaste del aceite esta dada por el calentamiento, y por la limpieza que este realiza en el motor de combustión interna, en este orden de importancia, y por ultimo su desgaste también es debido al uso o misión que este realiza como es evitar el excesivo rozamiento y desgaste de los elementos móviles de un motor.

El medio de calentamiento debe tener características como las que enumeramos de la siguiente manera:

- Debe ser de modo artificial, o sea eléctrico ya que el modo natural seria producto de la combustión, en este caso no es posible.
- Debe tener un sistema regulador de temperatura graduado o a su vez un termómetro de tal manera que podamos regular la temperatura de acuerdo a la necesidad en las pruebas a realizar.
- Se debe adaptar al banco de pruebas de tal manera que sea fácil su operación en las pruebas a realizar.

- Tiene que ser un sistema de fácil instalación y manejo, así como también un sistema muy conocido de tal manera que no exista razón para que se lo deje de usar por alguna falla.
- Que el sistema genere el calentamiento suficiente, o sea la temperatura adecuada para la simulación del funcionamiento del motor.
- Debe existir la forma de regular la temperatura a la cual va a trabajar el lubricante, de tal manera que se adecue a las necesidades del banco de pruebas.

3.7.2 Selección del Sistema de Calentamiento

De acuerdo con los detalles y características solicitadas en el ítem anterior, se puede decir que sin tener una gama amplia de opciones, que el sistema de calentamiento se lo puede hacer con una hornilla (niquelina), es la mejor opción, o sea, nos brinda casi en su totalidad las características necesarias que se requiere en este diseño, y que se encuentran anotadas en el numeral anterior.

Hablamos de una hornilla con un tipo de niquelina especial, la misma que se puede regular la cantidad de calor que genere y tener una temperatura que simule el trabajo del aceite en un motor.

Se selecciona hornilla con una niquelina tipo grill de más o menos como una cocina eléctrica, la misma que se ha comprobado que generara una temperatura máxima de 300 grados centígrados, la misma se muestra en la fotografía.

Foto No. 3.35 Hornilla de calentamiento



Fuente: propia.

Esta niquelina estará ubicada en la parte inferior de los depósitos de aceite, con la finalidad que lo caliente, como si fuera una hornilla de cocina, tal y como se puede apreciar a continuación:

Foto No. 3.36 Sistema de calentamiento de aceite



Fuente: propia

La conexión eléctrica es sencilla, se toma la fuente de alimentación del mismo circuito que alimenta el motor eléctrico que mueve el motor $\frac{3}{4}$ mecánico acoplado en el banco.

CAPITULO IV

4 IMPLEMENTACIÓN

4.1 CONDICIONES DE IMPLEMENTACIÓN

¿QUE SE DESEA HACER CON ESTE BANCO?

Este banco está diseñado y construido para realizar un desgaste del aceite lubricante, no es un banco de pruebas de aceites lubricantes y grasas propiamente dicho, ya que tan solo circula el aceite, evitando el desgaste de las partes móviles del motor, así como evitando la oxidación, limpiando el motor, realizando una obturación dentro del motor, y todo lo que el sistema de lubricación debe realizar en su tarea de lubricar y mantener en perfecto estado todas las partes fijas y móviles del motor que se encuentren en estado de rozamiento debido al trabajo que realizan.

Foto No. 4.1 Manzana y Rodamiento



Fuente: propia.

En conclusión lo único que podemos hacer es trabajar con el banco en función de desgastar el aceite, para luego realizar un análisis de laboratorio de las muestras que se tomaran para definir las características de acuerdo a la cantidad de desgaste que pueda tener, dependiendo del tipo de aceite, la marca, sus cualidades, aduciendo además que este banco solo simula el trabajo del sistema de lubricación.

En este caso para desgastar mas el aceite, o sea más rápido, se lo debe ensuciar con carbonilla, as de esta manera se está gastando el aceite que debe estar circulando por el sistema de transmisión de movimiento, debido a que mientras va circulando el aceite va limpiando también, como se observa en las fotografías siguientes.

Foto No. 4.2 Colocado de carbonilla



Fuente: propia.

Foto No. 4.3 Carbonilla en el aceite



Fuente: propia.

¿A QUE SITUACIONES DEBE ESTAR SOMETIDO?

El banco de trabajo debe estar sometido a diferentes condiciones de uso como podemos anotar entre las más importantes las siguientes:

- a. El motor eléctrico debe estar sometido a un alto régimen de funcionamiento, porque para cada prueba a realizar debe mover los mecanismos durante

varias horas de trabajo, aquí tomaremos en cuenta el apartado 4.1.1, ya que de acuerdo a la velocidad que se calcule en el motor será el número de horas de funcionamiento del sistema para cada prueba que se realice.

- b. Al desgaste mecánico por rozamiento, que con el uso siempre existe, de tal manera que todos los elementos componentes del $\frac{3}{4}$ motor deben estar calibrados para un óptimo funcionamiento.
- c. Tomando en cuenta también que los factores de desgaste de los aceites lubricantes de los motores, quizá los más importantes son: la limpieza que estos realizan, el desgaste por calentamiento, y el desgaste por el uso o la fricción con la que trabajan.
- d. También hay que considerar aspectos como la humedad que de hecho afecta a los motores, o sea se debe poner un pequeño porcentaje de agua en el aceite, ya que ésta, al ser oxidante, también es una forma de gastar el aceite.

4.1.1 Verificación de la Velocidad Tangencial (30M/S)

Según Shigley, la velocidad de las correas no debe sobrepasar los 30 m/s (para evitar su “resonancia”, ni tampoco a la pérdida de adherencia polea-correa por efecto centrífugo, por lo tanto se verifica dicha condición:

$$V_t = R_p \cdot \frac{\omega^2}{1000} = R_p \cdot \frac{3^2}{1000}$$

Donde:

$$R_{p1} = d_1/2 = 25\text{mm}$$

$$\omega_1 = 1740 \text{ rpm} = 364.14 \text{ rad/seg}$$

$$V_t = \frac{\left[25\text{mm} * 364.14 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right]}{1000}$$

$$V_t = 9.11 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Si consideramos que la polea conducida es de 4 pulgadas, o sea se reduciría la velocidad de acuerdo a la relación de transmisión como se muestra en la formula siguiente:

$$R_{p1} = d_1/2 = 50\text{mm}$$

$$i = \frac{d_2}{d_1}$$

$$i = \frac{100\text{mm}}{50\text{mm}}$$

$$i = 2$$

Si la relación de transmisión es de 2:1 quiere decir que el número de rpm del motor se divide para 2 como se expresa en el cálculo siguiente:

$$i = \frac{\text{rpm}_e}{\text{rpm}_s}$$

si

$$\text{rpm}_e = 1760$$

$$i = 2$$

entonces

$$rpms = \frac{rpme}{2}$$

$$rpms = \frac{1760}{2}$$

$$rpms = 880rpm$$

$$\omega_1 = 880rpm = 182.07rad/seg$$

$$V_t = \frac{\left[50mm * 182.07 \frac{rad}{s} \right]}{1000}$$

$$V_t = 9.11 \frac{m}{s}$$

4.1.2 Cálculo de Kilometraje recorrido en Función de la Velocidad del Motor

Si se considera que la velocidad tangencial de la polea motriz, de un valor de 9.11 m/seg Resolvemos el cálculo de m/s a Km/h que tendríamos como resultado aplicando la transformación de unidades de la siguientes manera.

$$V = 9.11 \frac{m}{s} * \frac{1km}{1000m} * \frac{3600s}{1h}$$

$$V = 32.8 \frac{Km}{h}$$

Considerando además que el vehículo si está en una cuarta velocidad, en donde la relación de transmisión de esta velocidad es de $i = 1:1$, asumimos que por cada hora de recorrido de funcionamiento del banco, será como que el vehículo estará recorriendo esa distancia, o sea:

Número de horas de funcionamiento del banco

Horas

Kilometraje recorrido

Km. recorrido

Cuadro No. 4.1 Relación de horas de uso con kilometraje recorrido

# Horas	Km recorrido
10 horas de uso	328 km
20 horas de uso	656 km
30 horas de uso	984 km
40 horas de uso	1312 km

Fuente: propia.

A esto podemos sumar el desgaste del aceite por calentamiento, debido a que el lubricante tiene que estar necesariamente expuesto a calentamientos excesivos, para lo cual le daremos un porcentaje de kilómetros recorridos por cada hora de funcionamiento, en función de la velocidad de giro del motor por desgaste mecánico, también le daremos un porcentaje de desgaste por limpieza, o sea que, ensuciaremos el aceite de tal manera que se pueda sumar el número de horas de uso del aceite mas desgaste por calentamiento, mas desgaste por limpieza, y un pequeño desgaste por otros factores como puede ser la humedad, la mezcla con residuos no combustionados, como se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro No. 4.2 Mezcla con residuos no combustionados en relación a las horas de trabajo

Horas de trabajo del banco	Km r	25% por calentamiento	25% por carbonilla	5% por otros factores	Total de horas de uso o Km. recorridos
10	328	82	82	32	524 Km
20	656	164	164	64	1048 Km
30	984	328	328	96	1734 Km
40	1312	492	492	128	2424 Km

Fuente: propia.

4.1.3 Pruebas a realizar en los Lubricantes de Distintos Tipos

Se pretende gastar el aceite de una manera simulada como que estuviera trabajando normalmente en un motor de un automóvil, el mismo que debería recorrer normalmente y diariamente, con la diferencia que en este banco de trabajo se lo realizara de una forma mucho más rápida, debido a que en el caso de los automotores el proceso de desgaste del aceite se define de acuerdo al uso que se le de, sin tomar en cuenta que hay días en que el automotor trabajara y en algunos días quizás no, lo contrastante de esto es que en el banco se puede ya definir cuanto tiempo debe trabajar el banco para cumplir un aproximado casi exacto de kilómetros recorridos.

De donde podemos realizar un análisis que podemos detallar de la siguiente manera:

- a. Verificar el tiempo de uso del aceite en función de km recorridos mediante los cálculos realizados en el ítem 4.1.2, detallando el tiempo que estuvo trabajando en el motor, además de los detalles de desgaste por calentamiento y limpieza (uso de carbonilla), así como de otros factores.
- b. Valorar de manera visual la viscosidad del aceite, cuanto vario, de igual manera en base de los kilómetros recorridos, según los cálculos en el banco, tomando en cuenta que el aceite se calentara simulando el calentamiento del motor producto de la combustión interna con la que trabaja.

- c. Visualizar la coloración del aceite, puesto que se mezclara con carbonilla simulando que el aceite está limpiando el motor.
- d. Así como también saber qué cantidad de impurezas a más de las mencionadas tienen los aceites lubricantes en su depósito y cómo influyen en el desgaste.

4.1.4 Toma de Muestras de los Lubricantes Usados

Tomando en cuenta todos los aspectos anteriores, las muestras obtenidas están en función de los tipos de aceites que normalmente se usan en motores de combustión interna, y aquí solo se valorará las características visuales y palpables de los aceites lubricantes obtenidos durante las pruebas.

CARACTERÍSTICAS DE UN LUBRICANTE NUEVO

Los aceites lubricantes se distinguen entre sí según sus propiedades o según su comportamiento en las máquinas.

Foto No. 4.4 Aceite en probeta



Fuente: propia

Debemos de conocer las propiedades de los aceites lubricantes, para poder determinar cual utilizaremos según la misión que deba desempeñar.

Un buen aceite lubricante, a lo largo del tiempo de su utilización, no debe formar excesivos depósitos de carbón ni tener tendencia a la formación de lodos ni ácidos; tampoco debe congelarse a bajas temperaturas.

Las propiedades más importantes que deben tener los aceites lubricantes son:

COLOR

Cuando observamos un aceite lubricante a través de un recipiente transparente el color nos puede dar idea del grado de pureza o de refinado.

DENSIDAD

La densidad de un aceite lubricante se mide por comparación entre los pesos de un volumen determinado de ese aceite y el peso de igual volumen de agua destilada, cuya densidad se acordó que sería igual a 1 (UNO), a igual temperatura.

Para los aceites lubricantes normalmente se indica la densidad a 15°C.

VISCOSIDAD

Es la resistencia que un fluido opone a cualquier movimiento interno de sus moléculas, dependiendo por tanto, del mayor o menos grado de cohesión existente entre estas.

ÍNDICE DE VISCOSIDAD

Se entiende como índice de viscosidad, el valor que indica la variación de viscosidad del aceite con la temperatura.

Siempre que se calienta un aceite, éste se vuelve más fluido, su viscosidad disminuye; por el contrario, cuando el aceite se somete a temperaturas cada vez más bajas, éste se vuelve más espeso o sea su viscosidad aumenta.

UNTUOSIDAD

La untuosidad es la propiedad que representa mayor o menor adherencia de los aceites a las superficies metálicas a lubricar y se manifiesta cuando el espesor de la película de aceite se reduce al mínimo, sin llegar a la lubricación límite.

PUNTO DE INFLAMACIÓN

El *punto de inflamación* de un aceite lo determina la temperatura mínima a la cual los vapores desprendidos se inflaman en presencia de una llama.

PUNTO DE COMBUSTIÓN

Si prolongamos el ensayo de calentamiento del punto de inflamación, notaremos que el aceite se incendia de un modo más o menos permanente, ardiendo durante unos segundos, entonces es cuando se ha conseguido el *punto de combustión*.

PUNTO DE CONGELACIÓN

Es la temperatura a partir de la cual el aceite pierde sus características de fluido para comportarse como una sustancia sólida.

ACIDEZ

Los diferentes productos terminados, obtenidos del petróleo bruto pueden presentar una reacción ácida o alcalina.

En un aceite lubricante, una reacción ácida excesiva puede ser motivo de un refinado en malas condiciones. A esta acidez se le llama *acidez mineral*.

ÍNDICE DE BASICIDAD T.B.N.

Es la propiedad que tiene el aceite de neutralizar los ácidos formados por la combustión en los motores.

El T.B.N. (*Total Base Number*) indica la capacidad básica que tiene el aceite. Si analizamos un aceite usado el T.B.N. residual nos puede indicar el tiempo (*en horas*) que podemos prolongar los cambios de aceite en ese motor.

DEMULSIBILIDAD

Es la mayor o menor facilidad con que el aceite se separa del agua, esto es, lo contrario de emulsibilidad.

MUESTRA 1: CARACTERÍSTICAS

Características: Aceite multigrado FAE 20W50
 Para 3.000 kilómetros

Se asume una cantidad de Km de recorrido en el banco de pruebas de 5600 km, debido a que si realmente fuera un aceite de 3000 Km ya no debería valer como aceite lubricante, esto es, ha pasado el tiempo de uso, o sea ha recorrido el

kilometraje para el que fue diseñado, según el fabricante, sus características visuales son:

Con un color café oscuro, tomando en cuenta que se le puso tan solo 5 gramos de carbonilla, además de estar con una temperatura de 120 grados centígrados por espacio de 53 horas, cabe mencionar que, según los detalles de los aceites, su número total de bases mientras no baje de un cierto número el aceite todavía no es inservible.

MUESTRA 2: CARACTERÍSTICAS

Características: Aceite monogrado SAE40

Para 3.000 kilómetros

Se asume una cantidad de Km de recorrido de 2500 km., debido a que el aceite es solo para 3000 Km a partir de lo cual ya no debería valer como aceite lubricante, más bien debería tener casi un 90% de desgaste debido al kilometraje recorrido, debería estar casi inservible, según las especificaciones del fabricante, sus características visuales son:

Con un gris oscuro, tomando en cuenta que se le puso tan solo 8 gramos de carbonilla, además de estar con una temperatura de 120 grados centígrados por espacio de 36 horas, cabe mencionar que, según los detalles de los aceites, su número total de bases mientras no baje de un cierto número el aceite todavía no es inservible.

MUESTRA 3: CARACTERÍSTICAS

Características: Aceite multigrado SAE 20W50

Para 5.000 kilómetros

Se asume una cantidad de Km de recorrido de 5600 km, debido a que si fuera un aceite de 3000 Km ya no debería valer como aceite lubricante, o sea ha pasado el tiempo de uso, sus características visuales son:

Con un color negro oscuro, tomando en cuenta que se le puso 10 gramos de carbonilla, a una temperatura máxima que puede dar el calentador, o sea 160 grados centígrados por espacio de 53 horas.

4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.2.1 Análisis de Laboratorio

Para el análisis de laboratorio se requirió de la empresa Gruntec Environmental Services, a la que se le enviaron las tres muestras antes mencionadas y se solicitó que se realice específicamente un resultado de viscosidad de cada aceite, mencionando los kilómetros de recorrido y las especificaciones del fabricante.

No se especificaron marcas, por el hecho de no intervenir en las relaciones comerciales de las multinacionales y generar criterios en los consumidores, por lo que solamente nombraremos como muestras 1, 2 y 3 a los resultados.

El laboratorio, en relación a los requerimientos propuso hacer los análisis que se exponen a continuación:

Cuadro No. 4.3 Análisis propuestos

Tipo de prueba
Color – ASTM color scale
Density and RElative Density of Liquidos by Digital Density Meter
Flash Point, Pensky-Martens Closed Cup
Viscosity, kinematic, at 40°C
Viscosity, kinematic, at 100°C
ViscosityIndex
Pour point of petroleum oils
Evaporation loss of lubricatin oils by the Noack Method
Emulsion Characteristics of Lubricating Oils
CarbonResidue, Ramsbottom
Nitrogen, Organically Bound, by Chemiluminesence
Clay-Gel Separation test
Sulfurby X-Ray

Fuente: Laboratorio Químico Gruntec.

Estas serán las características que medirá el laboratorio, dando un diagnóstico final de viscosidad y utilidad de cada muestra.

4.2.2 Resultado de Muestra 1

Los resultados del laboratorio de la muestra número uno arrojaron los siguientes datos:

Cuadro No. 4.4 Resultados del laboratorio de la muestra No. 1

PARÁMETRO	MÉTODO	MUESTRA 1
Color – ASTM color scale	ASTM D 1500	Tintometer Lovibond
Density and RElative Density of Liquidos by Digital Density Meter	ASTM D 4052	80 Kpa
Flash Point, Pensky-Martens Closed Cup	ASTM D 92.b	370 ppm
Viscosity, kinematic, at 40°C	ASTM D 445.a	2,2 ppm
Viscosity, kinematic, at 100°C	ASTM D 445.b	4,1 ppm
ViscosityIndex	ASTM D2270	38 ppm
Pour point of petroleum oils	ASTM D 97	10,1520
Evaporation loss of lubricatin oils by the Noack Method	ASTM D 5800	ICS 75100
Emulsion Characteristics of Lubricating Oils	ASTM D 1401	82±1
CarbonResidue, Ramsbottom	ASTM D 524.a	Do 02,06
Nitrogen, Organically Bound, by Chemiluminesence	ASTM D 4629	D3228
Clay-Gel Separation test	ASTM D 2007	83.040.20
Sulfurby X-Ray	ASTM D 4294	SLFA-2100/2800

Fuente: Laboratorio Químico Gruntec

A decir de la empresa que emitió los resultados, este aceite multigrado para 5000 kilómetros cumplió con las especificaciones del fabricante en lo que es su recorrido, tomando en consideración que el índice de viscosidad es de 38, lo que quiere decir que aún se podría recorrer aproximadamente unos 1500 a 1900 kilómetros más, pero que estos kilómetros extras, afectarían mayormente al ambiente, pues las emisiones de gas estarían mayormente cargadas de contaminantes.

4.2.3 Resultado de Muestra 2

Los resultados del laboratorio de la muestra número dos arrojaron los siguientes datos:

Cuadro No. 4.5 Resultados del laboratorio de la muestra No. 2

Parámetro	Método	Muestra 2
Color – ASTM color scale	ASTM D 1500	platinumcobalt
Density and RElative Density of Liquidos by Digital Density Meter	ASTM D 4052	120 Kpa
Flash Point, Pensky-Martens Closed Cup	ASTM D 92.b	111 ppm
Viscosity, kinematic, at 40°C	ASTM D 445.a	1,01 ppm
Viscosity, kinematic, at 100°C	ASTM D 445.b	2,04 ppm
ViscosityIndex	ASTM D2270	17 ppm
Pour point of petroleum oils	ASTM D 97	4,5571 ppm
Evaporation loss of lubricatin oils by the Noack Method	ASTM D 5800	ICS 23109
Emulsion Characteristics of Lubricating Oils	ASTM D 1401	64±1
CarbonResidue, Ramsbottom	ASTM D 524.a	Do 01,48
Nitrogen, Organically Bound, by Chemiluminescence	ASTM D 4629	D3274
Clay-Gel Separation test	ASTM D 2007	53.117.80
Sulfurby X-Ray	ASTM D 4294	SLFA-1400/1900

Fuente: Laboratorio Químico Gruntec

A decir de la empresa que emitió los resultados, este aceite monogrado SAE40 para 3000 kilómetros no cumplió con las especificaciones del fabricante en lo que es su recorrido, tomando en consideración que el índice de viscosidad es de 17, lo que quiere decir que el aceite se podría recorrer los kilómetros especificados restándoles aproximadamente 500 kilómetros al recorrido, los kilómetros extras no dañaran el motor, pero afectaran negativamente en el ambiente con emisiones más altas de Co2.

4.2.4 Resultado de Muestra 3

Tomando en consideración que este tipo de aceite fue similar al de la muestra número uno, con la diferencia que fue mayormente contaminado, esto con el

objetivo de simular un vehículo con mayor desgaste en su vida útil (un vehículo con más de 300.000 kilómetros de recorrido), lo que provoca que el aceite sufra una descarga de mayores contaminantes, tanto los externos, como los provenientes del mismo motor, se podrá determinar si existe un mayor desgaste en la viscosidad del aceite, lo que generará un mayor cuidado del vehículo y una mayor cantidad de cambios de aceite.

Los resultados del laboratorio de la muestra número tres arrojaron los siguientes datos:

Cuadro No. 4.6 Resultados del laboratorio de la muestra No. 3

Parámetro	Método	Muestra 3
Color – ASTM color scale	ASTM D 1500	tulgente black dark
Density and RElative Density of Liquidos by Digital Density Meter	ASTM D 4052	280 Kpa
Flash Point, Pensky-Martens Closed Cup	ASTM D 92.b	47 ppm
Viscosity, kinematic, at 40°C	ASTM D 445.a	0,87 ppm
Viscosity, kinematic, at 100°C	ASTM D 445.b	1,11 ppm
ViscosityIndex	ASTM D2270	14 ppm
Pour point of petroleum oils	ASTM D 97	23,4172 ppm
Evaporation loss of lubricatin oils by the Noack Method	ASTM D 5800	ICS 22740
Emulsion Characteristics of Lubricating Oils	ASTM D 1401	107±1
CarbonResidue, Ramsbottom	ASTM D 524.a	Do 01,02
Nitrogen, Organically Bound, by Chemiluminesence	ASTM D 4629	D3325
Clay-Gel Separation test	ASTM D 2007	51.000.76
Sulfurby X-Ray	ASTM D 4294	SLFA-1100/1600

Fuente: Laboratorio Químico Gruntec

A decir del Ingeniero Cadena, Gerente de la compañía Gruntec, los resultados son muy adversos, la viscosidad está en 14, indicador que demuestra una baja

calidad del aceite extraído, dándole pocos kilómetros de utilidad extraordinaria en el vehículo, lo que quiere decir que el aceite no podría recorrer los kilómetros especificados en el motor con alto desgaste y contaminantes, debiendo ser cambiado con alteración sin considerar sus kilómetros especificados por el fabricante y generando altas cantidades de Co₂ al ambiente.

4.3 RESUMEN DE RESULTADOS

Los análisis de aceites en el mercado nacional, son muy utilizados por las empresas petroleras y consorcios internacionales transformadores de hidrocarburos, para comprobación de la calidad de aceites y grasas. Estos análisis solicitados por dichas empresas suelen ser completos y muy costosos, llegando a tener valores por muestra de hasta USD6.000 (seis mil dólares).

Para el caso de la presente investigación, la propuesta es un banco de pruebas que permita desgastar el aceite en una simulación de un vehículo, por lo que inicialmente, el objetivo de la tesis se ha cumplido y se ha podido desgastar el aceite muy semejante como lo haría un motor a gasolina, sin llegar a invertir cuantiosas cantidades de recursos económicos en el análisis más pormenorizado de los aceites puestos a prueba.

Los resultados han variado, más que por el mismo uso del aceite en el motor, ha sido por los contaminantes a los que está expuesto, sean provenientes del aire, del combustible o de la fricción, por lo que en vehículos nuevos con motores de

alta tecnología, el desgaste del aceite será mucho menor que en vehículos que consumen gasolina de bajo octanaje y motores con poca filtración de oxígeno.

Quienes puedan poner a prueba aceites en el banco de pruebas, fruto de la presente investigación, podrán simular el calentamiento de aceites, el kilometraje recorrido y los contaminantes, llegando a determinar la utilidad misma del aceite con solo observar su color al tomar una muestra desgastada y friccionar entre los dedos el aceite.

4.4 GUÍAS PRÁCTICAS DE USO

Las pruebas a realizar una para cada caso, aceites lubricantes y grasas, por lo tanto se detalla dos guías de prácticas las mismas que pueden ser aplicadas para todos los tipos de aceites y grasas:

a. Para lubricantes

Pruebas a realizar

Objetivo:

- El presente ítem tiene como finalidad explicar experimentalmente el funcionamiento del Banco de trabajo con el fin determinar el comportamiento del aceite lubricante en los distintos campos de funcionamiento del motor de combustión interna.

Las pruebas que se describen a continuación están detalladas en guías de laboratorio para una mejor comprensión del funcionamiento del motor y de los instrumentos de comprobación.

PRÁCTICA EN EL BANCO DE TRABAJO

PRÁCTICA Nº 1

TEMA: Determinación del desgaste del aceite lubricante en relación de los kilómetros recorridos y de todos los aspectos que dentro del motor de combustión interna inciden en un desgaste del fluido lubricante.

OBJETIVO:

Tener una idea muy clara del uso de los lubricantes, teniendo en cuenta el trabajo que realiza, para lograr obtener datos sobre el porcentaje de desgaste, el mismo que servirá para comprobar que tanto se desgasta el aceite cuando se ha recorrido una cierta cantidad de kilómetros.

TEORÍA:

CARACTERÍSTICAS DE UN LUBRICANTE NUEVO

Los aceites lubricantes se distinguen entre si según sus propiedades o según su comportamiento en las máquinas.

Debemos de conocer las propiedades de los aceites lubricantes, para poder determinar cual utilizaremos según la misión que deba desempeñar.

Un buen aceite lubricante, a lo largo del tiempo de su utilización, no debe formar excesivos depósitos de carbón ni tener tendencia a la formación de lodos ni ácidos; tampoco debe congelarse a bajas temperaturas.

Las propiedades más importantes que deben tener los aceites lubricantes son:

COLOR:

Cuando observamos un aceite lubricante a través de un recipiente transparente el color nos puede dar idea del grado de pureza o de refinamiento.

DENSIDAD:

La densidad de un aceite lubricante se mide por comparación entre los pesos de un volumen determinado de ese aceite y el peso de igual volumen de agua destilada, cuya densidad se acordó que sería igual a 1 (UNO), a igual temperatura.

Foto No. 4.5 Observación de aceite



Fuente: propia.

Para los aceites lubricantes normalmente se indica la densidad a 15°C.

VISCOSIDAD:

Es la resistencia que un fluido opone a cualquier movimiento interno de sus moléculas, dependiendo por tanto, del mayor o menos grado de cohesión existente entre estas.

ÍNDICE DE VISCOSIDAD:

Se entiende como índice de viscosidad, el valor que indica la variación de viscosidad del aceite con la temperatura.

Siempre que se calienta un aceite, éste se vuelve más fluido, su viscosidad disminuye; por el contrario, cuando el aceite se somete a temperaturas cada vez más bajas, éste se vuelve más espeso o sea su viscosidad aumenta.

UNTUOSIDAD:

La untuosidad es la propiedad que representa mayor o menor adherencia de los aceites a las superficies metálicas a lubricar y se manifiesta cuando el espesor de la película de aceite se reduce al mínimo, sin llegar a la lubricación límite.

PUNTO DE INFLAMACIÓN:

El punto de inflamación de un aceite lo determina la temperatura mínima a la cual los vapores desprendidos se inflaman en presencia de una llama.

PUNTO DE COMBUSTIÓN:

Si prolongamos el ensayo de calentamiento del punto de inflamación, notaremos que el aceite se incendia de un modo más o menos permanente, ardiendo durante unos segundos, entonces es cuando se ha conseguido el punto de combustión.

PUNTO DE CONGELACIÓN:

Es la temperatura a partir de la cual el aceite pierde sus características de fluido para comportarse como una sustancia sólida.

ACIDEZ:

Los diferentes productos terminados, obtenidos del petróleo bruto pueden presentar una reacción ácida o alcalina.

En un aceite lubricante, una reacción ácida excesiva puede ser motivo de un refinado en malas condiciones. A esta acidez se le llama acidez mineral.

ÍNDICE DE BASICIDAD T.B.N.:

Es la propiedad que tiene el aceite de neutralizar los ácidos formados por la combustión en los motores.

El T.B.N. (Total Base Number) indica la capacidad básica que tiene el aceite. Si analizamos un aceite usado el T.B.N residual nos puede indicar el tiempo (en horas) que podemos prolongar los cambios de aceite en ese motor.

DEMULSIBILIDAD:

Es la mayor o menor facilidad con que el aceite se separa del agua, esto es, lo contrario de emulsibilidad.

EQUIPO UTILIZADO:

BANCO DE TRABAJO: MOTOR $\frac{3}{4}$ ACCIONADO POR UN MOTOR ELÉCTRICO

MOTOR: N° Cilindros = 4
Diámetro = 65 mm
Carrera = 61.00 mm
Cilindrada = 943 cc

INSTRUMENTOS: Banco de trabajo
Termómetro
Aceite motor 1 gl.
Calentador de aceite
Contaminantes
Protectores de mica

PROCEDIMIENTO:

- 1) Verificamos que las bandas de transmisión estén templadas de tal manera que se torne eficiente el trabajo a realizar, o sea el movimiento del motor $\frac{3}{4}$, haciéndolo funcionar.
- 2) Utilizar un galón de lubricante para que no falte lubricante en el sistema y se pueda verificar la lubricación en el motor.

- 3) Dejar funcionar el banco verificando que el motor eléctrico no separe, durante el tiempo estimado de la prueba para cada tipo de aceite lubricante.
- 4) Verificar cada cierto tiempo las condiciones de lubricación del sistema con la finalidad que no se desperdicie el lubricante, así como también controlar cualquier posible anomalía en el banco de trabajo.
- 5) Calentar el aceite lubricante a una temperatura de máximo régimen de trabajo para que el desgaste sea más rápido y poder tomar la muestra del lubricante usado lo más pronto posible.
- 6) Contaminar el aceite lubricante con carbonilla, agua, combustible, de tal manera que se pueda simular de mejor manera y lo más pronto el desgaste del fluido lubricante.
- 7) Cronometrar el tiempo que va a trabajar el banco, con la finalidad de tener en cuenta el tiempo de uso o de trabajo del sistema y lubricante, para que mediante cálculos saquemos un aproximado casi exacto en Kilómetros recorridos.
- 8) Enviar las muestras de lubricantes tomadas durante las pruebas a un laboratorio para saber qué porcentaje de desgaste tiene hasta ese momento y saber a ciencia cierta que número de horas o a su vez cuántos kilómetros más puede trabajar este aceite

9) Repetir este procedimiento con todos los tipos de aceites lubricantes como sean posible, tomando en cuenta las características de cada uno de estos así como la calidad de acuerdo al costo y demás detalles

10) Tabular los datos tomados de las prácticas realizadas.

b. Para grasas

PRACTICA EN EL BANCO DE TRABAJO

PRACTICA N° 1

TEMA: Determinación del rango de temperatura a la que las grasas están sometidos, en función del tipo de grasa a utilizar.

OBJETIVO: Probar los tipos de grasas comúnmente utilizadas en los sistemas.

TEORÍA:

GRASAS LUBRICANTES:

DISTINTOS TIPOS DE GRASAS Y ADITIVOS EMPLEADOS

Los tipos de grasa más comunes emplean como espesante un jabón de calcio (Ca), sodio (Na), o litio (Li).

- **Grasas cálcicas (Ca)**

Las grasas cálcicas tienen una estructura suave, de tipo mantecoso, y una buena estabilidad mecánica. No se disuelven en agua y son normalmente estables con 1-3% de agua. En otras condiciones el jabón se separa del aceite de manera que la grasa pierde su consistencia normal y pasa de semilíquida a líquida. Por eso no debe utilizarse en mecanismos cuya temperatura sea mayor a 60°C. Las grasas cálcicas con aditivos de jabón de plomo se recomiendan en instalaciones expuestas al agua a temperaturas de hasta 60°C,. Algunas grasas de jabón calcio-plomo también ofrecen buena protección contra el agua salada, y por ello se utilizan en ambientes marinos. No obstante, existen otras grasas cálcicas estabilizadas por otros medios distintos del agua; éstas se pueden emplear a temperaturas de hasta 120°C; por ejemplo, grasas cálcicas compuestas.

- **Grasas sódicas (Na)**

Las grasas sódicas se pueden emplear en una mayor gama de temperaturas que las cálcicas. Tienen buenas propiedades de adherencia y obturación. Las grasas sódicas proporcionan buena protección contra la oxidación, ya que absorben el agua, aunque su poder lubricante decrece considerablemente por ello. En la actualidad se utilizan grasas sintéticas para alta temperatura del tipo sodio, capaces de soportar temperaturas de hasta 120°C.

- **Grasas líticas (Li)**

Las grasas líticas tienen normalmente una estructura parecida a las cálcicas; suaves y mantecosas. Tienen también las propiedades positivas de las cálcicas y sódicas, pero no las negativas. Su capacidad de adherencia a las superficies metálicas es buena. Su estabilidad a alta temperatura es excelente, y la mayoría de las grasas líticas se pueden utilizar en una gama de temperaturas más amplia que las sódicas. Las grasas líticas son muy poco solubles en agua; las que contienen adición de jabón de plomo, lubrican relativamente, aunque estén mezcladas con mucho agua. No obstante, cuando esto sucede, están de alguna manera emulsionadas, por lo que en estas condiciones sólo se deberían utilizar si la temperatura es demasiado alta para grasas de jabón de calcio-plomo, esto es, 60°C.

- **Grasas de jabón compuesto**

Este término se emplea para grasas que contienen una sal, así como un jabón metálico, usualmente del mismo metal. Las grasas de jabón de calcio compuesto son las más comunes de este tipo, y el principal ingrediente es el acetato cálcico. Otros ejemplos son compuestos de Li, Na, Ba (Bario), y Al (Aluminio). Las grasas de jabón compuesto permiten mayores temperaturas que las correspondientes grasas convencionales.

- **Grasas espesadas con sustancias inorgánicas**

En lugar de jabón metálico se pueden emplear distintas sustancias inorgánicas como espesantes, por ejemplo, bentonita y gel de sílice. La superficie activa utilizada sobre partículas de estas sustancias absorben las moléculas de aceite. Las grasas de este grupo son estables a altas temperaturas y son adecuadas para aplicaciones de alta temperatura; son también resistentes al agua. No obstante, sus propiedades lubricantes decrecen a temperaturas normales.

- **Grasas sintéticas**

En este grupo se incluyen las grasas basadas en aceites sintéticos, tales como aceites ésteres y siliconas, que no se oxidan tan rápidamente como los aceites minerales. Las grasas sintéticas tienen por ello un mayor campo de aplicación. Se emplean distintos espesantes, tales como jabón de litio, bentonita y PTFE (teflón). La mayoría de las calidades están de acuerdo a determinadas normas de pruebas militares, normalmente las normas American MIL para aplicaciones y equipos avanzados, tales como dispositivos de control e instrumentación en aeronaves, robots y satélites. A menudo, estas grasas sintéticas tienen poca resistencia al rozamiento a bajas temperaturas, en ciertos casos por bajo de -70°C .

- **Grasas para bajas temperaturas (LT)**

Tiene una composición tal que ofrecen poca resistencia, especialmente en el arranque, incluso a temperaturas tan bajas como -50°C . La viscosidad de estas grasas es pequeña, de unos $15\text{mm}^2/\text{s}$ a 40°C . Su consistencia puede variar de NLGI 0 a NLGI 2; estas consistencias precisan unas obturaciones efectivas para evitar la salida de grasa.

- **Grasas para temperaturas medias (MT)**

Las llamadas grasas “multi-uso” están en este grupo. Se recomiendan para equipos con temperaturas de -30 a $+110^{\circ}\text{C}$; por esto, se puede utilizar en la gran mayoría de los casos.

La viscosidad del aceite base debe estar entre 75 y $220\text{mm}^2/\text{s}$ a 40°C . La consistencia es normalmente 2 ó 3 según la escala NLGI.

- **Grasas para altas temperaturas (HT)**

Estas grasas permiten temperaturas de hasta $+150^{\circ}\text{C}$. Contienen aditivos que mejoran la estabilidad a la oxidación. La viscosidad del aceite base es normalmente de unos $110\text{mm}^2/\text{s}$ a 40°C , no debiéndose exceder mucho ese valor, ya que la grasas se puede volver relativamente rígida a temperatura de ambiente y provocar aumento del par de rozamiento. Su consistencia es NLGI 3.

- **Grasas extrema presión (EP)**

Normalmente una grasa EP contiene compuestos de azufre, cloro ó fósforo y en algunos casos ciertos jabones de plomo. Con ello se obtiene una mayor resistencia de película, esto es, aumenta la capacidad de carga de la película lubricante. Tales aditivos son necesarios en las grasas para velocidades muy lentas y para elementos medianos y grandes sometidos a grandes tensiones. Funcionan de manera que cuando se alcanzan temperaturas suficientemente altas en el exterior de las superficies metálicas, se produce una reacción química en esos puntos que evita la soldadura.

La viscosidad del aceite base es de unos $175\text{mm}^2/\text{s}$ (máx. $200\text{mm}^2/\text{s}$) a 40°C . la consistencia suele corresponder a NLGI 2. En general, las grasas EP no se deben emplear a temperaturas menores de -30°C y mayores de $+110^\circ\text{C}$.

- **Grasas antiengrane (EM)**

Las grasas con designación EM contienen bisulfuro de molibdeno (MoS_2), y proporcionan una película más resistente que los aditivos EP. Son conocidas como las “antiengrane”. También se emplean otros lubricantes sólidos, tales como el grafito.

EQUIPO UTILIZADO:

BANCO DE TRABAJO: MOTOR $\frac{3}{4}$ ACCIONADO POR UN MOTOR ELÉCTRICO

SISTEMA DE RODAJE: TREN DELANTERO DE FIAT 127
MANZANA Y PUNTA DE EJE
RODAMIENTO DE BOLAS
AJUSTE AXIAL

INSTRUMENTOS: Banco de trabajo
Termómetro
Grasa común
Calentador del mecanismo
Contaminantes

PROCEDIMIENTO:

- 1) Verificamos que las bandas de transmisión estén templadas de tal manera que se torne eficiente el trabajo a realizar, o sea el movimiento del motor $\frac{3}{4}$, haciéndolo funcionar.
- 2) Utilizar un grasa común al engrasar el sistema y se pueda verificar el engrase del sistema.

- 3) Dejar funcionar el banco verificando que el motor eléctrico no separe, durante el tiempo estimado de la prueba para cada tipo de aceite lubricante.
- 4) Verificar cada cierto tiempo las condiciones de trabajo del sistema con la finalidad que no se dañe el rodamiento por el excesivo desgaste de la gras debido al calor.
- 5) Calentar el sistema a una temperatura de máximo régimen de trabajo, simulando un frenado contundente y continuo para que la grasa empiece a derretirse
- 6) Cronometrar el tiempo que va a trabajar el banco, y la temperatura a la que la grasa empieza a derretirse.
- 7) Repetir este procedimiento con todos los tipos de grasas de rodamientos como sean posible, tomando en cuenta las características de cada uno de estos asi como la calidad de acuerdo al costo y demás detalles
- 8) Tabular los datos tomados de las prácticas realizadas.

CONCLUSIONES

- Se construyó el modulo de trabajo, el cual tendrá la función principal de trabajar con aceites lubricantes desgastándolos de tal manera que al cabo de cierto numero de horas de uso, nos mostrara según las pruebas de laboratorio el % de desgaste del aceite lubricante.
- Es un modulo aprueba de cualquier aceite, no es necesario poner ningún tipo de aceite especial, ya que su función es la de desgastar el aceite, independientemente de la marca y calidad.
- Las pruebas realizadas nos muestran la capacidad del modulo de trabajar un numero de horas indefinidas, por lo que no es necesario mantener estricto control sobre el banco al momento de realizar una prueba.
- Se logro la finalidad para la que fue construido el modulo, la misma que esta fundamentada en que simula el trabajo del lubricante en el motor, ya que en el motor el aceite se desgasta debido a varios factores como: las altas temperaturas de funcionamiento, el hecho que el aceite se ensucie cumpliendo una función muy importante, además el trabajo del banco que es el de desgastar el lubricante en función de la fricción a la que estará sometido en el trabajo que realizan los pistones y el cigüeñal.

RECOMENDACIONES

- De acuerdo al número de pruebas que se realice se recomienda cambiar el filtro del lubricante con la finalidad de mantener las partes del motor en buen estado de funcionamiento.
- Tener cuidado con los elementos de uso eléctrico del modulo construido, así como los elementos que trabajan calentando el aceite lubricante, y del mismo aceite cuando este se encuentre caliente.
- Tener mucho cuidado con el sistema de transmisión de movimiento o sea las correas de transmisión, las mismas que se verificaran visualmente sus condiciones, ya que debido al trabajo que realizan y le hecho de estar trabajando a la intemperie suele desgastarse pronto.
- La finalidad de funcionamiento de este modulo consiste es desgastar el lubricante en función del trabajo a realizar de parte del cigüeñal y pistones, no se debe intentar ajustar mas los elementos como tapas de bancada, tapas de biela, ya que el sistema biela-manivela se va a endurar o a no girar, quizá pensando en un desgaste más rápido del lubricante.
- Revisar frecuentemente todos lo acoples del modulo, esto quiere decir pernos de las bases, protectores, sistema de transmisión de movimiento, con la finalidad de que su funcionamiento sea siempre optimo.

- Tener mucho cuidado con la salpicadura del lubricante, en especial en la superficie en donde se esta pisando, para no provocar accidentes de trabajo debido al funcionamiento del modulo y la realización de pruebas.
- Limpiar el sistema de lubricación del motor con elementos diseñados para el efecto cada vez que se vaya a realizar una prueba de desgaste de aceite, o sea que se cambie de aceite de para realizar otra prueba, con el fin que se tome la muestra sin mezclas de residuos de aceites anteriores.

ANEXOS

ANEXO N° 1

NORMAS ASTM

METALES FERROSOS

A01 Acero, acero inoxidable y aleaciones relacionadas

A04 Piezas de hierro fundidas

A05 Productos de hierro y acero con revestimiento metálico

A06 Propiedades magnéticas

B. METALES NO FERROSOS

B01 Conductores eléctricos

B02 Metales y aleaciones no ferrosos

B05 Cobre y aleaciones de cobre

B07 Metales ligeros y aleaciones

B08 Revestimientos metálicos e inorgánicos

B09 Polvos metálicos y productos relacionados

B10 Metales y aleaciones reactivas y refractarias

C. MATERIALES CEMENTOSOS, DE CERÁMICA, CONCRETO Y ALBAÑILERÍA

C01 Cemento

C03 Materiales no metálicos resistentes a las sustancias químicas

C04 Tubos de arcilla vitrificada

C07 Cal

C08 Refractarios

C09 Concreto y aditivos para concreto

C11 Yeso y materiales y sistemas de construcción relacionados

C12 Morteros para albañilería

C13 Tubos de concreto

C14 Vidrio y productos vitreos

C15 Piezas de albañilería fabricadas

C16 Aislamiento térmico

C17 Productos de cemento con refuerzo de fibra

C18 Piedras de dimensiones específicas

C21 Cerámicas finas y productos relacionados

C24 Sellos y productos selladores para la construcción

C26 Ciclo de combustible nuclear

C27 Productos de concreto premoldeado

C28 Cerámicas avanzadas

D. MATERIALES VARIOS

D01 Pintura y revestimientos, aplicaciones y materiales relacionados

D02 Productos y lubricantes derivados del petróleo

D03 Combustibles gaseosos

D04 Materiales de carreteras y pavimentación

D05 Carbón y coque

D06 Papel y productos relacionados

D07 Madera

D08 Materiales impermeables y bituminosos para tejados

D09 Materiales para aislamiento eléctrico y electrónico

D10 Envasado

D11 Hule o caucho

D12 Jabones y otros detergentes

D13 Textiles

D14 Adhesivos

D15 Refrigerantes para motores

D16 Hidrocarburos aromáticos y sustancias químicas relacionadas

D18 Tierra y roca

D19 Agua

D20 Plásticos

D21 Pulimentos

D22 Muestreo y análisis atmosférico

D24 Negro de carbón

D26 Solventes orgánicos halogenados y agentes extintores de incendio

D27 Líquidos y gases para aislamiento eléctrico

D28 Carbono activado

D30 Materiales compuestos

D31 Pieles

D32 Sustancias catalizadoras

D33 Revestimientos y estructuras protectoras para instalaciones generadoras de energía

D34 Manejo de desperdicios

D35 Geosintética

E. TEMAS VARIOS

E01 Química analítica para metales, minerales y materiales relacionados

E04 Metalografía

E05 Normas para la prevención de incendios

E06 Características funcionales de los edificios

E07 Pruebas no destructivas

E08 Fatiga y fractura

E10 Tecnología nuclear y aplicaciones

E11 Calidad y estadísticas

E12 Color y apariencia

E13 Espectroscopia y Cromatografía

Desde su establecimiento en 1898, ASTM International es una de las organizaciones de desarrollo de normas internacionales más grande del mundo. En ASTM se reúnen productores, usuarios, consumidores, entre otros, para crear normas consensuales Voluntarias. Las normas de ASTM se crean usando un procedimiento que adopta los principios del World Trade Organization Technical Barriers to Trade Agreement (Convenio de obstáculos técnicos al comercio de la Organización Mundial de Comercio). El proceso de creación de normas de ASTM es abierto y transparente; lo que permite que tanto a individuos como gobiernos participen directamente, y como iguales, en una decisión consensual global.

Treinta y cinco mil miembros de ASTM en más de 125 países, contribuyen con sus conocimientos técnicos especializados a la creación de las más de 12,000 normas internacionales de ASTM. Estas normas son utilizadas y aceptadas mundialmente y abarcan áreas tales como metales, pinturas, plásticos, textiles, petróleo, construcción, energía, el medio ambiente, productos para consumidores, dispositivos y servicios médicos y productos electrónicos.

El proceso público en el que se crean las normas de ASTM es uno de los motivos por los cuales tantas y tan variadas industrias han realizado su trabajo de desarrollo normativo dentro de ASTM. Profesionales de todo el mundo participan en el sistema ASTM el cual reconoce la pericia técnica, y nunca el país de origen. Debido al elevado nivel técnico que forma la base de las normas ASTM, cerca del 50 por ciento de las normas ASTM distribuidas van fuera de los Estados Unidos. Con el fin de facilitar las contribuciones a nivel mundial, ASTM International utiliza tecnologías en línea que fomentan la participación abierta y el interés por las necesidades de la industria. Entre ellas están los foros de desarrollo de normas por medio de Internet, lo que permite el acceso mundial 24 horas diarias, los 7 días de la semana, votación en línea, actas y plantillas electrónicas, así como los últimos adelantos en los métodos de distribución.

Además de esta atmósfera conducente al diseño de normas, ASTM proporciona servicios que amplían los conocimientos y la aplicación de las normas. Entre los programas de ASTM están los simposios, programas de comprobación de habilidades, publicaciones en diferentes formatos y cursos de capacitación técnica. ASTM publica una revista mensual, Standardization News, que cubre el tema del establecimiento de normas en todo el mundo.

Las normas de ASTM se encuentran disponibles por Internet las 24 horas del día, en (www.astm.org). Las normas de ASTM International se usan en investigaciones y proyectos de desarrollo, sistemas de calidad, comprobación y aceptación de productos y transacciones comerciales alrededor del mundo. Son

los componentes integrales de las estrategias comerciales competitivas de hoy en día.



REPORTE DE ANALISIS DE LABORATORIO

LABORATORIO NUMERO	1920
NOMBRE DEL LUBRICANTE:	20W50 MOBIL
NOMBRE DEL CLIENTE	VALLEJO ARAUJO
REQUERIDO POR:	CONAUTO QUITO
REFERENCIA	Of.-192-12 LR
NUMERO DE MUESTRA:	1
FECHA DE OBTENCIÓN:	17-May-12
FECHA DE RECEPCIÓN:	23-May-12
FECHA DE ENTREGA:	23-May-12
PROCEDENCIA:	CORSA EVOLUTION
TIEMPO/KM DE SERVICIO: KM	5000
HORÓMETRO/KM TOTAL: KM	50000
APARIENCIA	CAFÉ OSCURO
AGUA POR CREPITACIÓN	NEGATIVO
VISCOSIDAD A 40°C CST,ASTM 445	
VISCOSIDAD A 100°C CST,ASTM 445	8.81
TBN , ASTM D-2896	
% WT INSOLUBLES POR INFRAROJO	
METALES DE DESGASTE, ASTM D-6595	
METAL DE DESGASTE CROMO, Cr, ppm	3
METAL DE DESGASTE NIQUEL, Ni, ppm	0
METAL DE DESGASTE COBRE, Cu, ppm	1
METAL DE DESGASTE ESTAÑO, Sn, ppm	0
METAL DE DESGASTE ALUMINO, Al, ppm	5
METAL DE DESGASTE PLOMO, Pb, ppm	1
METAL DE DESGASTE HIERRO, Fe, ppm	28
ELEMENTO SILICIO, Si, ppm	8
COMENTARIOS	
1920	El producto no corresponde a una muestra fabricada bajo nuestras marcas. Por tanto no emitiremos comentarios.

Prueba de Laboratorio

Pedido Vallejo Araujo S.A. a Conauto

A continuación vamos a detallar una tabla de datos estándar para motores que utilizan aceite SAE 20W50, con esto se podrá interpretar el estado del motor y los resultados del lubricante utilizado.

COMPONENTES METALICOS	PARA METROS NORMALES DE DESPRENDIMIENTO	CONCLUCIONES
Fe (Hierro)	5 a 50 ppm	De pasar este indicador contaminación con refrigerante o combustible. Rin rotos o atorados
Pb (plomo)	2 a 10 ppm	Falta de lubricación en los cojinetes
Cu (Cobre)	2 a 5 ppm	Contaminación por una posible bomba hidráulica defectuosa
Cr (Cromo)	1 a 8 ppm	El alto desgaste de este elemento viene del hollín lijado por los rines y árbol de levas
Al (Aluminio)	2 a 15 ppm	Avería en los cojinetes
Ni (Níquel)	1 a 2 ppm	Alta contaminación de hollín
Sn (Estaño)	1 a 2 ppm	Este se presenta cuando un motor está trabajando a bajas revoluciones con alta carga de trabajo causando un desgaste de cojinetes
Si (Silicio)	5 a 10 ppm	Presencia de tierra en el motor por sellos o filtros contaminados

Autos Cat 1

Corsa Wind, Corsa Evolution, Aveo Family, Aveo GLS / GM Ecuador.

Si comparamos el resultado del aceite obtenido en la prueba de laboratorio, indica que necesita un cambio de filtros o revisar el sistema de ingreso de aire, posiblemente un sello del depurador se encuentra defectuoso, permitiendo el ingreso de tierra al motor. Cabe recalcar que el silicio es el componente que mas afecta en la vida útil a los motores.

