

**MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LOS EQUIPOS
LIVIANOS (CAMIONETAS 4X4) DE LA MINA PRODECO**

**ANA CECILIA ALTAMIRANDA DOMINGUEZ
OSCAR FABIAN SAURITH AGUIRRE**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO-MECANICA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2012**

**MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LOS EQUIPOS
LIVIANOS (CAMIONETAS 4X4) DE LA MINA PRODECO**

**ANA CECILIA ALTAMIRANDA DOMINGUEZ
OSCAR FABIAN SAURITH AGUIRRE**

**Monografía de Grado presentado como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director:
Jorge Ivan Lastra Melo
Magister en Administración**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO-MECANICA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2012**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por guiarme en el camino y poder culminar esta especialización, a mis padres por motivarme día a día a crecer profesionalmente y espiritualmente, mis hermanos por su apoyo, a mi director de tesis Jorge Iván Lastra por tener esa paciencia y dedicación e impulsarme a seguir adelante.

Ana Cecilia Altamiranda Dominguez.

Mi gratitud, principalmente está dirigida a Dios Todopoderoso por haberme dado la existencia y permitido llegar a la finalización de la especialización.

Agradezco a mis padres y hermanos por apoyarme siempre y mostrarme el camino hacia el éxito, a nuestro director de la monografía y a todos los profesores de la especialización que nos instruyeron y nos orientaron durante todo el proceso de formación.

Oscar Fabián Saurith Aguirre

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	
1. CI PRODECO	10
1.1 OPERACIÓN PRODECO	10
1.1.1 Operaciones Férreas	11
1.1.2 Puerto Zúñiga	12
1.1.3 Puerto Nuevo	13
1.1.4 Mina La Jagua	13
1.1.5 Mina Calenturitas	15
1.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN	16
1.2.1 Exploración y planeación	16
1.2.2 Perforación y voladura	17
1.2.3 Carga y Transporte del material estéril	18
1.2.4 Trituración y transporte del carbón	19
1.3 MANTENIMIENTO EQUIPO LIVIANO	20
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
1.5 OBJETIVOS	23
1.5.1 Objetivos generales	23
1.5.2 Objetivos específicos	24
1.6 JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO	24
2. MARCO TEORICO	25
2.1 Evolución del mantenimiento	26
2.1.1 Reseña evolutiva	28
2.1.2 Mantenimiento Preventivo	28
2.1.3 Definición Mantenimiento Preventivo	28
2.2 TIPOS MANTENIMIENTO	33
2.2.1 Mantenimiento correctivo	33
2.3 INDICADORES PARA EL MANTENIMIENTO	34
2.3.1 Disponibilidad	35
2.3.2 Confiabilidad	35
2.3.3 Mantenibilidad	36
2.4 LUBRICACIÓN	36

2.4.1 características de la película lubricante	37
2.4.2 Principios básico de lubricación	39
2.4.3 Clases de lubricantes	40
2.4.4 funciones del lubricante	40
2.4.5 Factores que afectan la acción del lubricante	41
2.4.6 Aceites lubricantes	42
2.4.7 Factores que acortan la vida del aceite	45
2.4.8 Lubricantes Automotores	47
3. VEHICULOS 4X4	55
3.1 Tren de potencia	55
3.1.1 Motor	56
3.1.1.1 Sistema de refrigeración	56
3.1.1.2 Sistema de admisión y escape	58
3.1.1.3 Sistema de lubricación.	60
3.2 TRANSMISIÓN	65
3.2.1 Tipos de transmisión	65
3.2.1.1 Motor delantero y tracción	65
3.2.1.2 Motor delantero y propulsión	66
3.2.1.3 Motor trasero y propulsión	67
3.2.1.4 Propulsión doble	67
3.2.1.5 Transmisión total	67
3.2.2 Elementos del sistema de transmisión	68
3.2.2.1 Embrague	68
3.2.2.2 Caja de velocidades	68
3.2.2.3 <i>Función de la caja de velocidades</i>	68
3.3 SISTEMA DE SUSPENSIÓN	69
3.3.1 Suspensión delantera 4X4.	70
3.3.1.2 Suspensión trasera 4X4	71
3.3.2 Sistema de frenos.	72
3.3.2.1 Discos ventilados	72

4. ANALISIS DE LA INFORMACION RECOPIADA	76
4.1 DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS	76
4.2 ASPECTOS RELACIONADOS CON MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO	77
4.3 MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS Y CORRECTIVOS (mina Calenturita)	82
4.4 MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS Y CORRECTIVOS (mina la Jagua)	83
4.5 COSTOS DE MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS	84
4.6 ESTUDIOS REALIZADOS A LOS EQUIPOS LIVIANOS	85
4. 6.1 Auditoria de mantenimientos realizados a las contratistas	86
4.6.2 Estudio de daño presentado en el chasis	92
4.6.3 Estudio de marca de los vehículos	97
4.7 Recomendación del fabricante	100
4.7.1 Recomendación de la marca Toyota Hilux.	100
5 PROPUESTA DE LA ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACION MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA FLOTA DE VEHICULOS 4X4	104
5.1 Formatos actividades de mantenimiento preventivos de las camionetas 4x4-	105
5.2 Programa de lubricación mantenimiento preventivo de las camionetas 4x4	119
5.3 programa sobre cultura de uso de las camionetas 4x4 y de manejo ambiental	110
5.4 Plan de gestión ambiental	111
6. CONCLUSION	113
BIBLIOGRAFIA	114
Anexo	115

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica de la Operación Prodeco.	11
Figura 2. Tren de Prodeco	12
Figura 3. Infraestructura de puerto nuevo	13
Figura 4. Mina la Jagua.	14
Figura 5. Mina Calenturitas.	15
Figura 6. Proceso productivo	16
Figura 7. Área perforación para realizar una voladura	17
Figura 8. Proceso de voladura.	18
Figura 9. Método de carga de material estéril Pala-Camión	18
Figura 10. Método de carga de carbón mina La Jagua	19
Figura 11. Método de carga de carbón mina Calenturitas	20
Figura 12. Trituradora Mina Calenturitas	20
Figura 13. Talleres de Equipo liviano mina La Jagua.	21
Figura 14. Talleres de Equipo liviano mina Calenturitas.	21
Figura 15. Vehículos tipo mina Toyota Hi-Lux	22
Figura 16. Vehículos tipo mina Nissan –Frontier	22
Figura 17. Evolución Histórica	26
Figura 18. Evolución tecnológica del Mantenimiento.	27
Figura 19. El espesor de la película lubricante depende del acabado	38
Figura 20. Diferentes elementos mecánicos que requieren lubricación.	39
Figura 21. Aceites unígrados motores de combustión interna.	48
Figura 22. Variación de la viscosidad con la temperatura.	49
Figura 23. Selección del grado SAE del aceite temperatura ambiente.	50
Figura 24. Tren de Potencia automotriz	55
Figura 25. Sistema de refrigeración	56
Figura 26. Circulación del sistema de refrigeración	57
Figura 27. Configuración de la tubería de escape y silenciador	58
Figura 28. Sistema de lubricación motor	59
Figura 29. Esquema de lubricación.	60
Figura 30. Bomba de engranaje.	61
Figura. 31. Bombas de paletas	62

Figura 32. Bomba de rotor	62
Figura 33. Válvula de descarga	63
Figura 34. Filtrado en serie	64
Figura 35. Filtrado en derivación.	64
Figura 36. Esquema de transmisión de un motor delantero con tracción	66
Figura 37. Esquema de transmisión motor delantero y propulsión trasera	66
Figura 38. Esquema de transmisión vehículo de tracción a las 4 ruedas.	67
Figura 39. Sistema de suspensión.	69
Figura 40. Sistema aire acondicionado.	75
Figura 41. Mala instalación eléctrica en los vehículos	87
Figura 42. Mal sellado de los filtros de aire	88
Figura 43. Desgaste de llantas y asegurada con tuerca faltantes	88
Figura 44. Diagrama Causa – Raíz torsión de la suspensión delantera	89
Figura 45. Diagrama causa – raíz daño de embrague.	89
Figura 46. Diagrama causa – raíz falla de motor	90
Figura 47. Daño de la estructura (chasis)	93
Figura 48. Suspensión vehículos Nissan 4x4	94
Figura 49. Cordón de soldadura donde se presenta el problema de las grietas.	94
Figura 50. Chasis con grietas	94
Figura 51. Puente Golpeado	95
Figura 52. Carter golpeado	95
Figura 53. Diagrama Causa – efecto (RCFA)	96
Figura 53. Vehículo Toyota Hilux tipo mina.	100

LISTA DE TABLAS

	Pag
Tabla 1. Niveles de Mantenimiento	31
Tabla 2. Aceites SAE unígrados y multígrados engranajes automotores.	53
Tabla 3. Especificaciones API de los aceites motores a gasolina	54
Tabla 4. Nivel de calidad	76
Tabla 5. Disponibilidad minas 2011	76
Tabla 6. Disponibilidad minas 2012	77
Tabla 7. Mantenimientos correctivos	78
Tabla 8. Discriminación de mantenimiento correctivo	79
Tabla 9. Otros sistemas correctivos	80
Tabla 10. Comparativo de vehículos según marcas	98
Tabla 11. Mantenimiento preventivo según fabricante Toyota	101
Tabla 12. Mantenimiento preventivo según fabricante Toyota	103
Tabla 13. Plan de man/to preventivo camionetas 4x4 mina prodeco	105
Tabla 14. Mantenimiento equipo liviano	107
Tabla 15. Chequeo de mantenimiento preventivo	109
Tabla 16. Reporte de lubricación por equipo	110
Tabla 17. Capacitación Uso de vehículos 4x4	112
Tabla 18. Actividades de manejo Ambiental	118

LISTA DE GRAFICAS

	Pag
Grafica 1. Disponibilidad minas 2011	76
Grafica 2. Disponibilidad minas 2012	77
Grafica 3. Tipos de mantenimientos correctivos practicados en la mina	78
Grafica 4. Discriminación de mantenimiento correctivo	79
Grafica 5. Otros sistemas correctivos	80
Grafico 6. Mantenimiento preventivo del 2011	81
Grafico 7. Mantenimiento preventivo del 2012	81
Grafica 8. Mantenimiento preventivo y correctivo mina Calenturita	82
Grafica 9. Mantenimiento preventivo y correctivo mina Jagua	83
Grafica 10. Comparativo Manto preventivo y correctivo minas Calenturita- Jagua	83
Grafica 11. Costos por daños año 2011	84
Grafica 12. Costos por daños año 2012	85

LISTA DE ANEXOS

	Pag
Tabla 19. Mantenimiento preventivo y correctivo mina calenturita	115
Tabla 20. Descripción de tipo de mantenimiento preventivo y correctivo por vehículo mina Calenturita	116
Tabla 21. Mantenimiento preventivo y correctivo mina la Jagua	119
Tabla 22. Descripción de tipo de mantenimiento preventivo y correctivo por vehículo mina Jagua.	120

RESUMEN

TÍTULO: MODELO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN LOS EQUIPOS LIVIANOS (CAMIONETAS 4X4) DE LA MINA PRODECO

AUTOR: ANA CECILIA ALTAMIRANDA DOMINGUEZ, OSCAR FABIAN SAURITH AGUIRRE

PALABRAS CLAVES: MANTENIMIENTO PREVENTIVO, EQUIPOS LIVIANOS, MODELO MANTENIMIENTO.

DESCRIPCION: La presente monografía está basada en estudios teóricos y parte de la experiencia para realizar un modelo de plan de mantenimiento preventivo que permita mejorar la disponibilidad de la flota de equipo liviano.

El alcance del presente documento es plantear un modelo de mantenimiento preventivo, que nos permita tener una mayor disponibilidad en equipos, maximizar los mantenimientos correctivos y los costos generados por los daños en equipos. Este modelo es teórico.

En el marco teórico se describen las principales características del mantenimiento preventivo, las actividades de lubricación y se detalla todo lo que es el sistema 4x4 como un capítulo independiente para obtener mayor conocimiento de estos equipos, buscando hacer las mejoras necesarias en las actividades de mantenimiento se presenta un modelo el cual está basado en las recomendaciones del fabricante y la experiencia del desempeño de estos equipos en la minería.

El mantenimiento preventivo es un proceso continuo de mejoramiento el cual pretende tener programaciones y/o rutinas que nos permitan mejorar la eficiencia de los equipos; así mismo nos conduce a planificar todas las actividades relacionadas con el mantenimiento.

Monografía

Facultad de Ingeniería Físico – Mecánicas. Especialización Gerencia de Mantenimiento.

Director: Jorge Iván Lastra Melo. Maestría Administración de Empresa

SUMMARY

TITLE: PREVENTIVE MAINTENANCE MODEL BASED ON LIGHT EQUIPMENT (4x4 PICK UP TRUCKS) PRODECO MINE

AUTHOR: ANA CECILIA ALTAMIRANDA DOMINGUEZ, OSCAR FABIAN SAURITH AAGUIRRE

KEY WORDS: PREVENTIVE MAINTENANCE, LIGHT EQUIPMENT, MAINTENANCE MODEL.

SUBJECT: This monograph is based on theoretical investigation and part of the experience to develop a model as part of the preventive maintenance plan that will improve the availability of the light vehicle fleet.

The scope of this document is to propose a model of preventive maintenance that will allow us to have greater equipment availability, minimize corrective maintenance and costs generated through equipment damage. This is a theoretical model.

The theoretical framework describes the main characteristics of preventive maintenance, lubrication activities and detailed everything that is the 4x4 system as a separate chapter, for more information of these vehicles, seeking to do the necessary improvements in maintenance activities .A model is presented which is based on the manufacturer's recommendations and the experience of the performance of these vehicles in the mining business.

Preventive maintenance is a continuous improvement process which aims to have programming and / or routines that will us improve the efficiency of the vehicles, likewise it forces us to plan all activities related to maintenance.

Monography

Facultad de Ingeniería Físico – Mecánicas. Especialización Gerencia de Mantenimiento.
Director: Jorge Iván Lastra Melo. Maestría Administración de Empresa

INTRODUCCION

La empresa CI Prodeco cuenta con dos minas como son Calenturitas y Proyecto la Jagua, la cual cada una posee una flota de más de 50 camionetas utilizadas para las operaciones diarias que exige cada proyecto. Siendo esta flota una de las más necesarias debido a las funciones que cumplen, se hace necesario establecer un plan de mantenimiento que permita desarrollar sus funciones y así mismo planes estratégicos que permita cumplir los objetivos de disponibilidades requeridos por cada departamento. Una de las metodologías a implementar es la de mantenimiento preventivo debido a que actualmente se están realizando mayores mantenimientos correctivos y no se tiene un plan para estas condiciones que actualmente tienen los vehículos tipo mina. Se iniciara este modelo teórico con la flota de estas minas y así mismo establecerlos en toda la flota de vehículos en Prodeco que trabajen en estas mismas condiciones, a los usuarios se le realizaran una serie de capacitación para el buen uso de estos equipos con acompañamiento de la marca, plan de manejos ambientales y la selección de los sistemas críticos y no críticos que actualmente se tiene en la flota de equipos para así definir cuáles son las tareas, frecuencias y recursos de mantenimiento para mejorar la disponibilidad en estos equipos, realizado en una estrategia de mantenimiento para este tipo de vehículos de condiciones extremas.

1. CI PRODECO

1.1 OPERACIÓN DE PRODECO

Prodeco es un grupo propiedad de Glencore International Plc (Glencore), que comprende las operaciones colombianas de Glencore para la exportación de carbón térmico y metalúrgico y su infraestructura asociada. Explora, produce, transporta y embarca carbón térmico y metalúrgico de alto grado procedente de nuestras minas. El carbón térmico es usado para la generación de electricidad en plantas eléctricas de carbón y como combustible para calderas. El carbón metalúrgico es usado por mercados productores de metales. El principal mercado para ambos tipos de carbón son Europa y varios países del continente americano.

Prodeco tiene una estructura de bajo costo en la medida en que opera minas a cielo abierto y se beneficia de un carbón de calidad superior que no requiere lavado. Al 31 de diciembre de 2010, la compañía tenía una base de reservas comercializables de más de 337 millones de toneladas, con recursos (medidos, indicados e inferidos) de más de 540 millones de toneladas. Prodeco actualmente es el tercer productor de carbón térmico de exportación en Colombia. A 31 de diciembre de 2010, Prodeco empleaba una fuerza laboral de 5.617 personas, incluyendo a empleados, contratistas y trabajadores temporales.

Prodeco está en un importante período de expansión; se planea incrementar la producción de carbón de 10 millones de toneladas que se produjeron en 2010 a 19.9 millones de toneladas en el año 2013 y a 20.7 millones de toneladas para 2015. Esta expansión utilizará una gran base de reservas para aprovechar la demanda de importaciones de carbón en Europa y América.

Prodeco tiene ventajas operativas pues es propietario de toda su infraestructura operacional esencial, incluyendo la infraestructura férrea (mediante una

participación en la propiedad de la infraestructura ferroviaria y la propiedad del equipo rodante) así como de la totalidad del equipo minero e instalaciones en las minas. También tiene la totalidad de la participación accionaria en Puerto Nuevo S.A., que proyecta construir un nuevo puerto público en el municipio de Ciénaga, el cual reemplazará a Puerto Zúñiga.

Figura 1. Ubicación geográfica de la Operación Prodeco.



Fuente: www.prodeco.com.co/donde_operamos.html

1.1.1 Operaciones férreas.

Prodeco adquirió Fenoco S.A. (Fenoco) en el año 2006, en sociedad con otras cinco compañías productoras de carbón en Colombia. Actualmente la participación accionaria en Fenoco es del 39.76%.

Fenoco es el titular de una concesión ferroviaria de 30 años (expira en el año 2029) que une a Santa Marta con Chiriguaná en el departamento de Cesar. El ferrocarril pasa cerca de las operaciones mineras de Prodeco y se utiliza

principalmente para el transporte de carbón, con la intención de que en el futuro esté disponible para el transporte de otros productos

El equipo rodante es suministrado por los usuarios de Fenoco de acuerdo con sus requerimientos individuales. Al 31 de diciembre de 2010, Prodeco era dueño de 18 locomotoras y 700 vagones de carga pesada, lo que genera una capacidad de transporte por ferrocarril de más de 22 millones de toneladas anuales. Cada tren cargado reemplaza 180 camiones, reduciendo costos y aumentando la capacidad, al mismo tiempo que mejora la seguridad¹.

Figura 2. Tren de Prodeco



Fuente: www.prodeco.com.co/donde_operamos.html

1.1.2 Puerto Prodeco

Las dos instalaciones portuarias utilizadas por Prodeco para exportar carbón se localizan en la ciudad de Santa Marta sobre la costa colombiana del mar Caribe. Estas son: Carbosan, propiedad de terceros, y Puerto Zúñiga, cuyo uso ha sido temporalmente autorizado a Prodeco.

¹ Prodeco. <http://www.prodeco.com.co/index.php/es/company/our-business/rail-operations/>

Al finalizar el año 2010, Prodeco tenía una capacidad portuaria total de 19.7 millones de toneladas, de las cuales 17 millones de toneladas corresponden a Puerto Zúñiga y 2.7 millones a Carbosan.

1.1.3 Puerto Nuevo

Prodeco está construyendo un nuevo puerto con mayor capacidad, denominado Puerto Nuevo (propiedad exclusiva de Prodeco), para reemplazar el uso de Puerto Zúñiga y el contrato actual que tiene con Carbosan².

Puerto Nuevo tendrá una capacidad inicial estimada de más de 20 millones de toneladas anuales y usará sistemas de cargue directo con bandas transportadoras encapsuladas para las operaciones de exportación³.

Figura 3. Infraestructura de puerto Nuevo



Fuente: www.prodeco.com.co/puerto_nuevo.html

1.1.4 Mina La Jagua

La mina de carbón a cielo abierto de La Jagua se ubica a 20 kilómetros al este de Calenturitas en el departamento de Cesar, al norte de Colombia. La mina se compone de cinco títulos mineros de carbón en poder de tres compañías

²Ibid

³Ibid

independientes: Carbones de La Jagua S.A. (CDJ), Consorcio Minero Unido S.A. (CMU) y Carbones el Tesoro S.A. (CET). Las operaciones han sido integradas en una sola, con la aprobación del Instituto Colombiano de Geología y Minería - Ingeominas.

Además de producir carbón térmico bajo en azufre y de alto contenido energético, en la mina de La Jagua también se extrae carbón metalúrgico de alta volatilidad. El carbón triturado es transportado por camión a la instalación de manejo en Calenturitas, donde es cargado en vagones de tren y transportado al puerto en Santa Marta. Parte del carbón es transportado directamente por camión a Santa Marta, pero esto es cada vez menos común desde que entró en servicio la instalación de manejo de Calenturitas.

El recurso base de La Jagua para el 31 de diciembre de 2010 era de 140 millones de toneladas. Actualmente se espera que la vida útil de la mina sea aproximadamente de 20 años⁴.

Figura 4. Mina la Jagua.



Fuente: Mina la Jagua

⁴Ibid

1.1.5 Mina Calenturitas.

La mina de carbón a cielo abierto de Calenturitas se encuentra cerca de la población de La Loma en el departamento de Cesar, al norte de Colombia, aproximadamente 200 kilómetros al sur del distrito portuario de Santa Marta. Calenturitas es una mina a cielo abierto que produce carbón térmico bajo en azufre y de alto poder calorífico. La infraestructura para el manejo de carbón, cuya construcción terminó en marzo de 2009, tiene la capacidad de triturar entre 15 y 17 millones de toneladas anuales y tiene una capacidad anual de carga de trenes y de mezclar carbón entre 22 y 23 millones de toneladas. La capacidad de las instalaciones de manejo y mezcla de carbón permiten mezclar el carbón según los requerimientos específicos del cliente y optimizar los flujos de productos. El recurso base de la mina de Calenturitas al 31 de diciembre de 2010 era de 400 millones de toneladas. Actualmente se espera que la vida útil de la mina (LOM, sus siglas en inglés) sea de 20 años⁵.

Figura 5. Mina Calenturitas.



Fuente: Mina calenturitas

⁵Ibid

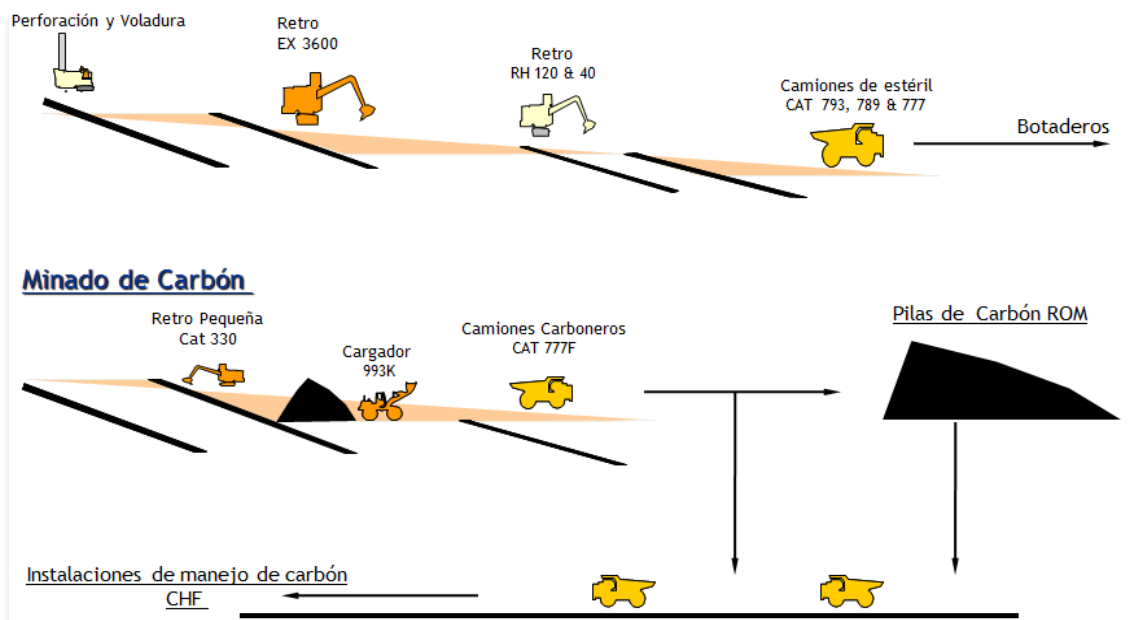
1.2 PROCESO DE PRODUCCION

En las minas que pertenecen del grupo CI Prodeco se compone de cuatro procesos descritos a continuación:

1.2.1 Exploración y Planeación.

Para la fase de exploración y planeación se debe tener en cuenta las restricciones ambientales, los límites físicos y/o naturales. En la etapa de planeación se tiene en cuenta principalmente las características específicas del depósito, el tipo de minería que en este caso es a cielo abierto y el método de minería a desarrollar. Es necesario que en la fase de planeación y exploración se desarrollen los siguientes análisis: análisis del modelo geológico, análisis de los métodos de minería, revisión de las reservas calculados a ser usadas en el diseño, secuencia minera, revisión de la calidad del carbón y maquinaria a utilizar.

Figura 6. Proceso productivo



Fuente: Mina Calenturitas (área de planeación)

1.2.2 Perforación y Voladura.

En las operaciones mineras del grupo prodeco la técnica implementada es voladura bajo manto debido a las condiciones geológicas y geométricas de estas minas. Se utiliza una serie de parámetros para la perforación como: diámetro de perforación, burden, espaciamiento, factor de carga y porcentaje de esmeril movido; los cuales dependen de las características propias del sitio.

Para las voladuras bajo manto se debe tener en cuenta diferentes patrones (burden y espaciamiento) para materiales duros, medios y blandos. Las cargas de explosivos situadas bajo manto no deben estar a menos de 6.5 metros de la superficie del terreno, salvo cuando se coloque una mínima carga entre dos mantos. El tipo de explosivo utilizado es una emulsión que se llama foriscoal 70/30 y los taladros son TEREX con broca 7 7/8”

Figura 7. Área perforación para realizar una voladura



Fuente: Mina La Jagua

Figura 8 Proceso de voladura.



Fuente: Mina La Jagua

1.2.3 Carga y Transporte del Material Estéril.

Luego de la realización de una voladura, el equipo de producción utiliza una serie de palas y camiones para retirar así el material estéril y rocas que está encima del carbón, siendo este material enviado a los botaderos internos y externos de la mina. Este es uno de los métodos tradicional de carga de material estéril como lo es Pala – Camión.

Figura 9. Método de carga de material estéril Pala-Camión



Fuente: Mina La Jagua

1.2.4 Trituración y Transporte del carbón.

El material explotado en mina es transportado en camión minero (CAT 777) a las pilas de carbón donde se acopian según requerimiento de calidad. Luego este carbón pasa por trituración según especificaciones del cliente.

El carbón de la Jagua es transportado en tracto mulá de hasta 65 toneladas y descargados en las instalaciones de acopio de la mina Calenturitas. Posteriormente el carbón será en cargado en vagones para su transporte férreo hasta puerto Prodeco.

El carbón de calenturitas es transportado directamente de la trituradora por medio de bandas transportadoras hasta los vagones del tren para su transporte férreo hasta puerto Prodeco⁶.

Figura 10. Método de carga de carbón mina La Jagua



Fuente: Mina La Jagua

⁶ Departamento de servicios técnicos mina calenturitas y mina la jagua.

Figura 11. Método de carga de carbón mina Calenturitas



Fuente: Mina Calenturitas

Figura 12. Trituradora Mina Calenturitas



Fuente: Mina Calenturitas

1.3 MANTENIMIENTO DE EQUIPO LIVIANO.

En la operación de CI Prodeco el mantenimiento de equipo liviano se realiza por medio de un contrato de alquiler de vehículos donde se incluye el mantenimiento preventivo. Los talleres de equipo liviano se encuentran ubicados en la misma

área dentro de la mina. Las marcas de vehículos utilizados actualmente son Nissan – Frontier y Toyota – Hilux.

Figura 13. Talleres de Equipo liviano mina La Jagua.



Fuente: Mina La Jagua

Figura 14. Talleres de Equipo liviano mina Calenturitas.



Fuente: Mina Calenturitas

Figura 15. Vehículos tipo mina Toyota Hi-Lux



Fuente: Mina Calenturitas

Figura 16. Vehículos tipo mina Nissan - Frontier



Fuente: Mina La Jagua

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

C.I PRODECO S.A es una empresa minera de cielo abierto dedicada a la exploración, explotación, extracción y transporte de carbón térmico y metalúrgico de calidad superior, que no requiere procesos de lavado para su uso y comercialización.

En la actualidad C.I Prodeco S.A, cuenta con una infraestructura férrea, equipos mineros y equipos livianos, que contribuyen a que la producción, comercialización y transporte del mineral en mención aumente.

Es por eso que con esta investigación lo que buscamos es garantizar la disponibilidad de los equipos livianos (camionetas 4x4 tipo mina) de la Mina C.I Prodeco S.A, debido que en la actualidad no se cuenta con una planificación del mantenimiento que ayude a disminuir las paradas no programadas, y a su vez alargue la vida útil de estos equipos, los cuales están generando ingresos a las instalaciones de taller fuera de lo programado, cambios repentinos de programación, aumentos en los costos de operación, e incremento en el consumo de repuestos a causa de cambios prematuros de piezas, debido a que no existe una debida planeación, programación y seguimiento de los equipos livianos, que contribuyan a aumentar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivos Generales

Desarrollar un modelo de programación en mantenimiento preventivo a los equipos livianos (camioneta 4x4) tipo mina, con el fin de mejorar la organización del mantenimiento y propender una máxima disponibilidad de los equipos; reduciendo costos, además de tiempo y cambio prematuro de piezas.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un programa de mantenimiento preventivo el cual cumpla con las condiciones de uso y terreno severos de las camionetas 4x4 en mina.
- Los formatos que permitan ejecutar y controlar las actividades programadas de los mantenimientos preventivos de las camionetas 4x4.
- Seleccionar los sistemas y componentes críticos y no críticos de las camionetas 4x4.
- Establecer un programa de lubricación como parte del mantenimiento preventivo de las camionetas 4x4 siguiendo las recomendaciones del fabricante y parámetros de lubricación.
- Desarrollar indicadores de gestión que permitan llevar un control sobre las camionetas 4x4, la planeación de los trabajos, tiempos de los trabajos realizados y costos de mantenimiento.
- Proponer un programa óptimo de inventario para tener mejor rotación de los repuestos que se encuentren en stock de almacén.
- Desarrollar un programa sobre cultura de uso de las camionetas 4x4 por parte de los usuarios.
- Diseñar un programa de manejo ambiental de los residuos sólidos y líquidos generados de la operación de mantenimiento de las camionetas 4x4.

1.6 JUSTIFICACION DEL PLAN PROPUESTO

Con esta investigación se pretende garantizar una óptima operación y disponibilidad de las camionetas 4x4 por medio de un programa de mantenimiento preventivo los cuales no generen altos costos por los cambios innecesarios de algunos de sus componentes.

También se busca con este modelo de mantenimiento preventivo disminuir sustancialmente las reparaciones repetitivas y establecer políticas de seguridad para las camionetas y el personal de mantenimiento, garantizando que no se presenten fallas inesperadas que afecten la integridad del personal tanto de mantenimiento como el personal de operación.

En el ámbito ambiental se pretende disminuir y darles buen uso a los residuos sólidos y líquidos tales como aceites, filtros, llantas, repuestos eléctricos y mecánicos generados al momento de realizar el mantenimiento, con el fin de contribuir a que estos no afecten el medio ambiente.

2. MARCO TEORICO

2.1 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO.

La principal función de mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las maquinas a través del tiempo, bajo esta premisa se puede entender la evolución del área del mantenimiento al atravesar las distintas épocas acorde a las necesidades de sus clientes; que son todas aquellas dependencias y/o empresas de procesos o servicios, que generan bienes reales o intangibles mediante la utilización de estos activos para producirlos. La historia del mantenimiento como parte estructural de las empresas, data desde la aparición de las máquinas para la producción de bienes y servicios, inclusive desde cuando el hombre forma parte de la energía de dichos equipos.

Se reconoce la aparición de los primeros sistemas organizacionales de mantenimiento para sostener las maquinas desde principios del siglo XX en los Estados Unidos donde todas las soluciones a fallas y paradas imprevistas de equipo se solucionan vía mantenimiento correctivo (Newbrough, y otros, 1982), reconoce el autor Junior Reed la similitud de conceptos, pero se remonta al siglo XVIII con las teorías de producción de David Ricardo como el origen claro de los sistemas de mantenimiento (Reed, 1971)(Ricardo, 1817).

El progreso de mantenimiento permite distinguir varias generaciones evolutivas, en relación a los diferentes objetivos que se observan en las áreas productivas o de manufactura (y en mantenimiento) a través del tiempo.

Figura 17. Evolución Histórica

Etapa	sucede aproximadamente	Producción - Manufactura		Mantenimiento e Ingeniería de Fábricas	
		Orientación hacia	Necesidad específica	Orientación hacia	Objetivo que pretende
I	antes de 1950	el producto	generar el producto	hacer acciones correctivas	reparar fallos imprevistos
II	entre 1950 y 1959	la producción	estructurar un sistema productivo	aplicar acciones planeadas	prevenir, predecir y reparar fallos
III	entre 1960 y 1980	la productividad	optimizar la producción	establecer tácticas de mantenimiento	gestar y operar bajo un sistema organizado
IV	entre 1981 y 1995	la competitividad	mejorar índices mundiales	implementar una estrategia	medir costos, (CM), compararse, predecir índices, etc.
V	entre 1996 y 2003	la innovación tecnológica	hacer la producción ajustada a la demanda	desarrollar habilidades y competencias	aplicar ciencia y tecnología de punta
VI	desde 2004	Gestión y operación integral de activos en forma coordinada entre ambas dependencias Anticiparse a las necesidades de los equipos y de los clientes de mantenimientos - Predicciones - Pronósticos Gestión de activos			

Fuente: MORA G Alberto, Mantenimiento Industrial Efectivo, editado ColdiLtda 2012.

2.1.1 Reseña evolutiva.

Históricamente el mantenimiento ha pasado por diversas concepciones y técnicas; también se puede hablar de una evolución del mantenimiento por generaciones:

- Primera Generación: (1940 – 1950) – Nacimiento de la Industria.
- Segunda Generación: (décadas 60 – 70 – 80) Post II Guerra Mundial.
- Tercera Generación: (1990 – Hoy) – Concepto de Confiabilidad.

En la figura, se puede apreciar gráficamente esta evolución del mantenimiento por generación.

Figura 18. Evolución tecnológica del Mantenimiento.⁷



2.1.2 Mantenimiento preventivo

2.1.3 Definición del Mantenimiento.

Mantenimiento es el conjunto de acciones operativas y actitudes tendientes a poner o restablecer un bien o un estado específico que le permita asegurar un servicio determinado.

⁷BORRAS, Carlos. Especialización Gerencia de Mantenimiento 2012, Principio de Mantenimiento.

Mantener es realizar operaciones tales como: limpieza, lubricación, inspección, conservación, reparación y mejora que permita conservar el potencial de un equipo para asegurar su continuidad y garantizar la calidad de la producción.

Mantener bien es: ejecutar un estricto control sobre los siguientes factores:

- Reparaciones de emergencia: minimizarlas.
- Tiempo muerto en producción imputable a mantenimiento: minimizarlo
- Reparaciones y modificaciones de equipo: optimizarlas
- Desperdicios de materiales de producción imputables a mantenimiento: minimizarlas.
- Materiales empleados en las reparaciones y modificaciones: optimizarlos.
- La mano de obra de mantenimiento, conforme al volumen de mantenimiento: optimizarlo.
- La depreciación del equipo y edificio: retardarla, incrementando su vida.

Conclusión:

Mantener es obtener utilidades, porque es la única forma de conservar los equipos y las plantas en el más alto grado de productividad y competencia. Retarda la compra de bienes nuevos, prolongando la vida útil de los actuales, sin descartar la utilización de tecnologías más eficaces y rentables.

Mantenimiento Preventivo: Es el mantenimiento que se realiza a los equipos de una planta en forma planificada y programada anticipadamente, con base en inspecciones periódicas y debidamente establecidas según la naturaleza de cada máquina y encaminada a descubrir posibles defectos que puedan ocasionar paradas intempestivas de los equipos o daños mayores que afecten la vida útil de los equipos.

- El MP más que una técnica específica de mantenimiento es una filosofía o estado de ánimo que comienza desde el mismo momento en que se diseña el equipo, ya que allí se piensa en la facilidad de mantenimiento o mantenibilidad y las facilidades para la instalación y montaje, en la confiabilidad, duración y cuidados de cada una de sus partes. MP no es limpiar un equipo, es mantenerlo totalmente cubierto en lugares contaminados.
- El MP consiste en la inspección, periódica y armónicamente coordinada, de los elementos, equipos y procesos propensos a fallas y la corrección antes de que esto ocurra.
- El MP considerara la empresa como una corporación, por lo tanto, la tarea de los mantenimientos no es exclusiva del personal de mantenimiento sino que es responsabilidad de todo el personal de la empresa.
- El MP aun cuando data de muchos años, está adquiriendo gran importancia en las empresas industriales, en las empresas de servicios y aun en la infraestructura, edificaciones y obras públicas, como se ha podido observar por los últimos acontecimientos en el país.

Objetivos del Mantenimiento Preventivo

Pueden enumerarse entre otros, los siguientes:

- Disminuir el tiempo ocioso por menos paros imprevistos, esto es mejorar la disponibilidad operativa de los equipos.
- Reducir las reparaciones en gran escala o los grandes mantenimientos.
- Distribuir óptimamente la fuerza laboral, para evitar la acumulación de trabajo contingente.
- Lograr disminución sustantiva de las reparaciones repetitivas.
- Adaptar correctamente los equipos al servicio requerido, mejorando la eficiencia.

- Realizar un buen control de la calidad de la producción y/o servicio. Logrando llevar a cero el número de rechazos.
- Con políticas cero perdidas, disminuir los desperdicios.
- Aplazar o eliminar los reemplazos prematuros de equipo debido a su mejor conservación y aumento de la vida probable.
- Disminuir la necesidad de equipo en operación, mediante el incremento de los rendimientos operacionales.
- Mejorar el control del trabajo utilizando adecuados sistemas de programación y control de las tareas de mantenimiento.
- Mediante la utilización de políticas cero inventarios, disminuir los niveles de inventarios de materiales, repuestos e insumos requeridos a los mínimos estrictamente necesarios para obtención de óptimos resultados.
- Establecer políticas de seguridad y salud ocupacional para las plantas, equipos y personal de mantenimiento.
- Establecer las mejores relaciones entre el personal de operaciones, mantenimiento y demás para lograr máxima armonía en el trabajo.
- Disminuir los costos de operación y mantenimiento.

Niveles del Mantenimiento según su complejidad.

Una buena forma de organizar las actividades de mantenimiento, teniendo en cuenta su complejidad, es establecer niveles del trabajo según su dificultad y magnitud de los recursos necesarios. Entonces se jerarquizan los trabajos de acuerdo con:

- Su importancia
- Grado de dificultad
- Conocimientos requeridos para su ejecución.
- El tipo de talleres y herramientas especializadas que se deben utilizar.

Tabla 1. Niveles de Mantenimiento⁸

NIVEL	TRABAJO	PERSONAL
I	<p>Aquellos rutinarios que garantizan la operación permanente y previenen daños al poderse detener el equipo inmediatamente se detenten las fallas. Prácticamente pueden diagnosticarse mediante la observación del operador.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza. • Inspección diaria. • Revisión de aceite y líquidos consumibles. • engrases rutinarios. • Detención de ruidos anormales 	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel operador • Técnico del nivel aprendiz
NIVEL	TRABAJO	PERSONAL
II	<p>Aquellos que además requieren de operaciones sencillas de mantenimiento por parte de un técnico entrenado en el equipo. No exigen paradas prolongadas y su finalidad es garantizar la operación confiable.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisiones específicas sencillas. • Chequeo tensiones de correas. • Relleno de líquidos. • Limpieza filtros de aire 	<ul style="list-style-type: none"> • Operador experimentado • Técnico intermedio con curso básico del equipo
NIVEL	TRABAJO	PERSONAL
III	<p>Son trabajos especializados en sitio y son de carácter básicamente rutinario. Requieren de un técnico especializado y con experiencia.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cambios de aceite de filtros. • Calibraciones rutinarias. • Verificaciones de parámetros de servicio. • Cambio de partes 	<ul style="list-style-type: none"> • Técnico con alto nivel en la empresa con varios años de experiencia y cursos avanzados sobre el equipo

⁸ GONZALES B. Carlos. Especialización Gerencia de Mantenimiento 2012, Mantenimiento Preventivo.

NIVEL	TRABAJO	PERSONAL
IV	<p>Nivel de taller especializado, son trabajos que requieren de un grupo técnicos para su labor. Consumen bastante tiempo y requieren de herramientas especializadas para su ejecución.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Despiece parcialmente para mantenimiento. • Calibraciones especializadas. • Revisión de tolerancias. Ajustes detallados. • Soldadura y su revisión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grupo de trabajo con experiencia previa, conformado en la mayoría de casos por técnicos en varias disciplinas, bajo la dirección directa de un ingeniero de campo. • Las labores de planeación corresponden a otro nivel dentro de la misma organización.
NIVEL	TRABAJO	PERSONAL
V	<p>Son trabajos del más alto nivel. Requieren de personal altamente capacitado y en ocasiones de apoyo del fabricante. Contempla los llamados mantenimientos completos o grandes mantenimientos, donde la planeación y la programación juegan un papel importante. Se requieren de talleres y herramientas de apoyo especializados.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Despiece total. • Pruebas destructivas y no destructivas. • Calibraciones con instrumentos especiales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grupo de trabajo con experiencia previa, conformado en la mayoría de casos por técnicos en varias disciplinas, bajo la dirección directa de un ingeniero de campo. • Las labores de planeación corresponden a otro nivel dentro de la misma organización. • Apoyo permanente de talleres especializados

Afnor, Estándar X60-011

2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

2.2.1 Mantenimiento Correctivo

Consiste en permitir que un equipo funcione hasta el punto en que no pueda desempeñar normalmente su función. Se somete a reparación hasta corregir el defecto y se desatiende hasta que vuelva a tener una falla y así sucesivamente.

Este tipo de mantenimiento es el más común y conocidos por los encargados, jefes e ingenieros de mantenimiento. Por lo general obliga a un riguroso conocimiento del equipo y las partes susceptibles a fallas y a un diagnóstico acertado y rápido de las causas.

Presentan algunos inconvenientes como lo son⁹:

- Paradas inesperadas que normalmente suelen ocurrir cuando la producción debe ser mayor, es decir, en el peor momento.
- Estas paradas suelen ser catastróficas, ya que suelen producirse roturas importantes. A veces por la pérdida de un rodamiento podemos tener serias roturas en las transmisiones.
- Los costes de reparación de las mismas llegan a ser muy elevados.
- La necesidad de tener piezas de repuesto en almacén se incrementa ante la incertidumbre de qué me puede fallar
- Los riesgos de accidentes se incrementan
- Desconocemos totalmente el estado de nuestras máquinas.
- Tratamos fallos crónicos como habituales sin descubrir el origen del problema, por ejemplo si un rodamiento se deteriora prematuramente y tomamos la rutina de sustituirlo, estamos ocultando un posible problema de desalineación o de desequilibrio que puede ser la causa del daño prematuro de este componente.

2.3 INDICADORES PARA EL MANTENIMIENTO

Son numerosos los indicadores de gestión utilizados para medir el desarrollo de las actividades del mantenimiento, pero la disponibilidad, la mantenibilidad y la

⁹Ingeniería de Mantenimiento. http://www.sinais.es/intro/mantenimiento_preventivo.html

confiabilidad, son considerados por la mayoría de los ingenieros de mantenimiento los que mejor muestran el desempeño de su gestión.

Los métodos más utilizados para calcularlos son los probabilísticos, que dan el porcentaje de logro en cada caso y el método de los tiempos que consiste en asignar una medida de tiempo para cada uno de ellos. Este último es el más utilizado por la facilidad para su obtención y porque indica claramente los tiempos promedios.

2.3.1 Disponibilidad

Es la probabilidad de que un equipo funcione en un periodo de tiempo dado.

Se puede medir por el tiempo que el equipo ha funcionado más el tiempo que ha descansado, durante un periodo de tiempo dado.

La indisponibilidad, es el tiempo que el equipo ha estado fuera de servicio por averías. Aquí, tratándose de la disponibilidad operacional, solo se tiene en cuenta el tiempo perdido por fallas de equipo, y no por factores exógenos, como falta de energía y otros.

El índice de disponibilidad operacional, puede determinarse en función de:

$$ID = \frac{TPEF}{TPEF + TPPR}$$

TPEF= Tiempo Promedio entre Fallas

TPPR= Tiempo Promedio para Reparar.

2.3.2 Confiabilidad

Se puede definir como la capacidad de un equipo para realizar su función de la manera prevista. De otra forma, la confiabilidad se puede definir también como la

probabilidad en que un equipo realizará su función prevista sin incidentes por un período de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas. Es decir, es la probabilidad de que un equipo no presente fallo, durante un periodo de tiempo dado.

Se determina también mediante el Tiempo Promedio entre fallas. Es decir el TPEF, es una medida de confiabilidad en términos de tiempo.

TPEF= Suma de todos los tiempos Operacionales / Número de fallos

En índice de daño (λ) es otra medida de confiabilidad.

$\lambda = 1 / \text{TPEF}$ (No. de daños / Unidad de Tiempo)

La confiabilidad también se denomina como:

Confiabilidad: $R(t) = e^{-\lambda t}$

Teniendo el TPEF, podría calcularse la confiabilidad para un próximo periodo de tiempo, por ejemplo $t = 1, 2, 3$ o más años.

2.3.3 Mantenibilidad

Se define como la probabilidad de que un equipo pueda ser puesto en condiciones operacionales en un periodo de tiempo dado, cuando el mantenimiento es efectuado de acuerdo a procedimientos preestablecidos.

La mantenibilidad se determina por el TPPR= Tiempo Promedio para Reparar.

TPPR= Suma de todos los tiempos fuera de servicios por averías / número de averías¹⁰.

¹⁰GONZALES B. Carlos. Especialización Gerencia de Mantenimiento 2012, Mantenimiento Preventivo

2.4 LUBRICACIÓN

En la actualidad se persigue como un objetivo básico, el incremento del tiempo de explotación de los elementos de la máquina, lo que se alcanza con un diseño, montaje y explotación adecuados. Dentro de las condiciones de trabajo de los equipos juega un papel vital la lubricación, con el fin de evitar el contacto metal-metal de las superficies, lo que hace que disminuya la fricción, el desgaste, las pérdidas de energía y se incremente la vida útil de dichos elementos.

Sin el empleo de un lubricante entre dos superficies que se desplazan en movimiento relativo, la una con respecto a la otra, sería imposible mantener una máquina en movimiento por mucho tiempo, llegando a soldarse todos los elementos que la constituyen y convirtiéndola en un montón de chatarra en unos cuantos minutos.

Cualquier sustancia que se coloque entre estas superficies, con el fin de disminuir la fricción, se denomina lubricante, el cual ayuda también a evacuar el calor generado. La función básica de un lubricante es mantener completamente separadas dos superficies en movimiento, de tal forma que el único rozamiento que se presente sea entre las diferentes capas que conforman la película lubricante y que se conoce como fricción fluida.

Lubricar no es simplemente aplicar un aceite o una grasa, siendo este el concepto más difundido aun hoy en día entre el personal de mantenimiento de muchas fábricas. Cuando dos superficies aparentemente lisas se analizan al microscopio se pueden apreciar una serie de asperezas e irregularidades, que son los que ocasionan el rozamiento y desgaste.

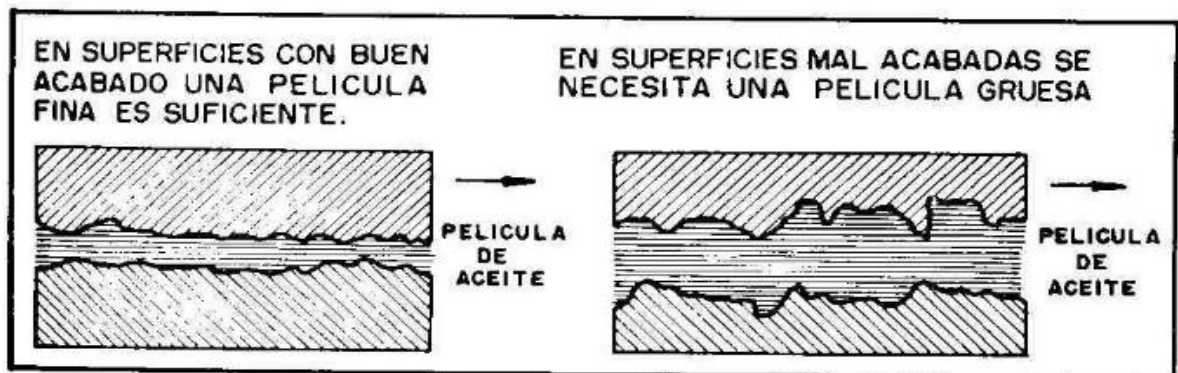
La película lubricante se puede considerar como la unión de muchas capas en movimiento relativo las unas respecto a las otras. Una de estas capas se adhiere fuertemente al elemento en movimiento y la otra al elemento estacionario.

2.4.1 Características de la película lubricante

La película lubricante debe poseer determinadas características, como son: adhesividad, viscosidad, espesor y aditivos. Es tan perjudicial una película delgada como una gruesa porque en el primer caso, esta puede dar a lugar a contacto metálico en parte de las superficies (desgaste adhesivo) si se rompe la película límite y en el segundo, se presenta generación de calor por un exceso de fricción interna (fluida) en la película lubricante que puede conducir igualmente a problemas de desgaste adhesivo¹¹.

El espesor de la película lubricante depende de la rugosidad superficial. En superficies con buen acabado, una película fina es suficiente, mientras que en superficies mal acabadas se necesita una película gruesa. **Ver figura 19**

Figura 19. El espesor de la película lubricante depende del acabado superficial de los mecanismos.

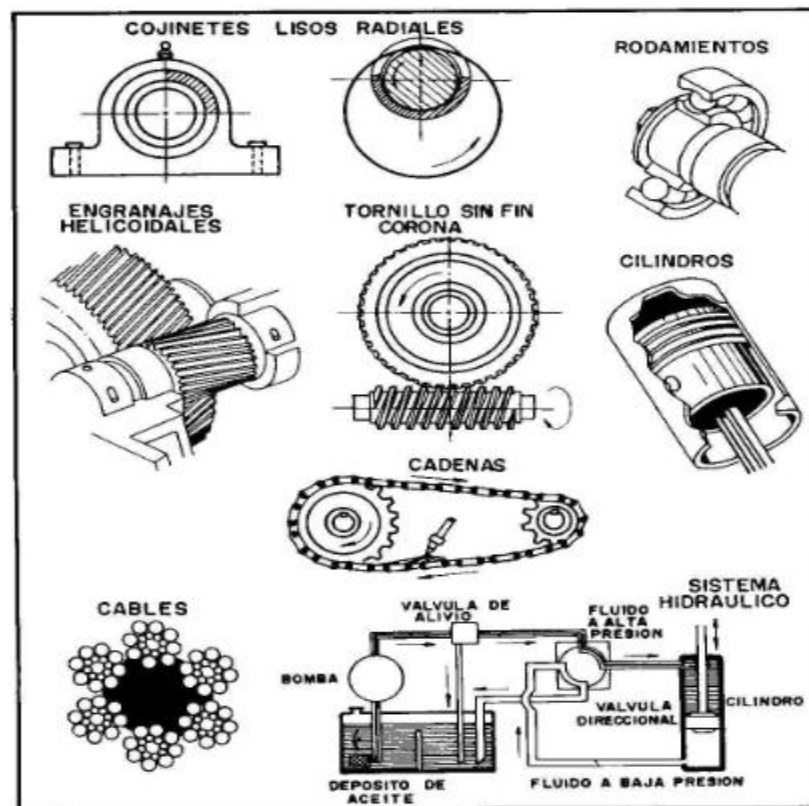


¹¹Albarracín A Pedro Ramón Tribología y lubricación industrial y automotriz tomo 1 4ta edición.

La fricción metal-metal causa el mayor desgaste; la fricción fluida lo reduce hasta tal punto que puede llegar casi a eliminarlo. En toda máquina por complicada que parezca, solamente requerirán lubricación los siguientes elementos:

- Cojinetes lisos y rodamientos (de bolas, de rodillo, de aguja, etc.), cadenas, levas, guías y cremalleras.
- Piñones: helicoidales, cónicos, rectos, sinfín-corona, doble helicoidales, e hipoidales, que pueden estar expuestos al medio ambiente o encerrado dentro de una carcasa (reductores y motorreductores)¹².
- Cilindros dentro de los cuales desliza émbolos, como en el caso de compresores, motores de combustión interna, cilindros de vapor, sistemas hidráulicos y herramientas neumáticas. **Ver figura 20**

Figura 20. Diferentes elementos mecánicos que requieren lubricación.



¹²lbib

2.4.2 Principios Básicos de la lubricación.

- De acuerdo con las condiciones de operación, cada máquina requiere una lubricación en particular.
- En una maquina puede existir elementos físicamente iguales, pero que pueden estar sometidos a condiciones de operación diferentes, requiriéndose por lo tanto, lubricantes que cumplan con cada caso en específico
- Los lubricantes seleccionados deben contar con las características físico-químicas necesarias para su correcto funcionamiento.

2.4.3 Clases de lubricantes

Existen diferentes tipos, dependiendo de la clase de aplicación:

- **Gases.** El más utilizado es el aire, que se emplea a presión y forman un colchón (de aire) entre los elementos en movimiento. Su principal aplicación es en pequeños cojinetes lisos, que giran a velocidades hasta de 100.00 rpm, en donde un lubricante convencional no serviría. Su capacidad de soporte de carga es muy baja, del orden de 0,70 Kgf/cm² (10 psi). Las pérdidas por rozamiento de los gases son solo una fracción de los correspondientes a los lubricantes líquidos de cualquier clase.
- **Líquidos.** Se puede considerar cualquier tipo de líquido, como el agua, el aceite vegetal, animal y mineral, etc. Los más utilizados en la actualidad son los derivados del petróleo, constituidos por una base lubricante y un paquete de aditivos.
- **Semisólidos.** Son sustancias que poseen consistencia, permiten que la película lubricante permanezca durante más tiempo sobre la superficie lubricada, como por ejemplo la grasa, que es un aceite mezclado con un espesador metálico (jabón de calcio, sodio, litio, etc.).

- **Sólidos.** Dan origen a películas lubricantes que se adhieren fuertemente a las superficies metálicas, tales como el grafito, bisulfuro de molibdeno, de fluor, silicona, boro, etc. y dan lugar a coeficientes de fricción muy bajos.

2.4.4 Funciones del lubricante.

Un buen lubricante debe cumplir con las siguientes funciones:

- Disminuir el rozamiento
- Reducir el desgaste
- Evacuar el calor generado por las pérdidas de potencia en el mecanismo
- Sellar
- Evacuar impureza de tipo orgánico o metálico
- Transmitir potencia.

El control de temperatura es una función importante de los aceites lubricantes. Sus propiedades físicas tienen un efecto relativamente pequeño sobre su capacidad de proporcionar un enfriamiento adecuado. Una eficiente circulación del lubricante, por otra parte, es el factor más importante para controlar la temperatura.

El calor en una maquina se genera por la fricción entre las partes del movimiento. En condiciones de lubricación hidrodinámica, el calor generado por la fricción es bajo; en lubricación limite, el aumento de temperatura es mucho mayor. Cuando el contacto metal-metal ocurre, se generan grandes cantidades de calor y las temperaturas de las superficies en contacto pueden alcanzar valores próximos al punto de fusión del metal. Para un control adecuado de temperatura es muy importante la eficiencia del sistema para disipar calor y en un menor grado, la habilidad del aceite para absorber y transmitir calor.

2.4.5 Factores que afectan la acción del lubricante

- **Agua.** Es perjudicial para el lubricante y para las superficies metálicas. Un buen lubricante debe contar con excelentes características antiemulsionantes, con el fin de que separe rápidamente del agua, cuando se halle en presencia

de esta y forme además una película protectora entre la superficie y el medio circundante, para evitar el herrumbre y la corrosión.

- **Fluidos para cortes.** En el caso de máquinas herramientas, por salpicaduras de aceites soluble hasta los depósitos de aceite de lubricación.
- **Disolventes.** Cuando se limpian los diversos mecanismos de una maquina pueden quedar residuos de los disolventes utilizados, que luego, al aplicar el lubricante, los adelgazan, permitiendo el contacto metálico con las piezas.
- **Contaminación por materiales sólidos.** Si se logra evitar por algún medio la contaminación de un aceite de circulación, este podrá utilizarse por mucho tiempo, pero el polvo, las partículas metálicas que se desprenden de los mecanismos y las impurezas que penetran por los retenedores y empaquetaduras en mal estado, degradan el aceite y es necesario por lo tanto cambiarlo. La contaminación se puede iniciar en la bodega de almacenamiento del lubricantes, si no está bajo buenas condiciones de limpieza y más aún, si los tambores o los recipientes en que se lleve el aceite hasta el equipo se dejan destapados o los sellos están en mal estado.
- **Sistemas de aplicación del lubricante.** Se puede contar con el mejor de los lubricantes, pero si este no se aplica correctamente, en la cantidad precisa y en el sitio correcto, nada se hará porque el mecanismo fallara al igual que si se estuviese utilizando un lubricante adecuado.

2.4.6 Aceites lubricantes

En toda sustancia líquida de origen animal, vegetal, mineral o sintético que permite separar dos superficies en movimiento relativo, reduciendo el desgaste refrigerándolas, evacuando contaminantes y protegiéndolas del medio circundante.

Los aceites se pueden clasificar en orgánicos y en minerales.

- **Aceites Orgánicos**

Son de tipo de animal y vegetal. Aun cuando no se conocía el petróleo, eran los únicos utilizados. Se descomponen con facilidad con el calor y las bajas temperaturas se oxidan, formando gomas, como el aceite de semilla de lino, cuya oxidación es tan rápida que es inútil utilizarlo en lubricación. La mayoría de estos aceites se emplean como aditivos de los aceites grasos, especialmente el esteárico y el palmítico. El aceite de ricino posee moléculas largas de carácter ácido en un extremo y oleos en el otro; el extremo ácido se adhiere a la superficie metálicas, formando un filamento ácido hidrocarbonado, el cual en caso de que la película fluida desaparezca, protege las superficies del contacto metálico, al deslizar unas sobre otra.

- **Aceites Minerales.**

Son derivados del petróleo, constituidos por una estructura de moléculas complejas que contienen entre 20 y 70 átomos de carbono por moléculas.

Un aceite lubricante está constituido por una base lubricante y un paquetes de aditivos químicos que le confieren nuevas propiedades o le mejora otras que ya tenga. Con relativa frecuencia, los fabricantes de equipos utilizan el término “aceite mineral” como un lubricante sin aditivo.

- **Fabricación de los aceites lubricantes.**

Comprende:

- Mezcla de base lubricantes del mismo tipo (dos máximos) para obtener las viscosidades y calidades requeridas.
- Aditivación, según las necesidades de aplicación y de servicio.

Bases lubricantes: Son las que determinan la mayor parte de las características del aceite, tales como: viscosidad, índice de viscosidad, resistencia a la oxidación, punto de inflamación y de fluidez, etc.

De acuerdo con el tipo de crudo, la base lubricante puede ser: parafínica, nafténica o aromática.

Bases parafínicas : Contienen porcentajes de hidrocarburos parafínicos del 75% o mayores. Se caracterizan por la cadena C_nH_{2n+2} . Son relativamente estables a altas temperaturas, pero por el alto contenido de parafina que poseen no funcionan satisfactoriamente a bajas temperaturas. Sus características más importantes son:

- Alto índice de viscosidad (IV). Las hace particularmente indicadas en situaciones donde hay cambios de temperatura, debido a que varían muy poco su viscosidad.
- Baja rata de oxidación. Cuando se encuentran sometidas a altas temperaturas, permanecen sin deteriorarse apreciablemente durante largos periodos de tiempo.
- Baja volatilidad
- Bajo poder disolvente
- Forma carbones duros cuando se descomponen.
- Alto punto de congelación, debido al elevado porcentaje de parafinas que posee.

Este tipo de base es la más empleadas en fabricación de aceites lubricantes, tanto de tipo industrial como automotor, por las excelentes propiedades que poseen. Sin embargo son muy escasas y cada vez es más difícil obtenerlas.

Bases nafténicas: Contienen porcentajes de hidrocarburos nafténicos del 70% o mayores. Se caracterizan por la formula C_nH_{2n} y frecuentemente poseen una elevada proporción de asfalto. A las altas temperaturas son menos estables que las parafinas, contiene una mínima cantidad de parafina; por lo tanto no forman ceras a bajas temperaturas y pertenecen en estado líquido. Sus características más importantes son:

- Bajo índice de viscosidad (IV)
- Alto poder disolvente natural. Contiene un elevado porcentaje de compuestos aromáticos, lo cual permite que puedan disolver ciertos tipos de cauchos.
- Reducida tendencia a la formación de carbón. Cuando se queman, el carbón residual es blando y escasos.
- Bajo punto de fluidez
- Alta volatilidad

Los crudos netamente parafinicos son escasos, por lo tanto, los aceites de bases parafinicas, se obtienen a partir de crudos de base mixta (parafínica y nafténica), pero en donde predomina el componente parafinico sobre el nafténico, en proporción superior de 2 a 1. Los crudos de base nafténica son más abundantes, por lo cual su uso tiende a incrementarse.

Bases aromáticas :Estas bases no se utilizan en la fabricación de aceites lubricantes, debido a que no presentan prácticamente ninguna características que ameriten su implementación. Su viscosidad disminuye rápidamente con la temperatura y presentan tendencias a formación de gomas a altas temperaturas. Sus características más importantes son:

- Índice de viscosidad muy bajo
- Alta volatilidad
- Se oxidan fácilmente
- Tendencia a formar gomas y resinas
- Se emulsionan fácilmente con el agua

2.4.7 Factores que acortan la vida del aceite

- **Altas temperaturas.** Los aceites derivados del petróleo, por encima de 50°C duplican su rata de oxidación, esto es, si se tienen dos reductores A y B, que funcionan a 50°C y 60°C respectivamente, el aceite en el reductor A tiene una vida útil de un año mientras que el B solamente podrá durar 6 meses. Además

de la rápida oxidación del aceite (incremento acelerado del TAN), se forman lodos y gomas, y en algunos casos extremos si las temperaturas de operación alcanzan los 80°- 90°C, se presentaran carbones duros y blandos provenientes de la descomposición de la base lubricante (generalmente parafínica).

- **Contaminación con agua.** El agua en un aceite puede estar libre (emulsionado o en gotas) o disuelta (por debajo del punto de saturación). En un porcentaje del valor máximo permisible, afecta considerablemente las características físico-químicas del aceite, dando lugar en la formación de herrumbre, corrosión y a la interrupción de la película lubricante, precipitación de aditivos y oxidación (incremento de la acidez y cambio de la viscosidad).
- **Materiales como el cobre.** Los fabricantes de maquinaria son muy propensos a utilizar en los sistemas de circulación de aceite, materiales, como las tuberías de cobre, por sus propiedades de maleabilidad, los cuales le permiten unir dos elementos, como por ejemplo un enfriador y un filtro, sin utilizar prácticamente ningún accesorio (codos, tes, etc.). Sin embargo, pasan por alto que este material es uno de los mejores acelerantes de la oxidación del aceite (a nivel de laboratorio se emplea como un catalizador en las pruebas de oxidación acelerada de un aceite).
- **Contaminación con sólidos.** Hay equipos que trabajan en ambientes altamente contaminados, en donde el polvo (sílice), si el equipo no cuenta con un buen sistema de filtración, puede llegar a sus partes internas, mezclarse con el aceite y causar desgaste abrasivo. En estos casos es necesario cambiar el aceite, dentro de intervalos más cortos. La contaminación del aceite no solo se puede presentar en operación; también es posible que ella ocurra durante su manipulación al trasladarlo desde el tambor hasta el equipo, por el uso de recipientes inadecuados, como baldes, que se dejan destapados a la intemperie, y que luego se utilizan de nuevos sin hacerles limpieza.

2.4.8 Lubricantes Automotores

En su clasificación intervienen tres organismos:

- SAE (Asociación de Ingenieros Automotores). Define la necesidad
- API (Instituto Americano del Petróleo). Desarrolla el lenguaje al consumidor.
- ASTM (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales). Define los métodos de evaluación y los objetivos de calidad.

Sistema SAE :Los lubricantes automotores se clasifican según el sistema SAE. A diferencia del sistema ISO, el número que aparece al final del nombre del aceite no indica su viscosidad en algún sistema de unidades, sino lo muy viscoso o delgado que pueda ser. Dentro de esta clasificación se encuentran los aceites para lubricación de motor y los que utilizan en la caja y en el diferencial. Igualmente los aceites de motor se subdividen en unígrados y multigrados, y se emplean uno u otro, dependiendo de las recomendaciones del fabricante del motor o de las condiciones climatológicas.

Aceites para motores de combustión interna

- **Unígrados (monógrados).**

Los aceites unígrados se caracterizan porque solo tienen un grado de viscosidad.

En la figura 21 se especifica la viscosidad de estos aceites y la temperatura límite de bombeo.

Figura 21. Aceites unígrados y multígrados para motores de combustión interna.

Grado SAE	Límites de viscosidad				Temperatura límite de bombeo °C	Grado SAE	Límites de viscosidad				Temperatura límite de bombeo °C
	cSt/40°C		cSt/100°C				cSt/40°C		cSt/100°C		
	Mín	Máx	Mín	Máx		Mín	Máx	Mín	Máx		
0W	19,0	-	3,8	-	-35	50	192,0	267,0	16,3	<21,9	-
5W	21,0	-	3,8	-	-30	60	-	-	21,9	<26,1	-
10W	26,0	-	4,1	-	-25	5W40	100	120	16	20	
15W	42,0	-	5,6	-	-20	10W30	60	70	10	14	
20W	50,0	-	5,6	-	-15	15W40	90	110	14	16	
25W	110,0	-	9,3	-	-10	15W50	120	130	16	20	
10	46,0	50,0	5,6	6,9	-	20W20	61	69	6	9	
20	55,0	60,0	5,6	<9,3	-	20W30	90	110	9	14	
30	109,0	113,0	9,3	<12,5	-	20W40	120	130	14	16	
40	140,0	189,0	12,5	<16,3	-						

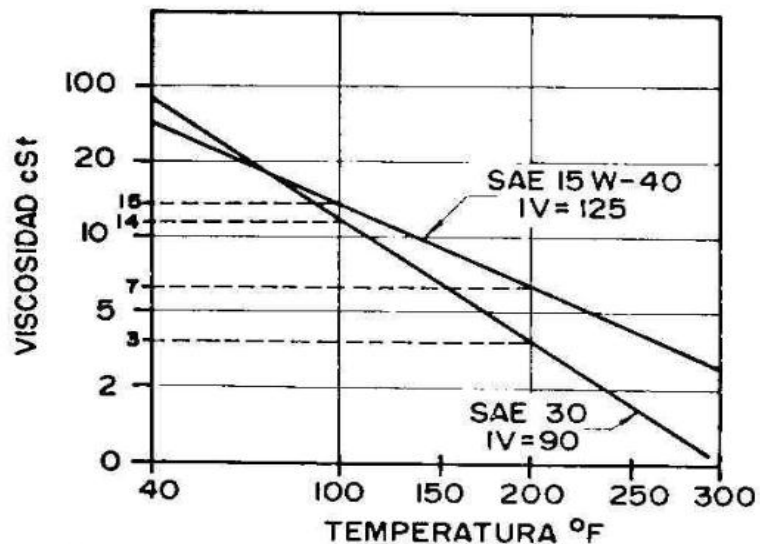
La letra W en algunos aceites unígrados significa Winter (invierno), lo que significa que son aceites que cuando están sometidos a bajas temperaturas no incrementan su viscosidad, sino que permanecen delgados, garantizando de esta manera, la correcta lubricación del motor.

- **Multigrados.**

Los aceites multigrados se caracterizan porque poseen un alto índice de viscosidad, lo cual permite que el aceite pueda ser recomendado para cubrir varios grados SAE de viscosidad. Así como un aceite 20W40 significa que a baja temperaturas (mayores de -15°C) se comporta como un aceite delgado SAE 20W y a altas como un aceite grueso de SAE 40.

En la **figura22** (grafico de viscosidad –temperatura para aceites automotores) se puede apreciar el mayor grado de variación de la viscosidad de un aceite unígrado SAE 30 con respecto a un multigrado SAE 15W40 para un mismo intervalo de temperatura. Por lo tanto, el aceite multígrado es más estable que el unígrado.

Figura 22. Variación de la viscosidad con la temperatura.



Las ventajas de un aceite unigrado o un multigrado siempre han sido un factor de discrepancia entre los diferentes fabricantes de motores Diesel, a pesar de los innumerables ensayos que sobre la materia sean realizados. Sin embargo, se puede concluir que los aceites multigrados, en la mayoría de los casos, han mostrado más ventajas que los unigrados. Las más importantes son:

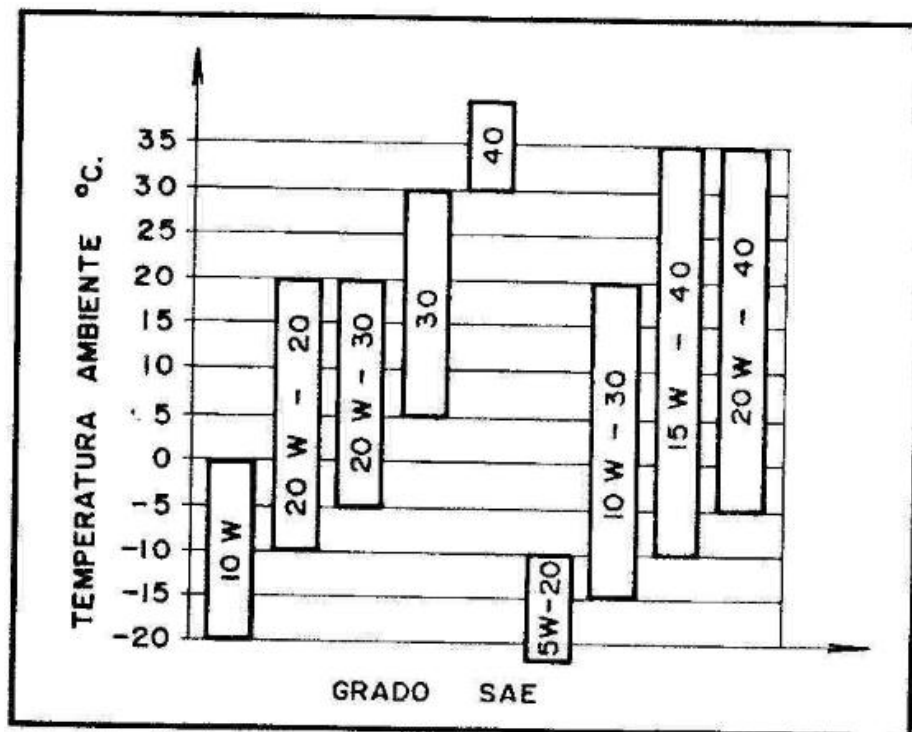
- ✓ Mejores características de flujo
- ✓ Arranque en frío más fácil
- ✓ Uso del mismo aceite durante todo el año
- ✓ Menor desgaste de las diferentes partes del motor
- ✓ Menor consumo de combustible
- ✓ Menor consumo de aceite en ciertos motores
- ✓ Se reduce el tiempo para llegar a las partes críticas
- ✓ Menor inventario de aceite
- ✓ Menor costo de mantenimiento

En condiciones de baja temperatura, el aceite unigrado tiene mayor viscosidad que el multigrado; esto hace que al momento del arranque (lubricación inicial del

motor), el aceite se demore más tiempo en llegar a las partes vitales del motor, principalmente en la zona de los anillos del pistón y de los cilindros. El aceite multigrado, por su menor viscosidad a bajas temperaturas, fluye más rápidamente hacia las diferentes piezas a lubricar.

Selección del grado SAE: La selección adecuada de la viscosidad del aceite garantiza que al arrancar el motor, el aceite fluya en el menor tiempo posible a las diferentes partes que lo constituyen, principalmente el primer anillo de compresión. **En figura 23** se da una guía para seleccionar de manera aproximada del grado SAE para una aplicación en particular de acuerdo a la temperatura del medio ambiente; sin embargo los principales fabricantes de motores diesel son muy categóricos en recomendaciones para lubricantes.

Figura 23. Selección del grado SAE del aceite en función de la temperatura ambiente.



- **Aceites para engranajes automotores**

Los aceites que se utilizan en engranajes para automotores se clasifican para el sistema SAE y pueden ser unígrados o multígrados. El grado SAE especificado va acompañado de un número que solo indica que entre mayor sea este número el aceite es de mayor viscosidad. Los aceites SAE multígrados presentan grandes ventajas con respecto a los unígrados siendo lo más importante la reducción del desgaste adhesivo en los engranajes lubricados en el momento de la puesta en marcha, disminución del consumo de combustible y temperaturas de operaciones más bajas y la homologación de varios grados SAE unigrados en un solo multigrado. **En la tabla2** se especifica la aplicación de los aceites para engranajes automotores según la especificación SAEJ306C.

Tabla 2. Aceites SAE unígrados y multígrados para engranajes automotores.

Grado SAE	Límites de la viscosidad				Grado SAE	Límites de la viscosidad			
	cSt/40°C		cSt/100°C			cSt/40°C		cSt/100°C	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
75W	20	22	4,1	4,4	140	420	440	24,0	41,0
80W	65	70	7,0	9,4	250	1200	1400	41,0	60,0
85W	120	130	11,0	13,0	80W90	120	130	14,0	15,0
80	75	80	8,6	11,3	85W90	185	200	16,5	17,3
90	200	220	13,5	24,0	85W140	300	320	24,1	26,0

Clasificación API : El instituto americano de petróleo (API) mediante pruebas de laboratorio y de campo ha desarrollado una serie de especificaciones para evaluar la calidad y el desempeño de los aceites para la lubricación de los motores de combustión interna y de los engranajes automotores; estas especificaciones de acuerdo con la evolución en el diseño y con el tipo de motor se van revaluando

dando lugar nuevas especificaciones más exigentes en cuanto a la formulación de los aceites para motor de combustión interna.

- **Aceites para motores de combustión interna**

La API tiene estandarizado los diferentes niveles de calidad de los aceites para lubricar motores de combustión interna tanto a gasolina como diesel; estas especificaciones de calidad son el complemento indispensable que debe acompañar a la viscosidad en el sistema SAE. Un aceite para servicio automotriz no quedara bien seleccionado si no se tienen en cuenta el grado SAE como el nivel de calidad API del aceite. Esta información técnica debe aparecer en todo el recipiente donde vaya almacenado el aceite automotor. Nunca se deben emplear aceites cuyo envase no traiga esta información o que la tenga en letra cuyo tamaño difícilmente se puede leer; por general este aceite no tiene aprobación de la API y por lo tanto no cumplen con el nivel de calidad que dicen tener. Los niveles de calidad API fueron implementados en 1947 y en la actualidad tanto los fabricantes de vehículos como los fabricantes de aceites automotores de prestigio en el mundo lo utilizan.

- **Aceites para motores a gasolina**

A partir de 1960 apareció la nomenclatura API que aun hoy en día se utiliza la cual clasifica los aceites para los motores a gasolina de acuerdo con dos letras: la primera letra es la S que quiere decir que el aceite es para motor a gasolina y la segunda letra que va avanzado en el abecedario, indica los requerimientos de desempeño del aceite de acuerdo con el año de fabricación del vehículo. Las especificaciones más antiguas es la SA y la más reciente la SM. **En la tabla (3)** se dan las características de los diferentes niveles de calidad API de los aceites para motores a gasolina.

Tabla 3. Especificaciones API de los aceites para motores a gasolina

Nivel de calidad API	Vigencia	Características
SA	1960-1962	Aceite mineral puro sin aditivos.
SB	1963	Aceites inhibidos con aditivos antioxidantes y antiherrumbre.
SC	1964-1967	Aceites con un nuevo paquete de aditivos anticorrosivos y detergentes dispersantes.
SD	1968-1971	Aceites con buena resistencia a la formación de lodos en el carter y en las partes más calientes del motor, como los cilindros, pistones, anillos y válvulas.
SE	1972-1979	Aceites con buena resistencia a la oxidación.
SF	1980-1986	Aceites con un buen nivel de detergencia -dispersancia y elevada resistencia a la oxidación.
SG	1987-1992	Alta protección contra la formación de lodos en la cámara de combustión y presencia de barnices en la falda de los pistones. Cumple con la especificación MIL -L 46152C.
SH	1993-1997	Aceites con un alto nivel de detergencia-dispersancia.
SJ	1998-2001	Aceites altamente resistentes a la oxidación, a la formación de gomas, barnices y lacas y con un excelente nivel de detergencia -Dispersancia
SL	2002-2004	Aceites con bases lubricantes de alta estabilidad térmica y un excelente nivel de detergencia -dispersancia.
SM	2005 en adelante	Aceites equivalentes a los de especificación SL, pero más biodegradables y menos agresivos al ambiente.

Una especificación más reciente cubre máximo dos anteriores de tal manera que si la diferencia entre el año de fabricación del vehículo y la especificación del aceite es mayor, no es recomendable emplear este aceite, porque es factible que la naturaleza químicas de los aditivos empleados en la formulación de este aceite, ataque la metalurgias de los materiales utilizados en los componentes del motor, dando lugar a problemas de desgaste corrosivos en dichos componentes.

- **Aceites para motores Diesel**

Contrario a las especificaciones API de los aceites para motores a gasolina, en los diesel la API no tiene en cuenta el año de fabricación del vehículo sino la condición bajo las cuales trabaja el motor y las clasifica con dos letras siendo la primera C que indica el tipo de motor, en este caso Diesel y la segunda las condiciones operacionales del motor. En la **tabla 4** se especifica las diferentes aplicaciones API para motores diesel.

Tabla 4. Nivel de calidad

Nivel de calidad	Características
API	
CA	Para motores Diesel de trabajo liviano (camionetas, automóviles y pequeñas plantas estacionarias).
CB	Para motores Diesel sometidos a trabajo moderado (camiones, buses, etc).
CC	Para motores Diesel no turboalimentados, pero que trabajan bajo condiciones severas.
CD	Se empezó a utilizar desde 1955 para motores Diesel turboalimentados ó no que trabajan bajo condiciones críticas (maquinaria pesada). Esta especificación estuvo vigente por más de 30 años.
CE	Garantizan máxima protección contra la formación de depósitos a alta y baja temperatura, contra el desgaste, la oxidación y la corrosión. Disminución del consumo de aceite con respecto a los CD lográndose recorridos hasta de 1000 kilómetros más por cuarto de aceite consumido. Esta especificación se recomendó para todos los motores Diesel turboalimentados fabricados a partir de 1987.
CF	Surgió a partir de 1992 debido a la necesidad de construir motores Diesel con holguras menores entre la corona del pistón y la camisa para reducir las emisiones y mejorar la economía de combustible.
CG	Vigente desde 1998. Presenta alta resistencia al desgaste.
CH	Vigente desde el año 2002. Garantiza excelente protección contra la formación de depósitos en las cámaras de combustión y en las ranuras de los anillos; bajo contenido de cenizas y elevada resistencia a la oxidación. Se recomiendan para cualquier tipo de condición de operación.
CI	Vigente desde el año 2004. Garantiza el mismo nivel de desempeño de los aceites API CH, pero los aceites fabricados bajo esta especificación son más amigables al ambiente por la menor formación de elementos tóxicos y no biodegradables.

Las especificaciones API de aceites para motores diesel tienen que ver con la capacidad de detergencia-dispersancia, la cual permite neutralizar los ácidos que se forman durante el proceso de la combustión, controlando la corrosión y la herrumbre de los componentes lubricados.

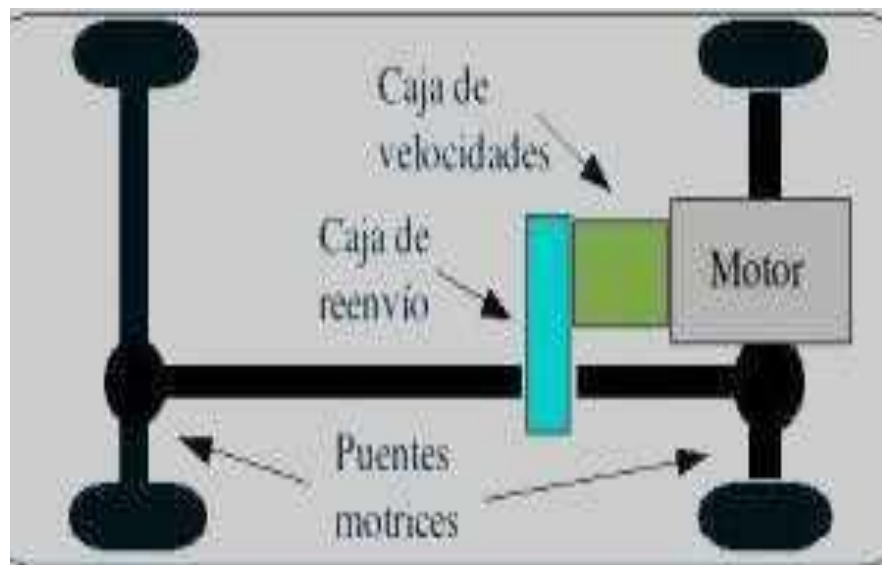
3 VEHICULOS 4X4

3.1 TREN DE POTENCIA

El sistema de tren de fuerza o “drivetrain” en el idioma inglés, cumple con dos funciones: transfiere la fuerza del motor en una forma pareja hasta las ruedas que mueven el auto, variando el monto del torque. El tren de fuerza de un vehículo incluye la transmisión y el diferencial, y en el caso de vehículo de tracción en las 4 ruedas, o los modernos vehículos “all-wheel-drive”, un “transfer case” o caja de transferencia¹³.

Este esquema es típico de los automóviles 4x4, tiene adicionalmente una caja de reenvío que introduce más reducción en la transmisión (más fuerza) y además divide el movimiento a los dos ejes del vehículo. Generalmente el puente delantero puede hacer tracción o no, a voluntad del conductor

Figura 24. Tren de Potencia automotriz



Fuente: Tren de Potencia. <http://sistemadeinyeccionlineal6-a-chanik.blogspot.com/>

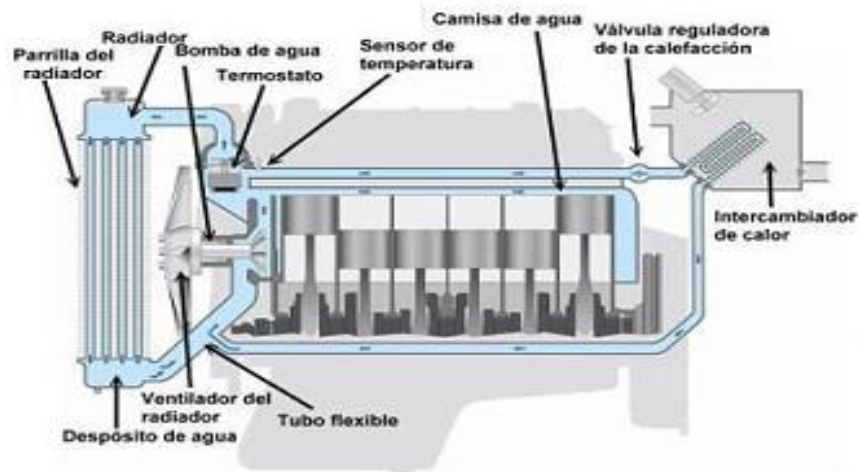
¹³AutoSpa. Servicio de Mecánica Liviana. <http://autospaweb.com/servicios/mecanica.html>

3.1.1 Motor

3.1.1.1 Sistema de refrigeración

En las cámaras de combustión del motor, la energía química del combustible es convertida en energía calórica, que a su vez se transforma en energía cinética. El calor puede ser intenso, hasta mil grados. El calor se dispersa y en muchas partes del motor pueden producirse temperaturas altas. Es preciso disipar el calor excesivo para que el motor no se caliente y sufra daños¹⁴.

Figura 25. Sistema de refrigeración



Hoy en día la mayoría de motores son refrigerados por medio de líquidos y en algunos casos por aire.

- **Refrigeración por aire**

La refrigeración por aire se usa frecuentemente en motocicletas y automóviles de tipo pequeño y principalmente en los que en sus motores los cilindros van dispuestos horizontalmente. En las motocicletas, es aprovechado el aire que

¹⁴Mecánica del Automóvil. <http://mecanicayautomocion.blogspot.com/2009/03/sistemas-de-refrigeracion.html>

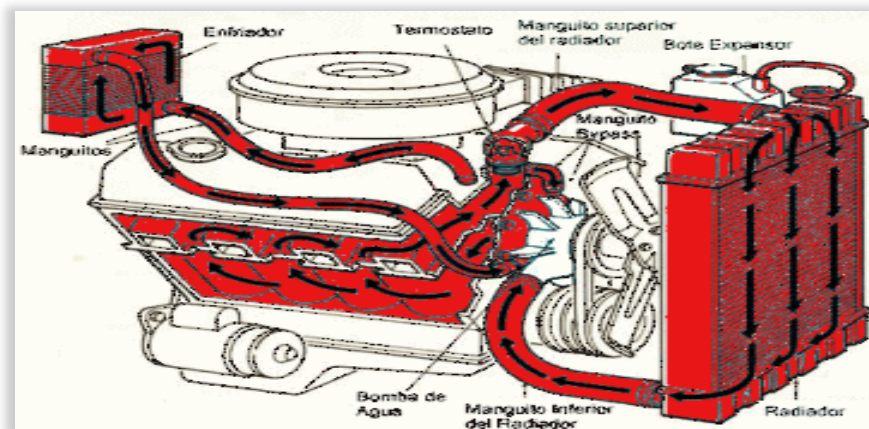
producen, cuando están en movimiento. En los automóviles pequeños la corriente de aire es activa por un ventilador y canalizada hacia los cilindros.

Los motores que se refrigeran por aire suelen pesar poco y ser muy ruidosos, se enfrían y calienta con facilidad¹⁵.

- **Refrigeración por líquido**

La refrigeración por líquido (agua o refrigerante) viene acompañada de Una bomba que es activada por el cigüeñal del motor, que bombea un refrigerante en el bloque del motor y la culata a través de canales. El refrigerante absorbe el calor y fluye hasta un radiador situado detrás de la calandra del automóvil. El refrigerante sale del radiador hacia un gran número de tubos estrechos que son enfriados por el aire que genera el movimiento del automóvil. Se utiliza un ventilador para crear una corriente de aire alrededor del radiador en caso que el automóvil no tenga la suficiente velocidad para generar el efecto de refrigeración adecuado. Este ventilador suele ser eléctrico y está regulado por un termostato, es decir, se conecta cuando la temperatura sobrepasa un punto determinado.

Figura 26. Circulación del sistema de refrigeración¹⁶.



¹⁵Mecánica del automóvil, Refrigeración.

<http://www.almuro.net/sitios/Mecanica/refrigeracion.asp?sw07=1>

¹⁶Mecánica del Automóvil. <http://mecanicayautomocion.blogspot.com/2009/03/sistemas-de-refrigeracion.html>

3.1.1.2 Sistema de admisión y escape.

Los equipos de admisión y escape están divididos en el sistema de admisión y el sistema de escape. El sistema de admisión consiste en un purificador de aire que remueve el polvo del aire del múltiple de admisión, que conduce la mezcla aire-combustible a cada uno de los cilindros.

El sistema de escape consiste en un múltiple de escape, el cual recolecta los gases de escape cuando son extraídos desde los cilindros, la tubería de escape, la cual extrae estos gases de escape al aire exterior, el silenciador, el cual reduce el nivel de ruido del escape.

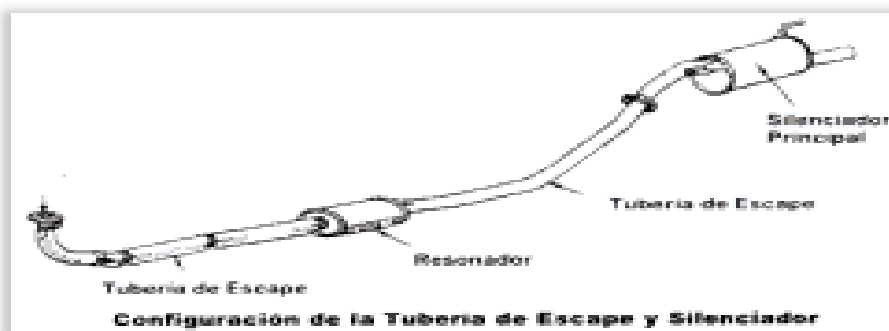
- **Múltiple escape**

El múltiple de escape posee un conducto para que todos los gases de escape salgan de los cilindros para ser conducidos a la tubería de escape. Es necesario que este múltiple sea conformado para que el flujo de gases de escape de cada uno de los cilindros salga fácilmente.

- **Tubería de escape y silenciador.**

Desde que los gases salen de cada uno de los cilindros tienen una alta temperatura y están a alta presión. Si ellos son extraídos al aire exterior libremente, el vehículo haría ruido de sonido explosivo. A fin de prevenir esta condición, un silenciador es instalado en el sistema de escape.

Figura 27. Configuración de la tubería de escape y silenciador¹⁷.



¹⁷3]Mayz Acosta, Edgar, Conocimientos Básicos de Automóviles.
<http://www.automotriz.net/tecnica/conocimientos-basicos-10.html>

3.1.1.3 Sistema de lubricación.

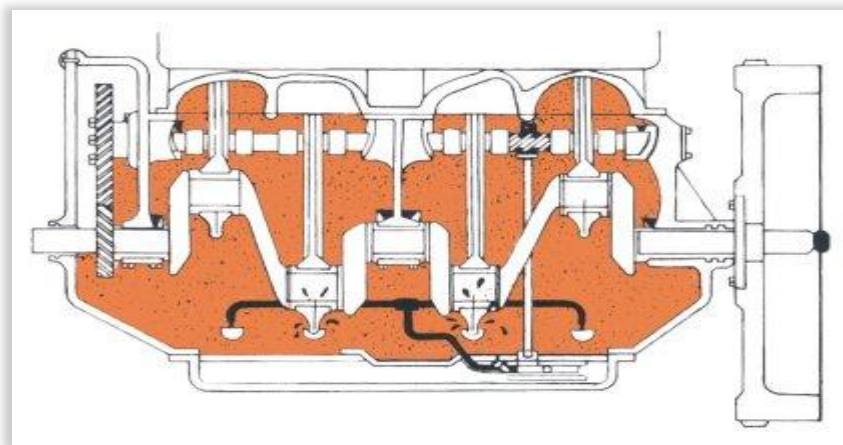
La función del sistema de lubricación es evitar el desgaste de las piezas del motor, creando una capa de lubricante entre las piezas, que están siempre expuesta a rozamiento, con el fin de mantenerlas lubricadas y evitar desgastes prematuro en cada uno de los componentes del motor.

Se denominan sistemas de lubricación a los distintos métodos de distribuir el aceite por las piezas del motor. Se distinguen los siguientes:

- **Salpicadura**

Resulta poco eficiente y casi no se usa en la actualidad (en solitario). Consiste en una bomba que lleva el lubricante del cárter a pequeños "depósitos" o hendiduras, y mantiene cierto nivel, unas cuchillas dispuestas en los codos del cigüeñal "salpican" de aceite las partes a engrasar.

Figura. 28 sistema de lubricación motor

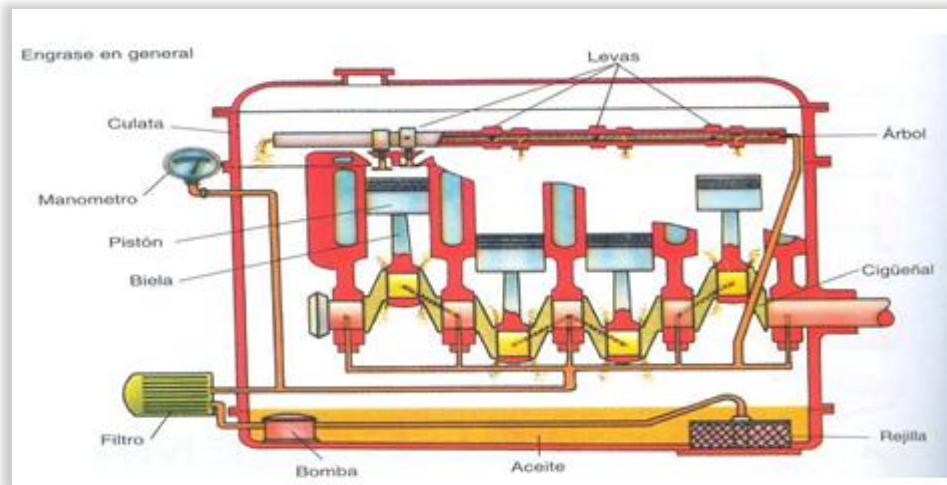


- **Sistema de Presión**

Es el sistema de lubricación más usado. El aceite llega impulsado por la bomba a todos los elementos, por medio de unos conductos, excepto al pie de biela, que asegura su engrase por medio de un segmento, que tiene como misión raspar las

paredes para que el aceite no pase a la parte superior del pistón y se queme con las explosiones¹⁸.

Figura 29 Esquema de lubricación.



- **Sistema a presión total**

Es el sistema más perfeccionado. En él, el aceite llega a presión a todos los puntos de fricción (bancada, pie de biela, árbol de levas, eje de balancines) y de más trabajo del motor, por unos orificios que conectan con la bomba de aceite.

3.1.1.4 Elementos de un circuito de lubricación.

- **Bomba de aceite**

Su misión es la de enviar el aceite a presión y en una cantidad determinada. Se sitúa en el interior del cárter y toma movimiento por el árbol de levas mediante un engranaje o cadena. Existen distintos tipos de bombas de aceite:

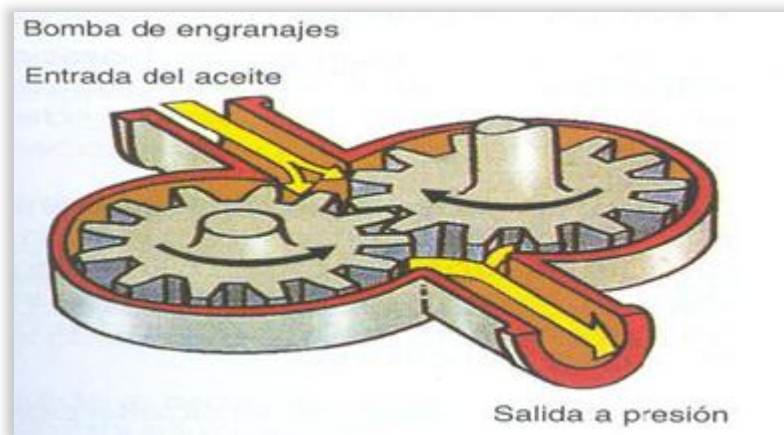
¹⁸Mecánica del Automóvil, Sistema de Lubricación.

<http://mecanicayautomocion.blogspot.com/2009/02/engrase-indice-introduccion-aceites.html>

- **Bomba de engranes**

Es capaz de suministrar una gran presión, incluso abajo régimen del motor. Está formada por dos engranajes situados en el interior de la misma, toma movimiento una de ellas del árbol de levas y la otra gira impulsada por la otra. Lleva una tubería de entrada proveniente del cárter y una salida a presión dirigida al filtro de aceite.

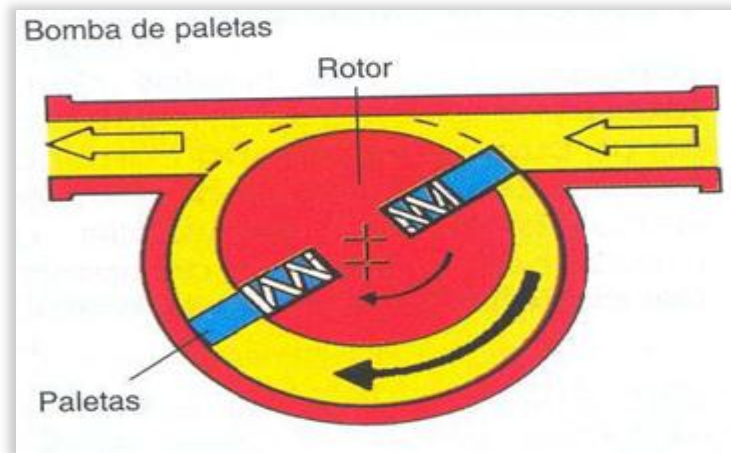
Figura 30 Bomba de engranaje.



- **Bomba de paletas**

Tiene forma de cilindro, con dos orificios (uno de entrada y otro de salida). En su interior se encuentra una excéntrica que gira en la dirección contraria de la dirección del aceite, con dos paletas pegadas a las paredes del cilindro por medio de dos muelles (las paletas succionan por su parte trasera y empujan por la delantera).

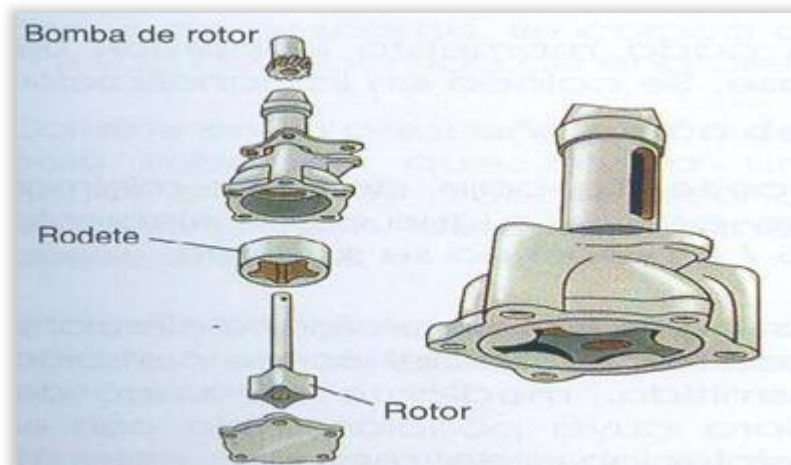
Figura. 31 Bombas de paletas



- **Bomba de lóbulos**

También es un sistema de engranajes pero interno. Un piñón (rotor) con dientes, el cual recibe movimiento del árbol de levas, arrastra un anillo (rodete) de cinco dientes entrantes que gira en el mismo sentido que el piñón en el interior del cuerpo de la bomba, aspira el aceite, lo comprime y lo envía a una gran presión. La holgura que existe entre las partes no debe superar las tres décimas de milímetro.

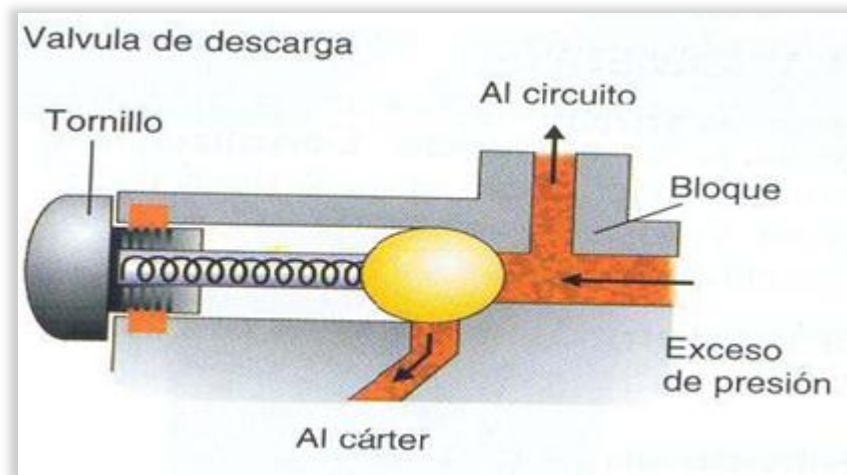
Figura 32. Bomba de rotor



- **Válvula limitadora de presión**

También se puede denominar válvula de descarga o reguladora, va colocada en la salida de aceite de la bomba de aceite. Su misión es cuando existe demasiada presión en el circuito abre y libera la presión.

Figura 33 Válvula de descarga



- **Filtro de aceite**

El aceite en su recorrido por el motor va recogiendo partículas como:

- ✓ Partículas metálicas (desgaste de las piezas)
- ✓ Carbonilla y hollín (restos de la combustión)

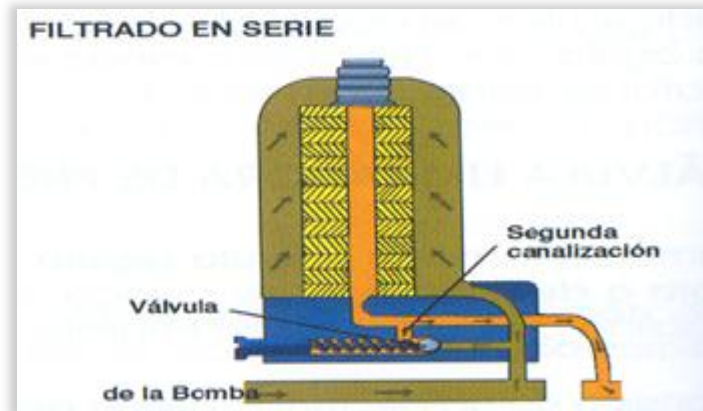
El aceite debe ir limpio de vuelta al circuito y este dispone de dos filtros:

- ✓ Un filtro antes de la bomba (rejilla o colador)
- ✓ Un filtro después de la bomba (filtro de aceite o principal)

El filtrado puede realizarse de dos maneras: en serie y en derivación.

Filtrado en serie: todo el caudal de aceite pasa por el filtro. Es el más utilizado.

Figura 34. Filtrado en serie



Filtrado en derivación: solo una parte del caudal de aceite pasa por el filtro.

Figura 35. Filtrado en derivación.



Los filtros van provistos de un material textil y poroso y van provistos de una envoltura metálica. Los más usados son:

- Con cartucho recambiable
- Monoblockf
- Centrífugo

3.2 TRANSMISIÓN.

El sistema de transmisión es el conjunto de elementos que tiene la misión de hacer llegar el giro del motor hasta las ruedas motrices. Con este sistema también se consigue variar la relación de transmisión entre el cigüeñal y las ruedas. Esta relación se varía en función de las circunstancias del momento (carga transportada y el trazado de la calzada). Según como intervenga la relación de transmisión, el eje de salida de la caja de velocidades (eje secundario), puede girar a las mismas revoluciones, a más o a menos que el cigüeñal.

El cigüeñal es una de las partes básicas del motor de un coche. A través de él se puede convertir el movimiento lineal de los émbolos en uno rotativo, lo que supone algo muy importante para desarrollar la tracción final a base de ruedas, además de recibir todos los impulsos irregulares que proporcionan los pistones, para después convertirlos en un giro que ya es regular y equilibrado, unificando toda la energía mecánica que se acumulan en cada una de las combustiones. Si el árbol de transmisión gira más despacio que el cigüeñal, diremos que se ha producido una desmultiplicación o reducción y en caso contrario una multiplicación o súper-marcha¹⁹.

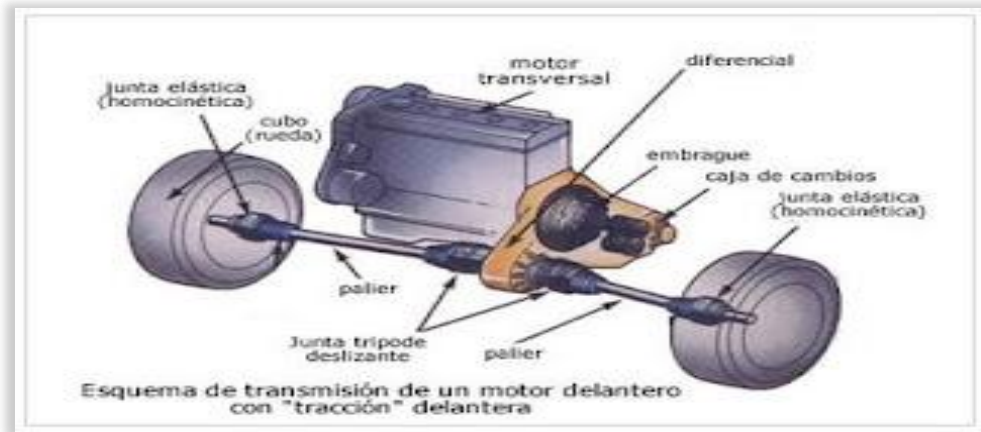
3.2.1 Tipos de transmisión

3.2.1.1 Motor delantero y tracción

Sus ruedas delanteras son motrices y directrices y no posee árbol de transmisión. Este sistema es muy empleado en turismos de pequeña y mediana potencia.

¹⁹[1]Mecánica del Automóvil. <http://mecanicayautomocion.blogspot.com/2009/03/el-sistema-de-transmision.html>

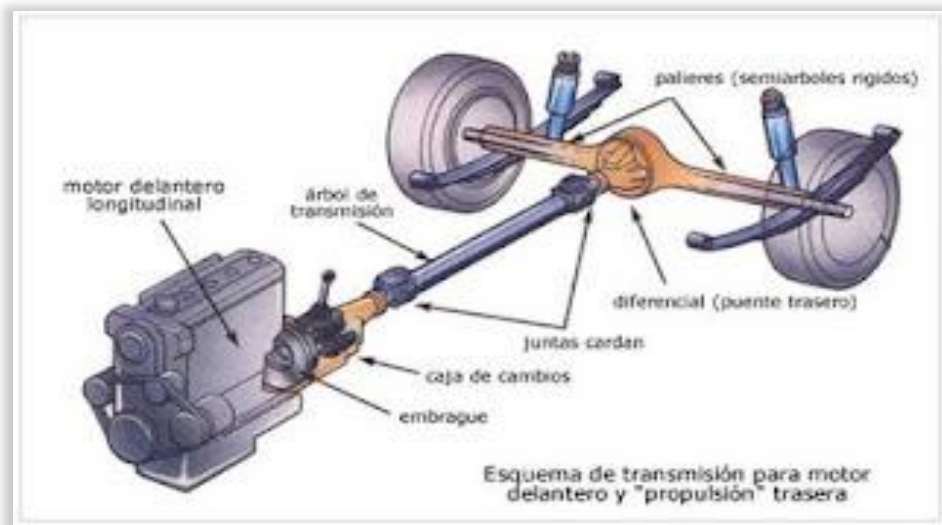
Figura 36. Esquema de transmisión de un motor delantero con tracción delantera



3.2.1.2 Motor delantero y propulsión

Las ruedas motrices son las traseras, y dispone de árbol de transmisión. Su disposición es algo más compleja, utilizándose en camiones y turismos de grandes potencias.

Figura 37. Esquema de transmisión para motor delantero y propulsión trasera



3.2.1.3 Motor trasero y propulsión

Sus ruedas motrices son las traseras y tampoco posee árbol de transmisión. Este sistema apenas se emplea en la actualidad por problemas de refrigeración del motor.

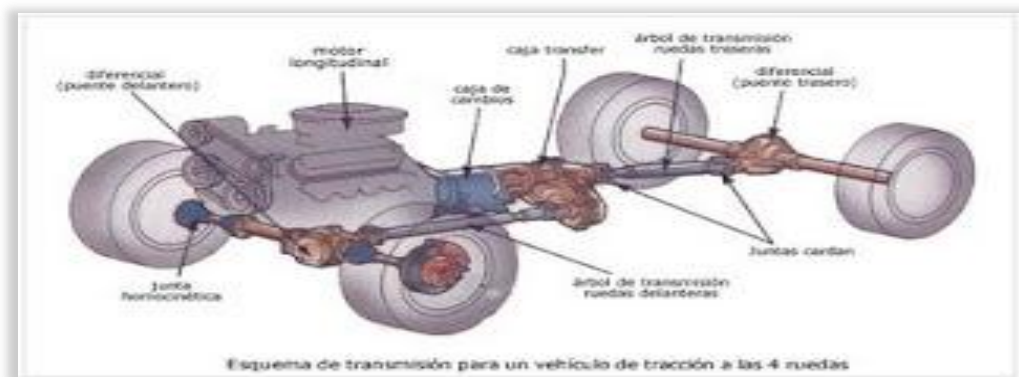
3.2.1.4 Propulsión doble

Utilizado en camiones de gran tonelaje, donde la mayor parte del peso está soportado por las ruedas traseras y mejor repartidas. Este sistema consiste en colocar dos puentes traseros y motrices evitando así colocar un solo grupo cónico de grandes dimensiones. De esta manera el esfuerzo a transmitir por cada grupo cónico se reduce a la mitad, reduciéndose las dimensiones sobre todo las del par-cónico.

3.2.1.5 Transmisión total

Los dos ejes del vehículo son motrices. Los dos puentes o ejes motrices llevan un diferencial cada uno. Con esta transmisión pueden, a voluntad del conductor, enviar el movimiento a los dos puentes o solamente al trasero. Este sistema se monta frecuentemente en vehículos todo terreno y en camiones de grandes tonelajes sobre todo los que se dedican a la construcción y obras públicas.

Figura 38. Esquema de transmisión para un vehículo de tracción a las 4 ruedas.



3.2.2 Elementos del sistema de transmisión

Para describir los elementos de transmisión, consideramos un vehículo con motor delantero y propulsión ya que en este el montaje emplea todos los elementos del sistema de transmisión:

3.2.2.1 Embrague

Tiene la misión de acoplar y desacoplar, a voluntad del conductor, el giro del motor de la caja de cambios. Debe transmitir el movimiento de una forma suave y progresiva, sin que se produzcan tirones que puedan producir roturas en algunos elementos del sistema de transmisión. Se encuentra situado entre el volante de inercia (volante motor) y la caja de velocidades. Dentro de la gran variedad de embragues existentes, cabe destacar los siguientes:

- Embragues de fricción.
- Embragues hidráulicos.
- Embragues electromagnéticos.
- Embrague de fricción mono disco de muelles
- Embrague de disco

3.2.2.2 Caja de velocidades

Es la encargada de aumentar, mantener o disminuir la relación de transmisión entre el cigüeñal y las ruedas, en función de las necesidades, con la finalidad de aprovechar al máximo la potencia del motor.

3.2.2.3 Función de la caja de velocidades

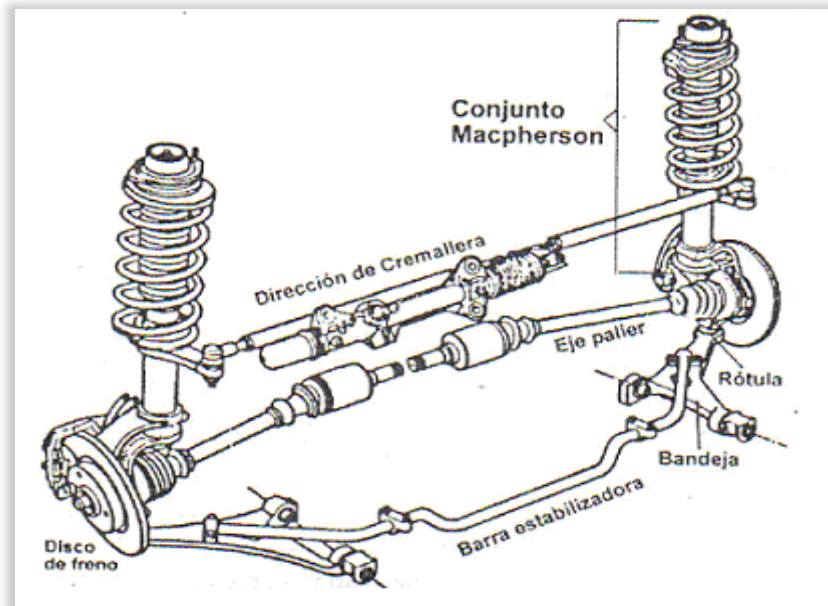
La misión de la caja de cambios es convertir el par motor. Es, pues, un convertidor o transformador de par. Un vehículo avanza cuando vence una serie de fuerzas que se oponen a su movimiento, y que constituyen el par resistente. El par motor y el resistente son opuestos. La función de la caja de cambios consiste en variar el

par motor entre el motor y las ruedas, según la importancia del par resistente, con la particularidad de poder intervenir en todo momento y conseguir el desplazamiento del vehículo en las mejores condiciones²⁰.

3.3 SISTEMA DE SUSPENSIÓN

La suspensión tiene como misión que las irregularidades del terreno no llegue a la carrocería del vehículo o lo hagan lo más disminuidas posible. Para ello, entre las ruedas y el bastidor, se coloca un medio elástico de unión, medio elástico que se deformará con el peso del vehículo y con la inercia del mismo al elevarse o bajarse como consecuencia de las irregularidades del pavimento.

Figura 39. Sistema de suspensión.



En efecto, si las ruedas suben o bajan, como consecuencia de las irregularidades del terreno, el medio elástico debe absorber estas irregularidades para que el

²⁰ Mecánica del Automóvil. <http://mecanicayautomocion.blogspot.com/2009/03/el-sistema-de-transmision.html>

ascenso o descenso de la carrocería sea el menor posible. Además se evitan las brusquedades por la acción de los amortiguadores.

Denominamos suspensión al conjunto de elementos elásticos que se interponen entre los órganos suspendidos y no suspendidos. Existen otros elementos con misión amortiguadora, como son los neumáticos y los asientos. Los elementos de la suspensión han de ser lo suficientemente resistentes y elásticos para aguantar las cargas a que se ven sometidos sin que se produzcan deformaciones permanentes ni roturas y también para que el vehículo no pierda adherencia con el suelo.

Los elementos fundamentales en toda suspensión son:

- Muelles.
- Amortiguadores.
- Barras estabilizadoras.

Son elementos colocados entre el bastidor y lo más próximo a las ruedas, que recogen directamente las irregularidades del terreno, absorbiéndolas en forma de deformación. Tienen que tener buenas propiedades elásticas y absorber la energía mecánica, evitando deformaciones indefinidas²¹.

3.3.1 Suspensión delantera 4X4.

3.3.1.1 Suspensión independiente.

Este sistema es más moderno y complejo. Su funcionamiento se basa en unir las ruedas al chasis por medio de un sistema de sujeción rígido que incluya un resorte elástico. A su vez este sistema no debe comunicarse con la rueda opuesta, de manera que las dos queden unidas al chasis pero no entre sí, de ahí el nombre de suspensión independiente. Sus configuraciones son múltiples, puede ser Mc

²¹Sistema de suspensión de Automóvil. <http://www.microcaos.net/ocio/motor/el-sistema-de-suspension-del-automovil/>

pherson, multibrazo, de doble trapecio, de brazo simple. Se pueden disponer en el eje delantero y en el trasero²². El resorte elástico que absorba las irregularidades puede ser un muelle, una barra de torsión o un actuador neumático, sin embargo no suele ser una ballesta, que están asociadas al eje rígido. También se pueden disponer barras estabilizadoras con la misma función que en caso del eje rígido. Las ventajas de este tipo de suspensión son que ofrece una gran estabilidad y comodidad al vehículo. En contra tiene que son más complicadas y con más elementos que mantener, con lo cual sus reparaciones y modificaciones son más costosas. Además el coche no mantiene una altura constante al suelo ya que al trabajar la suspensión y no estar unidas las ruedas entre sí por algo rígido la altura total del coche está constantemente cambiando. En cuanto a recorridos, tarado y eficacia off-road, dejando de lado el tema de la altura libre, se pueden dejar a nivel del eje rígido.

3.3.1.2 Suspensión trasera 4X4

- **Eje Rígido**

Es el sistema más antiguo de los dos y también el empleado mayoritariamente hasta ahora. Su esquema es sencillo. Se trata, como su propio nombre indica, de un eje no flexible que conecta las dos ruedas. Este eje, se encuentra a su vez conectado al chasis por medio de un elemento elástico, que pueden ser muelles, ballestas o, en los modelos más modernos, actuadores neumáticos, que son los encargados de absorber las diferencias de altura del terreno. Además, y para garantizar la estabilidad del eje, se añaden otros elementos de sujeción, como son tirantes (encargado de impedir desplazamientos y giros en el plano longitudinal del coche), barras Panhard (encargada de impedir desplazamientos en el sentido transversal del coche) y barras estabilizadoras (encargadas de limitar la diferencia de altura con respecto al chasis de las ruedas entre si y de ese modo los

²²Suspensión 4x4. <http://www.rebeldes4x4.com/t2389-la-suspension-en-un-4x4>

balanceos de la carrocería). El conjunto final se modera con unos amortiguadores que limiten el efecto elástico de los resortes²³.

Entre las ventajas de este tipo de ejes está que mantienen mejor la altura libre al suelo, ya que esta viene dada normalmente por el diferencial, que marca el punto más expuesto. Además es un sistema más elemental por lo que resulta más sencilla su reparación y su modificación. Es el más indicado para el 4x4 puro pero presenta desventajas de estabilidad y comodidad a la hora de salir a carretera o circular por pistas rápidas y bacheadas. Tradicionalmente se ha dicho que ofrecen mayores recorridos que las suspensiones independientes, lo cual no es del todo cierto como veremos más adelante.

3.3.2 Sistema de frenos.

Los discos de freno son una pieza clave en cuanto a seguridad en el vehículo se refiere, es necesario tenerlos siempre en perfecto estado ya que son los que permiten detener el vehículo. Dichos discos van anclados a la rueda del vehículo manteniendo su capacidad rotatoria, a la hora de frenar las pinzas de freno y ferodos situadas a ambos lados del disco hacen presión sobre éste, ayudados a su posición fija sobre el eje que une ambas ruedas, y por tanto disminuye la rotación tanto del disco como de la rueda dependiendo de la fuerza que el conductor genere sobre el pedal del freno.

3.3.2.1 Discos ventilados

Los discos de freno al tener un uso continuo generan cierta cantidad de calor y por tanto un fenómeno determinado fading, que es traducido en una pérdida de eficacia de frenado, con lo que la respuesta de los frenos no es la misma que debería. Para intentar solventar en mayor o menor medida éste fenómeno los fabricantes han optado por perforar directamente los discos, o crear unos canales

²³Suspensión 4x4. <http://www.rebeldes4x4.com/t2389-la-suspension-en-un-4x>

que hacen que el aire fluya a través de éstos mejorando así el enfriamiento de los discos y disminuyendo la deficiencia provocada por el uso continuado.

Los discos ventilados son como si se juntasen dos discos, pero dejando una separación entre ellos, de modo que circule aire a través de ellos, del centro hacia afuera, debido a la fuerza centrípeta. Con ello se consigue un mayor flujo de aire sobre los discos y por lo tanto más evacuación de calor²⁴.

- **Freno Tambor**

Los frenos de tambor modernos se inventaron en 1902 por Louis Renault, aunque un tipo de freno similar pero menos sofisticado ya se había usado por Wilhelm Maybach un año antes. En los primeros diseños las zapatas eran dirigidas mecánicamente; a mediados de los años 1930 se introdujo un sistema hidráulico por medio de un aceite especial, si bien el sistema clásico se siguió utilizando durante décadas en algunos modelos.

El freno de tambor es un tipo de freno en el que la fricción se causa por un par de zapatas que presionan contra la superficie interior de un tambor giratorio, el cual está conectado al eje o la rueda.

Los frenos de tambor presentan la ventaja de proteger el sistema contra proyecciones de agua, barro, etc., haciéndoles más idóneos para condiciones climatológicas de nieve o lluvia en caminos o carreteras secundarias.

Actualmente los frenos de tambor se siguen utilizando en los vehículos de gama baja, sobre todo en las ruedas traseras, debido a su menor coste sobre los frenos de disco. En los vehículos de gran tonelaje, con sistemas de frenado por aire a presión, como los camiones, siguen empleándose por la gran superficie de

²⁴Discos de frenos. http://www.tuningpedia.org/Discos_de_freno

intercambio de energía por fricción que presentan, mucho mayor que la de una pastilla de disco²⁵.

- **Sistema de Aire acondicionado**

El sistema de aire acondicionado del vehículo cumple una función de ventilación y de calefacción, climatizando el habitáculo mediante la regulación de la temperatura como también así la humedad.

Su funcionamiento está basado en un sistema de refrigeración por compresor.

El acondicionador de aire instalado en el vehículo está integrado en el sistema de ventilación y calefacción²⁶. Climatizar o acondicionar el aire significa regular la temperatura, la humedad, la pureza y la circulación del aire. Un acondicionador de aire en el vehículo enfría el aire y extrae de éste la humedad y el polvo. Por medio de las unidades manuales o automáticamente combinadas de refrigeración y calefacción el conductor puede regular a su elección la temperatura en el vehículo. El acondicionador de aire trabaja según el principio del sistema de refrigeración por compresor y se compone de los siguientes elementos principales:

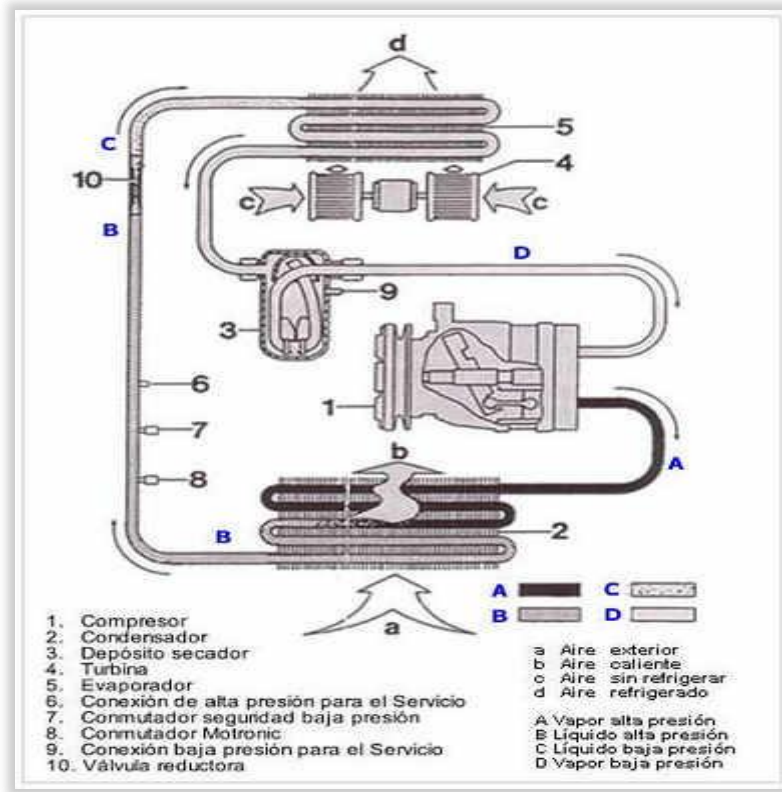
- Compresor, incorporado al motor
- Condensador, instalado delante del radiador
- Evaporador, colocado delante del cuerpo de la calefacción
- Acumulador, instalado en la tubería de aspiración
- Válvula de orificio, instalada en el líquido, delante del evaporador
- Diversos órganos de regulación, tuberías flexibles, agente frigorífico.

²⁵Freno de tambor. http://es.wikipedia.org/wiki/Freno_de_tambor

²⁶Mecánica Info. Como funciona el aire acondicionado.

<http://www.mecanicafacil.info/mecanica.php?id=comoFuncionaElAireAcondicionado>

Figura 40. Sistema aire acondicionado.



El compresor, por medio de su efecto de bombeo a través del acumulador (que a su vez ejerce la función de separador de líquido), aspira del evaporador vapor del agente frigorífico a baja presión y baja temperatura y comprime este vapor a una presión más alta y a una temperatura más alta.

En el condensador, el vapor del agente frigorífico se enfría hasta por debajo del punto de ebullición del agente frigorífico debido al calor que se le ha extraído y se condensa formándose líquido. El agente líquido pasa desde el condensador, por la Tubería para líquido, a la válvula de orificio, que, debido a su paso calibrado (punto de separación entre alta y baja presión)²⁷.

²⁷Tutorial Aire Acondicionado. http://www.taringa.net/posts/autos-motos/8791241/Tutorial-Aire-Acondicionado-del-Auto-_1ra-parte_.html

4 ANALISIS DE LA INFORMACION RECOPIlada.

Es relevante tener en cuenta información relacionada con la disponibilidad de equipos en la mina, como a la vez ciertos aspectos mecánicos observados en estos, por ello además de conocer sobre sus características y condiciones, se hace indispensable identificar las fallas existentes.

4.1 DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS

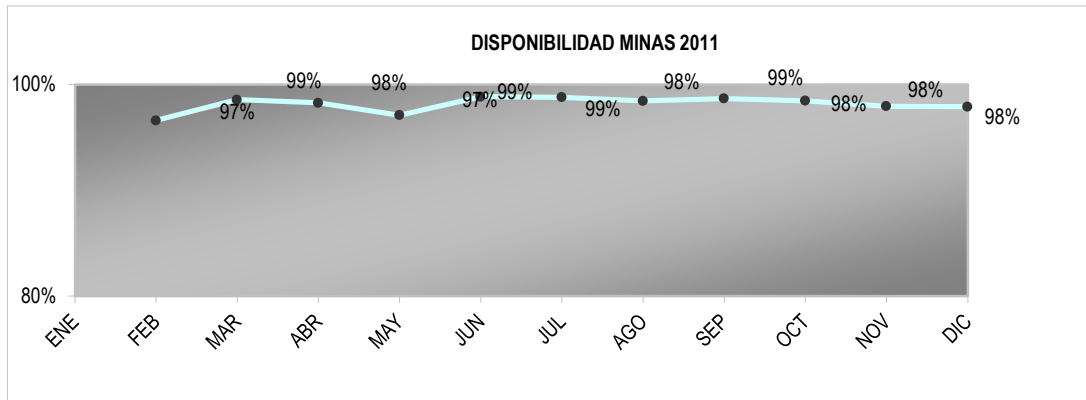
De acuerdo a sus condiciones la flota de equipo liviano se debe mantener una disponibilidad del 99% para que no se afecte las operaciones diarias de las minas, adicionalmente en cada ingreso a taller para mantenimiento preventivo se hace entrega de un vehículos de reserva para mantener la disponibilidad adecuada.

Tabla 5. Disponibilidad minas 2011

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CALENTURITAS	92%	95%	98%	98%	97%	98%	99%	99%	98%	98%	99%	99%
PLJ	97%	98%	100%	98%	97%	100%	99%	98%	100%	99%	97%	97%
TOTAL	95%	97%	99%	98%	97%	99%	99%	98%	99%	98%	98%	98%

Fuente: Prodeco

Grafica 1. Disponibilidad minas 2011



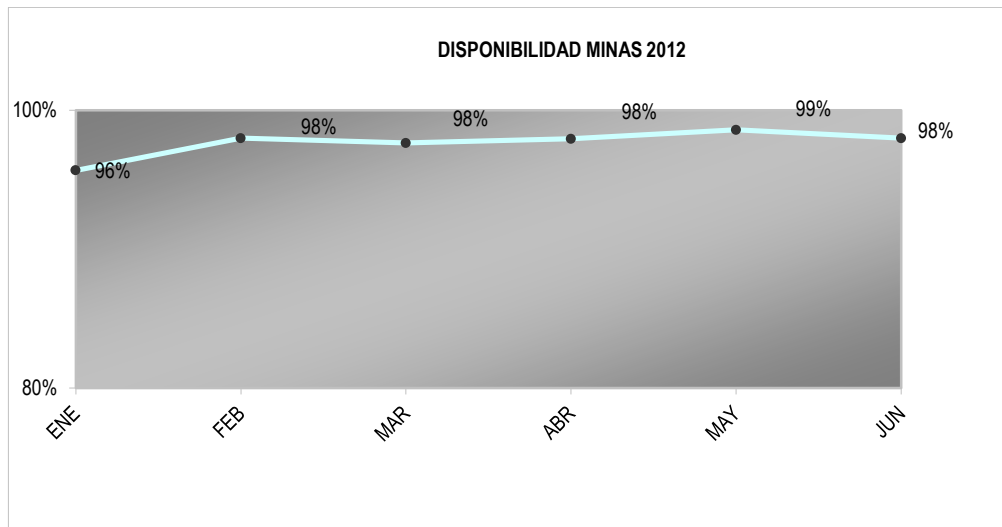
Fuente: prodeco

Tabla 6. Disponibilidad minas 2012

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
CALENTURITAS	94%	99%	95%	98%	98%	98%
PLJ	97%	97%	100%	98%	99%	98%
TOTAL	96%	98%	98%	98%	99%	98%

Fuente: prodeco

Grafica 2. Disponibilidad minas 2012



Fuente: prodeco

En los últimos años los vehículos en las minas han tenido una disponibilidad del 98%, por lo cual se pretende que la disponibilidad llegue a un 99% para así mejorar el uso de estos equipos en las áreas que se requiere. Sin embargo para poder contar con los equipos en una gran proporción se hace pertinente tanto mantenimientos preventivos como correctivos.

4.2 ASPECTOS RELACIONADOS CON MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS Y PREVENTIVOS

De acuerdo a las operaciones realizadas en los últimos años, a estos equipos se les ha practicado una serie de mantenimientos correctivos y preventivos, Sin embargo es fundamental el planteamiento de un análisis en relación a la

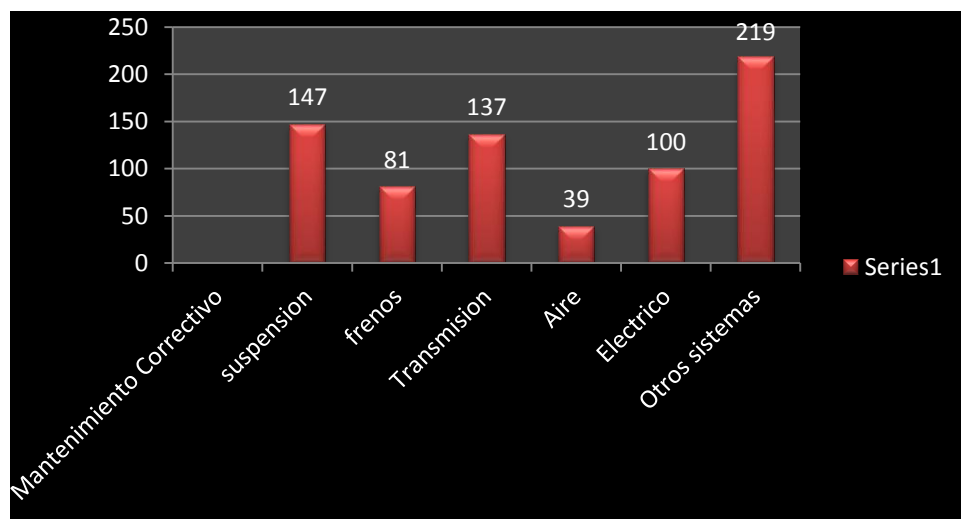
planificación de ciertas actividades y los resultados históricos obtenidos tanto para el mantenimiento preventivo como el correctivo. De acuerdo a los antecedentes existentes en las dos minas en donde opera Prodeco, Las Jaguas y calenturita, para poder identificar la situación que se refleja en esta dos zonas, se realizo una analice de los mantenimientos realizados a nivel general, tal como se ilustra a continuación y después un recuento de los mantenimientos realizados en cada zona, específicamente teniendo en cuenta una muestra de 20 vehículos 10 de cada zona. En términos generales se puede decir que dentro de los mantenimientos correctivos practicados en las dos minas se tiene la siguiente información

Tabla 7. Mantenimientos correctivos

Mantenimiento Correctivo	
suspensión	147
frenos	81
Transmisión	137
Aire	39
Eléctrico	100
Otros sistemas	219
Total	723

Fuente: Prodeco

Grafica 3. Tipos de mantenimientos correctivos practicados en la mina



Fuente: Prodeco

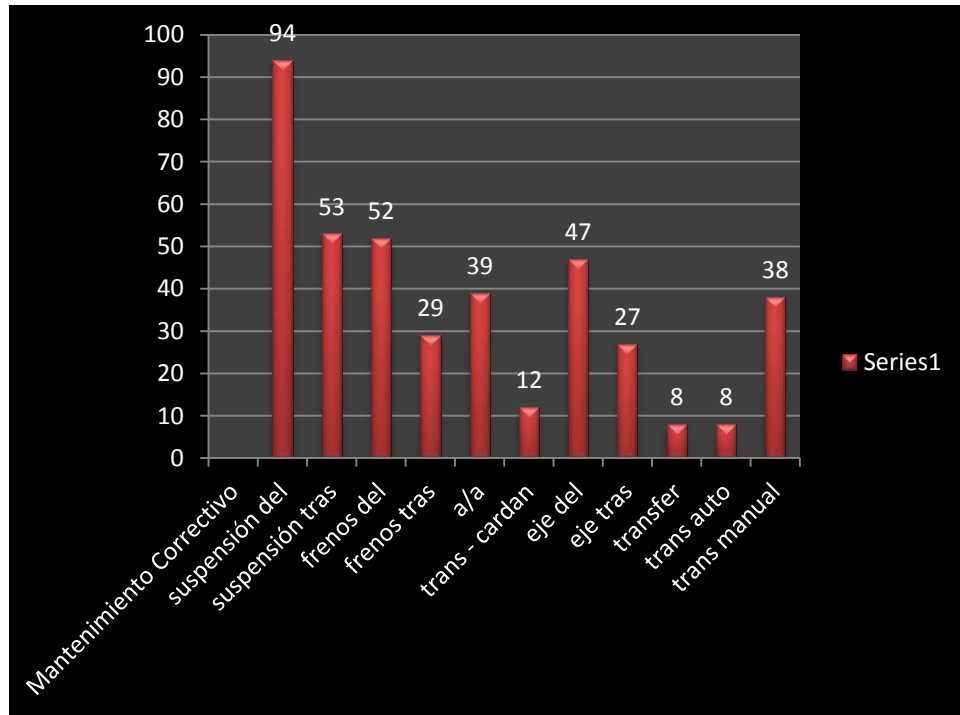
Tabla 8. Discriminación de mantenimiento correctivo

Mantenimiento Correctivo	
suspensión del	94
suspensión tras	53
frenos del	52
frenos tras	29
a/a	39
trans- cardan	12
eje del	47
eje tras	27
Transfer	8
trans auto	8
trans manual	38

Fuente: Prodeco

Se debe tener en cuenta que dentro de los mantenimientos correctivos practicados en la mina la suspensión, la transmisión, la parte eléctrica y los frenos, fueron los mantenimientos que más se practicaron los últimos años

Grafica 4. Discriminación de mantenimiento correctivo



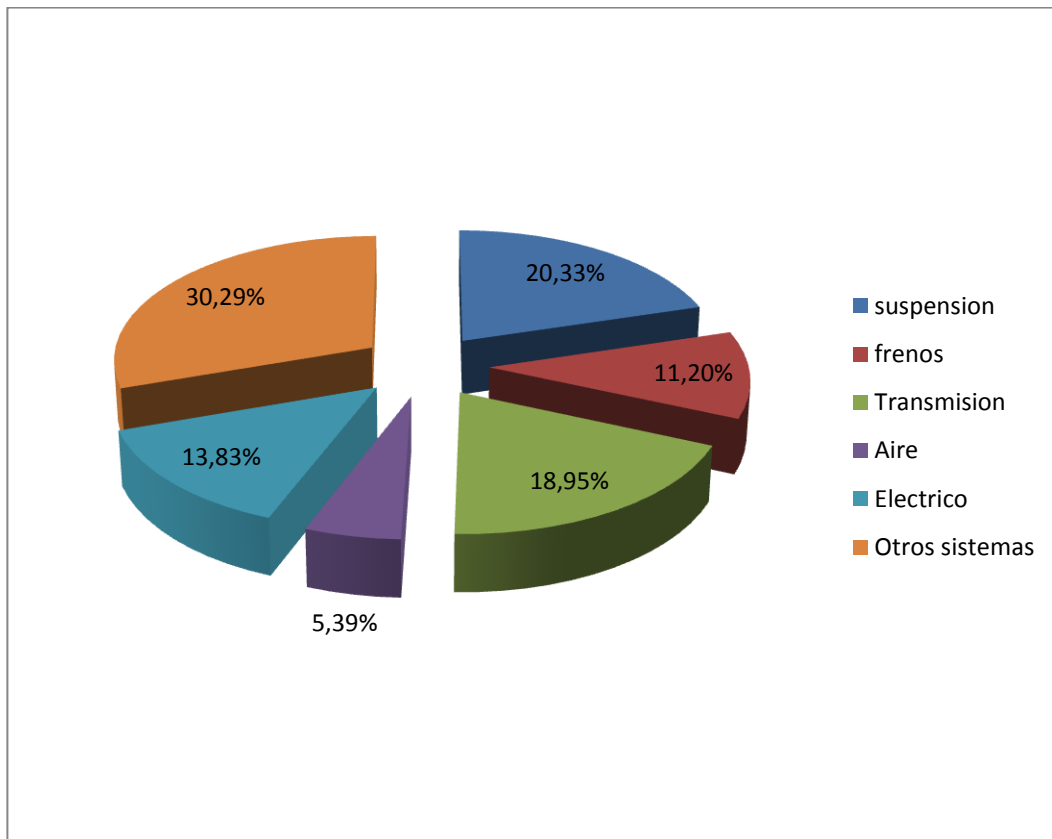
Fuente: prodeco

Tabla 9. Otros sistemas correctivos

OTROS SISTEMAS CORRECTIVOS	
COMBUSTIBLE	63
DIRECCION	56
EMISIONES	3
ESCAPE	19
FRENO MOTOR	1
REFRIGERACION	44
RUEDAS	32
TURBO	1
TOTAL	219

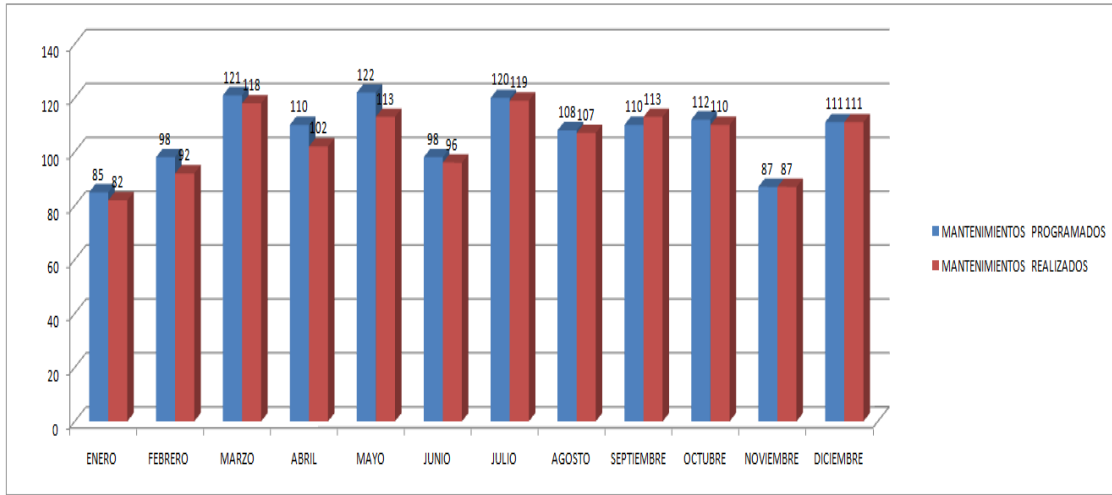
Fuente: Prodeco

Grafica 5. Otros sistemas correctivos



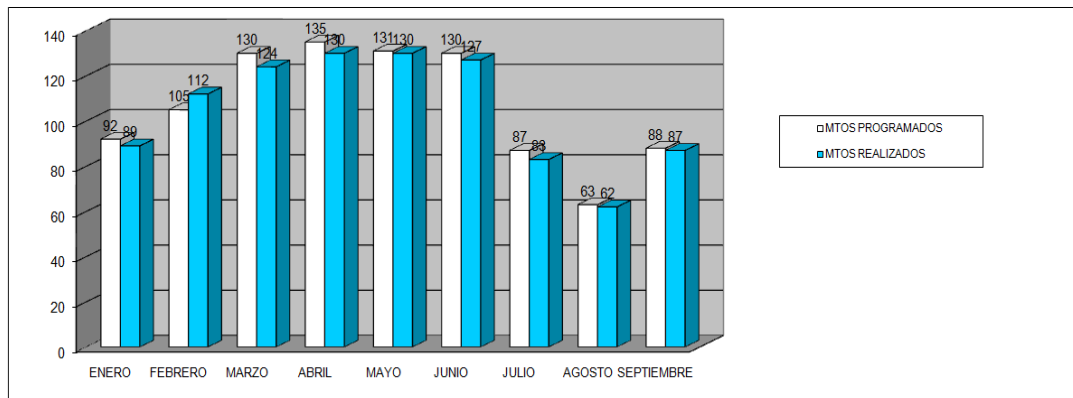
Fuente: Prodeco

Gráfico 6. Mantenimiento preventivo del 2011



Fuente: Prodeco

Gráfico 7. Mantenimiento preventivo del 2012



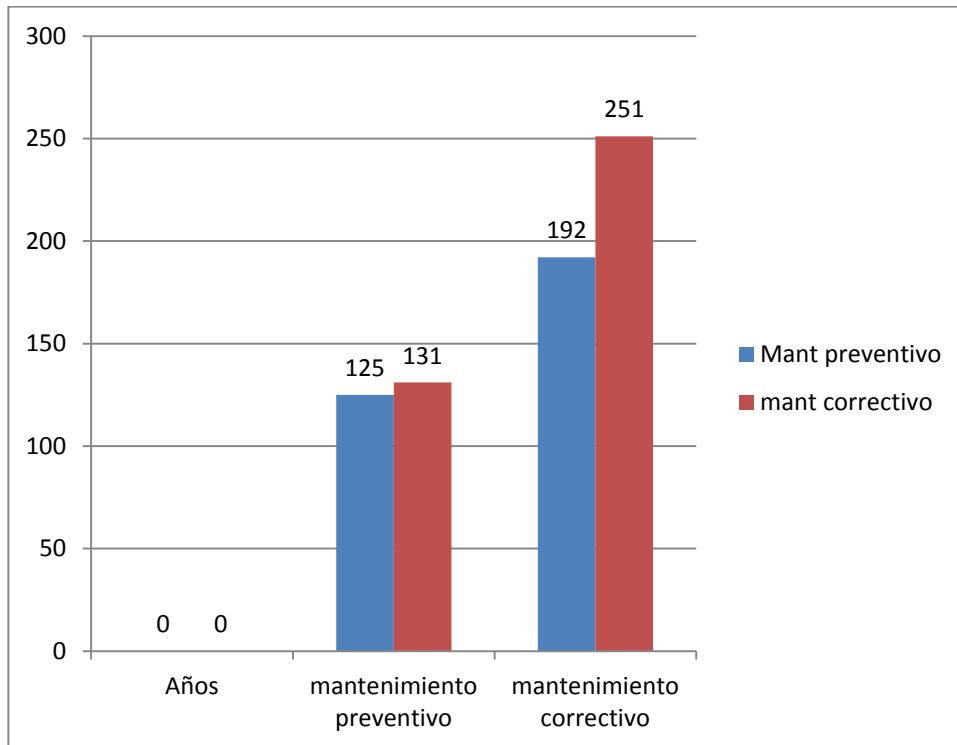
Fuente: Prodeco

Analizando las dos graficas se refleja que los mantenimientos programados y realizados presentan ciertas características y la diferencia entre una y otra no es muy variada.

4.3 MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS Y CORRECTIVOS (mina Calenturita)

A continuación se ilustra de acuerdo al análisis de una muestra de 10 vehículos, en la mina Calentura la variación de los mantenimientos realizados en los años 2011 y 2012 hasta este momento.

Grafica 8. Mantenimiento preventivo y correctivo mina Calenturita

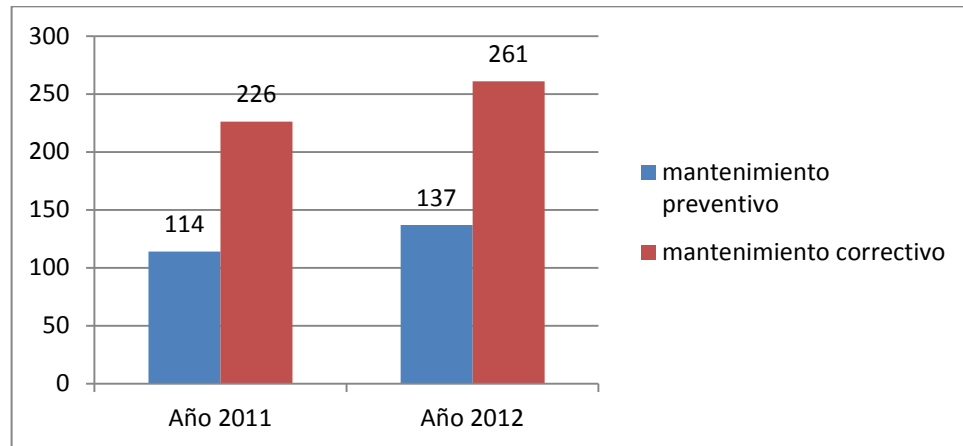


Fuente:Prodeco

De acuerdo a la gráfica anterior, tanto en mantenimiento preventivo como el correctivo ha aumentado en el último año, especialmente el correctivo. Ver discriminación por vehículo en anexo.

4.4 MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS Y CORRECTIVOS (mina la Jagua)

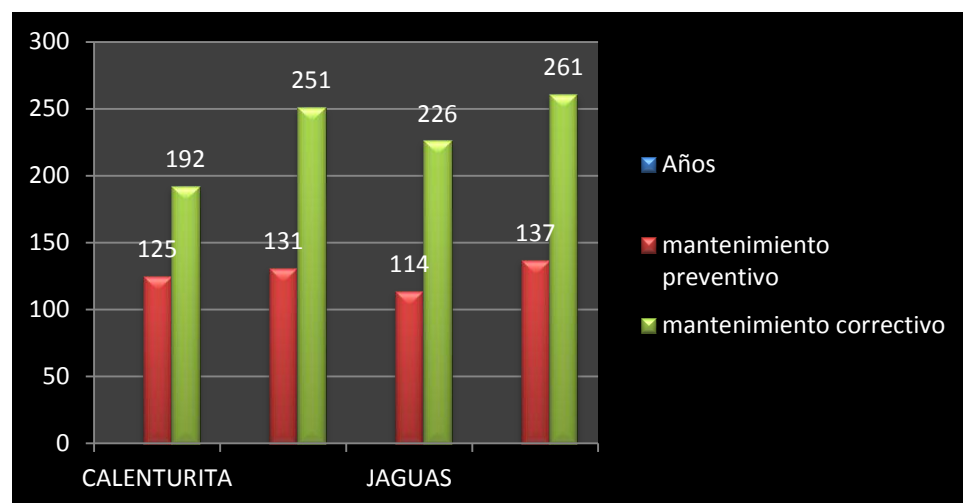
Grafica 9. Mantenimiento preventivo y correctivo mina Jagua



Fuente: Prodeco

Como caso particular en esta mina, los mantenimientos correctivos son mucho mayores que los preventivos, aproximadamente de acuerdo a la proporción se podría decir que de forma aproximada lo doblaga.

Grafica 10. Comparativo Mantenimiento preventivo y correctivo minas Calenturita- Jagua



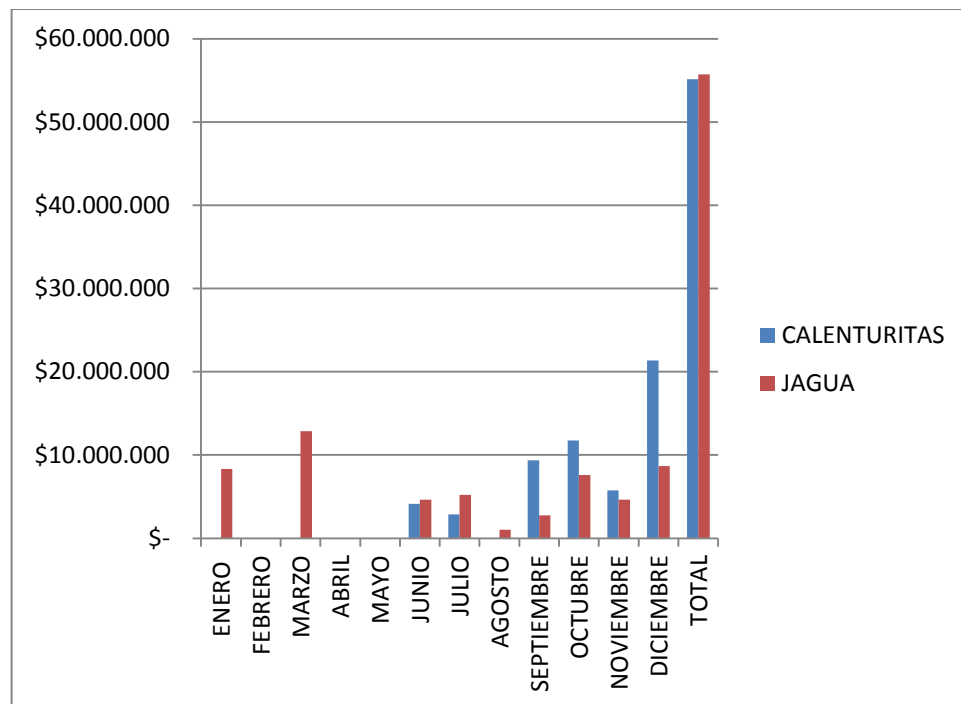
Fuente: Prodeco

Teniendo como punto de análisis a la dos minas en conjunto, se evidencia que el mantenimiento que más se práctica de acuerdo al número de frecuencia determinado por veces que los vehículos entran a reparación es el correctivo. Y entre las dos minas la que más practica mantenimiento correctivo es la mina las Jagua.

4.5 COSTOS DE MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS

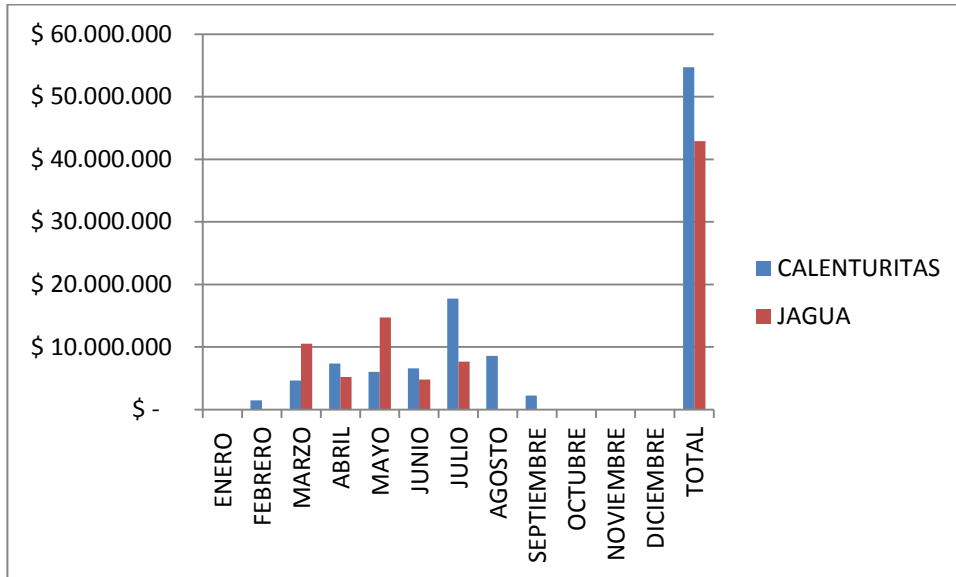
Teniendo en cuenta aspectos relacionados con el mantenimiento se evidencia una serie de costos, identificados en cada uno de las minas.

Grafica 11. Costos por daños año 2011



Fuente: Prodeco

Grafica 12. Costos por daños año 2012



Fuente: Prodeco

Analizando las dos graficas de los años 2011 y 2012 respectivamente, se observa que los costos para el año 2011, para las dos minas fueron parecidas, sin embargo en lo que del año 2012, la mina Calenturita ha tenido mayores costos en cuanto al costo de mantenimiento correctivo

Además de la anterior información, en la compañía se cuenta con una serie de estudios realizados en los últimos años los cuales se muestran a continuación.

4.6 ESTUDIOS REALIZADOS A LOS EQUIPOS LIVIANOS

Estos estudios buscan como fin encontrar los problemas que se presentan para así buscar las posibles soluciones de mejoras. Inicialmente se empezó auditorias por los mantenimientos preventivos realizados a las contratistas, daños presentados a los vehículos (daños en chasis), estudio de marcas de los vehículos

para uso en mina. Las auditoria y estudios fueron realizados por la Universidad Autónoma del Caribe del programa de ingeniería mecánica.

4.6.1 Auditoria de mantenimientos realizados a las contratistas²⁸

Con este estudio se pretende evaluar el estado técnico – mecánico y la gestión de mantenimiento de las camionetas de los contratistas, así mismo identificar posibles fallos de los componentes de las camionetas.

Se identificaron diferentes problemas los cuales generan inconvenientes en el óptimo funcionamiento de los equipos. Como son los siguientes:

- El 54 % de las camionetas del contratista presenta recorrido excesivo en el freno de emergencia.
- El 70 % presenta la defensa delantera mal ajustada y el 15 % presenta la defensa trasera dañada o con problemas de corrosión.
- El 30 % de las camionetas no tiene el protector interno lado izquierdo llanta delantera del guardabarros. Recuérdese que la falta de este elemento es una causa importante de fallas prematuras en los motores de las camionetas.
- El 45 % presenta mala instalación eléctrica, principalmente en la acometida de la antena del Buggy, en la antena del radio y en la Baliza del techo.
- El 30 % presenta llantas en mal estado.
- El 55 % presenta Embrague muy alto o ahorcado. Esto evidencia desconocimiento por parte de los mecánicos de los mantenimientos preventivos para desgradarlo oportunamente y evitar daños prematuros del disco de embrague, la balinera y la prensa.
- El 10 % presenta bajo nivel del aceite y el 40 % aceite excesivamente negro y con carbonilla, claro indicador de que los cambios no se realizan de manera

²⁸ Auditoria de mantenimiento Ing. Antonio Saltarin Jiménez e Ing. William Arnedo Sarmiento. Universidad Autónoma del Caribe. Año 2009.

oportuna. Dos camionetas presentan sobre nivel por descarga anormal del filtro de aceite.

- 20 % presenta encendido retrasado. Esto evidencia mal mantenimiento de los sistemas de filtrado y genera excesivas reparaciones de los motores de arranque.
- El 80 % presenta sellado imperfecto de la carcasa del filtro de aire. Esto es una causa de daño prematuro del motor.
- El 90 % de las camionetas no posee el caucho tope de la tijera inferior.

Figura 41. Mala instalación eléctrica en los vehículos



Figura 42. Mal sellado de los filtros de aire

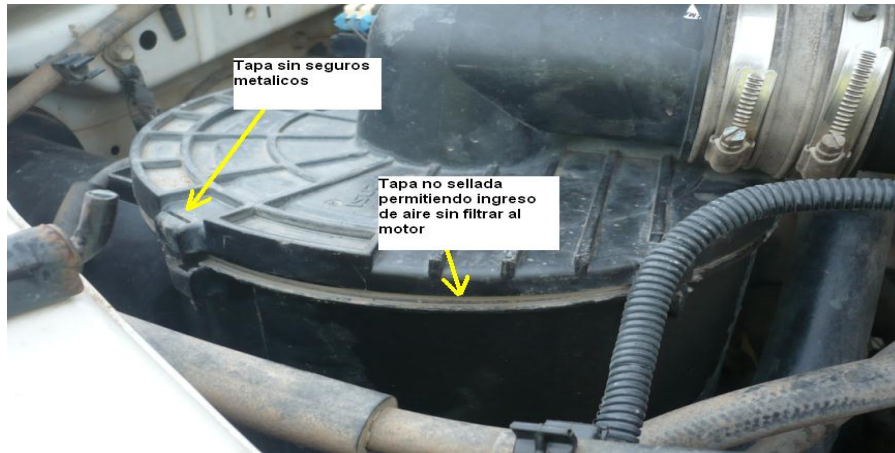


Figura 43. Desgaste de llantas y asegurada con tuerca faltantes



Se realizaron análisis de falla para identificar la causa de las fallas y su encadenamiento en el tiempo para determinar la causa raíz. Con esto se busca eliminar el problema presentado en los vehículos. Se pudo identificar daños en la barra de torsión, embragues y motor.

Figura 44. Diagrama Causa – Raíz rotura barra torsión de la suspensión delantera

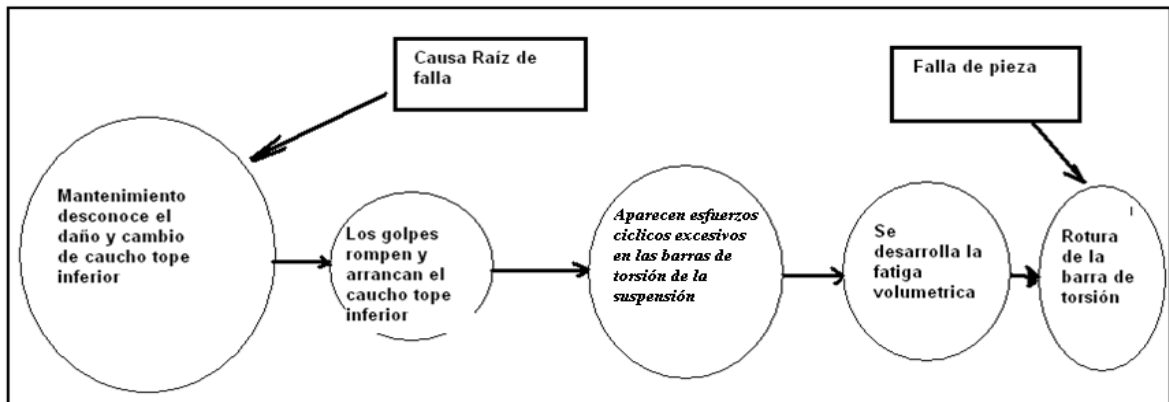


Figura 45. Diagrama causa – raíz daño de embrague.

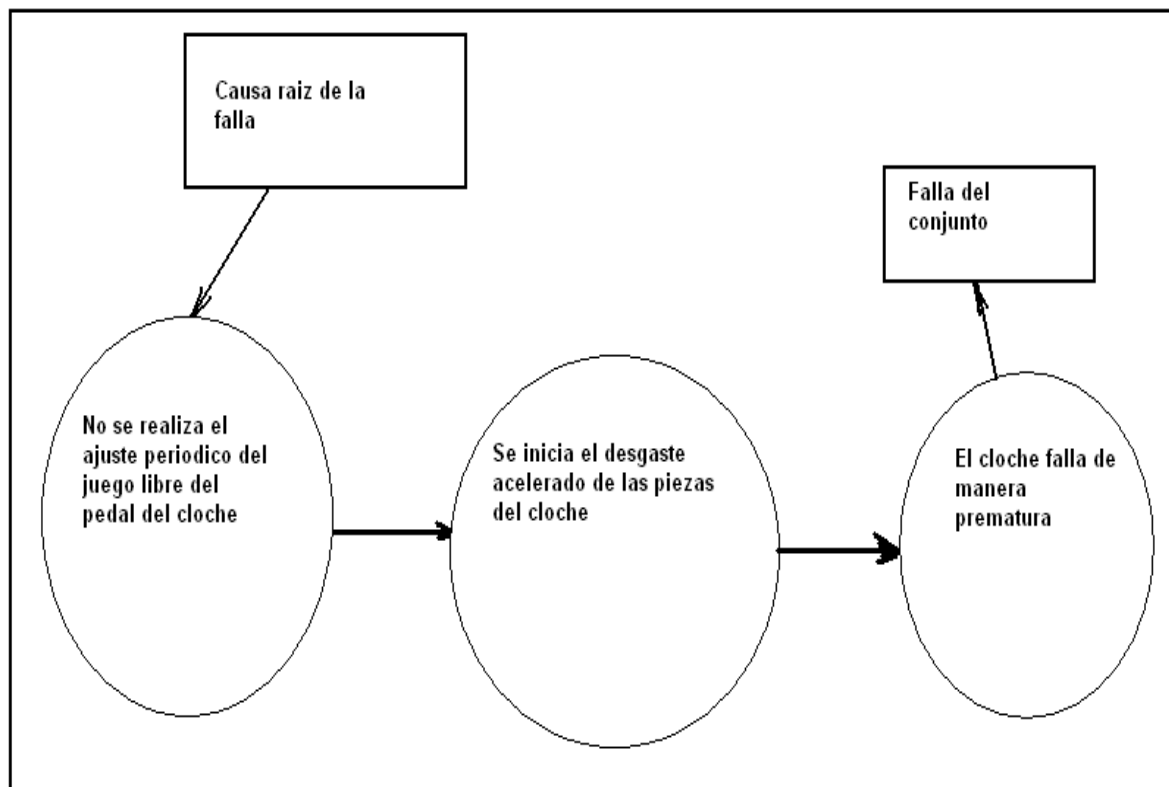
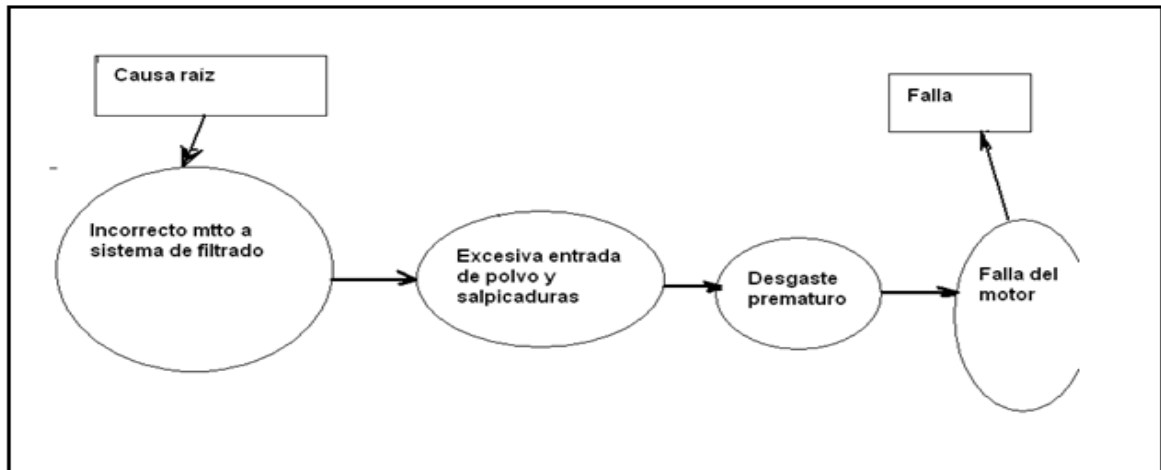


Figura 46. Diagrama causa – raíz falla de motor



En esta auditoría y los análisis realizados, sacaron las siguientes conclusiones:

- El personal mecánico desconoce el manual de las marcas utilizadas no lo han leído, ni lo conocen. Siendo esto la fuente de conocimiento confiable que sugiere cada marca, esas precisamente son las condiciones que de existir derivan en las fallas crónicas, repentinas y costosas, normalmente fruto de la ignorancia, las cuales afectan negativamente la rentabilidad de cualquier sistema productivo.
- Falta mayor capacitación en el personal mecánico debido a que su conocimiento es básico y son muy jóvenes.
- Para la rotura de la barra de torsión y problemas de suspensión lo que mantenimiento debe hacer es Inspeccionar y cambiar oportunamente los cauchos topes de las tijeras inferiores. Las operaciones preventivas están garantizadas en este caso, porque el caucho tope primero se parte y dura un tiempo así antes de finalmente desprenderse de su base metálica, este tiempo es suficiente para detectar visualmente su deterioro y cambiarlo oportunamente

si se está consciente de su importancia para obtener y prolongar la vida útil de las piezas según lo define el fabricante en su libreta de garantía y mantenimiento.

- En el caso de los embragues esto se deben inspeccionar periódicamente por el mecánico el juego libre del embrague y ajustarlo a su recorrido normal cada vez que detecte que el pedal de cloche inicia la tendencia a ahorcarse. La prueba del embrague es suficiente para que un mecánico experimentado detecte el real estado del cloche, este técnico debe ser capaz de decidir cuando el cloche ha llegado a su vida límite al juzgar por la posición de los elementos de graduación.
- Para que el motor tenga una mayor duración se debe modificar la ubicación de la boca de admisión de aire al motor por encima de 65 cms. sobre el suelo. En la práctica se puede ingresar a casi cualquier charco de los existentes en la mina, los cuales por lo observado no superan los 55 cms de profundidad en los casos más graves. Se debe garantizar el sellado del filtro de aire y operar el motor realizando cambios entre 2800 y 3200 RPM.
- Realizar operaciones preventivas, predictivas y modificativas para eliminar y controlar las consecuencias de las fallas que se evidencien como de tipo crónico. Las actividades a cargo del departamento de mantenimiento en lo referente a la parte técnica en general son: Actividades preventivas como inspecciones, limpiezas, mediciones, ajustes, cambio programado de piezas. Actividades correctivas como las reparaciones por varadas e imprevistos, las reparaciones en el taller y otras. Actividades predictivas como análisis de vibraciones, termografía, análisis de aceite y similares. Actividades detectives como pruebas de estado y funcionalidad de partes o sistemas de control y seguridad que pueden presentar fallas del tipo oculto y actividades

modificativas como cambio de piezas o disposiciones originales por otras que se sabe producen mejoras que sirven para eliminar los daños crónicos o repetitivos. De lo observado en los talleres de mantenimiento el único tipo de actividades que realizan son las de tipo correctivo. Esta manera de trabajar en la gestión de mantenimiento normalmente genera baja disponibilidad y costosos daños de los equipos que se utilizan en las operaciones productivas.

- Realizar análisis de aceites para determinar el kilometraje adecuado para los cambios. En esto solo es necesario realizar un muestreo y procesado estadístico a varios análisis de aceites en diferentes camionetas con replicas en cada una de las tomadas para la muestra, con esto se puede definir la frecuencia de cambio que garantiza máxima protección para los motores con costos mínimos de mantenimiento, los ahorros alcanzados pagan con creces los análisis de aceite que se deben realizar por un periodo de al menos tres meses.

4.6.2 Estudio de daño presentado en el chasis²⁹

La camioneta de marca NISSAN FRONTIER presentan problemas de aparición de grietas y posterior propagación que requiere de reparación del chasis, daño que es inadmisibles porque es un componente estructural y no una pieza de recambio.

Este tipo de daños disminuye ostensiblemente la disponibilidad y confiabilidad de los vehículos, Resultando las reparaciones (solución actual) del problema sumamente costoso.

²⁹ Chasis. Ing. Antonio Saltarin Jiménez e Ing. William Arnedo Sarmiento. Universidad Autónoma del Caribe. Año 2010.

Figura 47. Daño de la estructura (chasis)

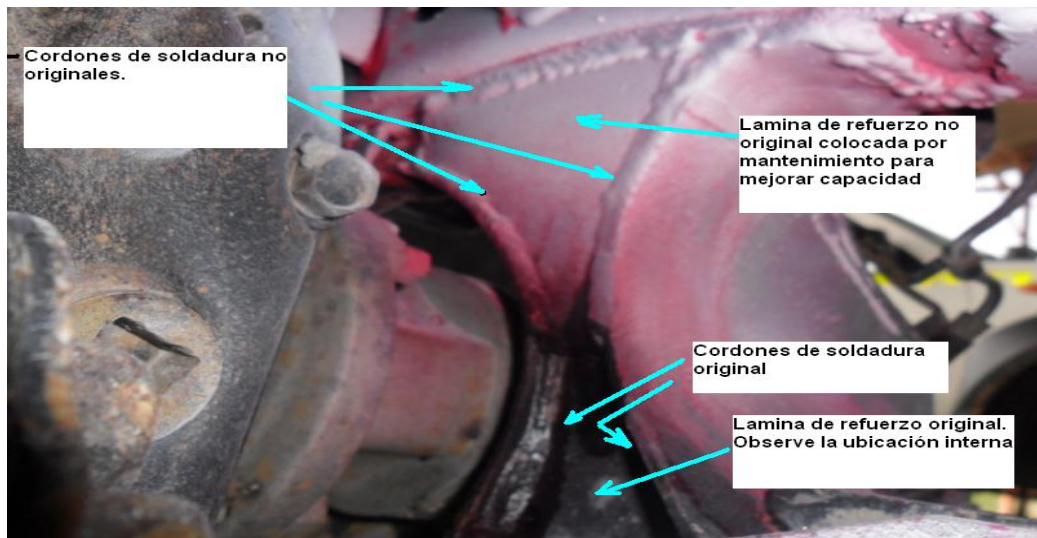


Figura 48. Suspensión vehículos Nissan 4x4

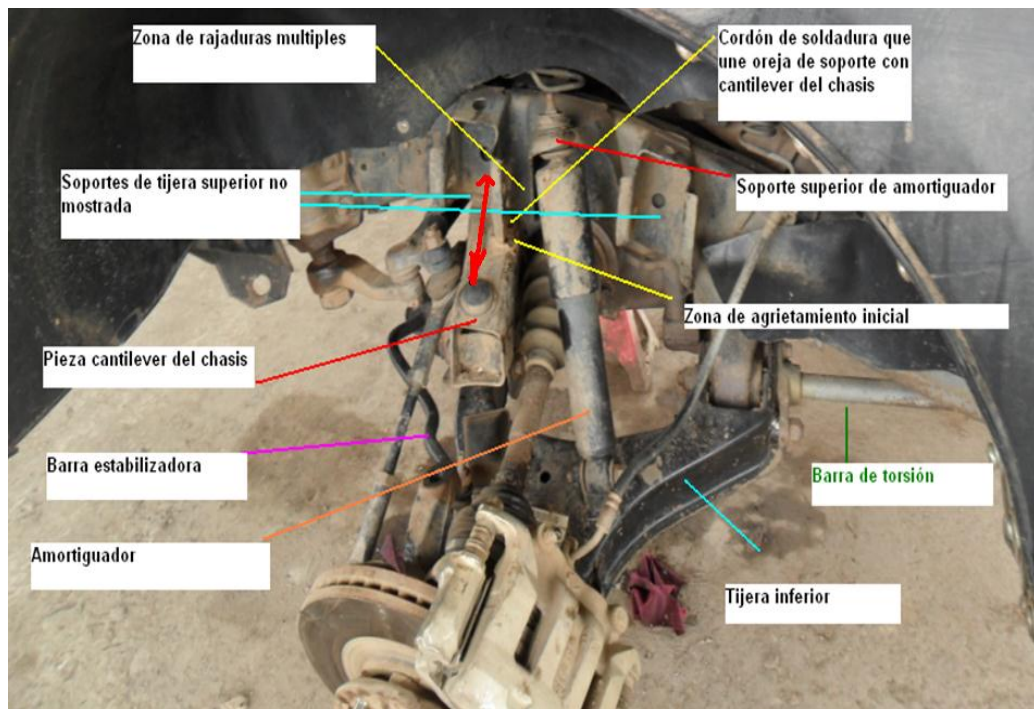


Figura 49. Cordón de soldadura donde se presenta el problema de las grietas.

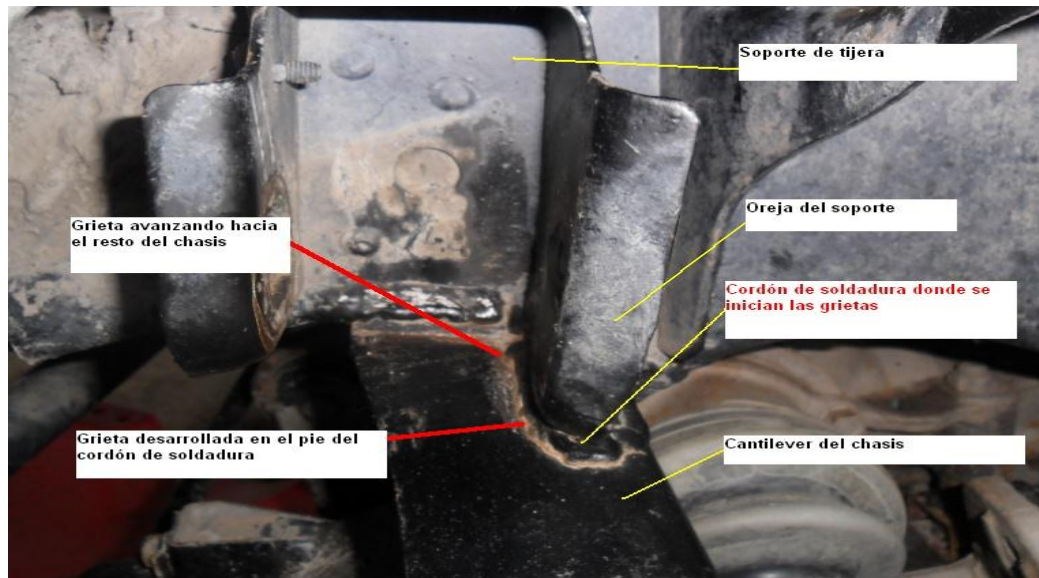


Figura 50. Chasis con grietas

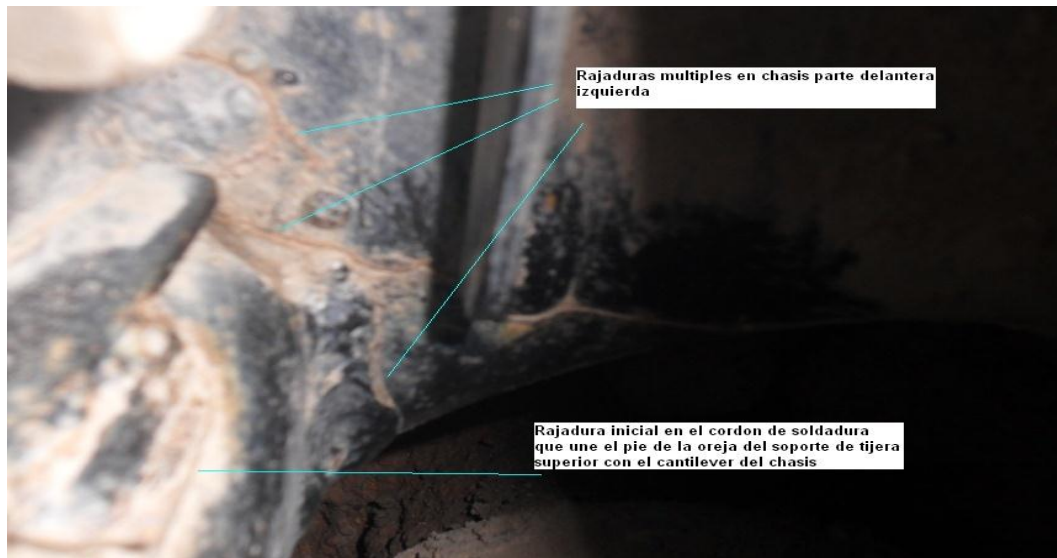


Figura 51. Puente Golpeado

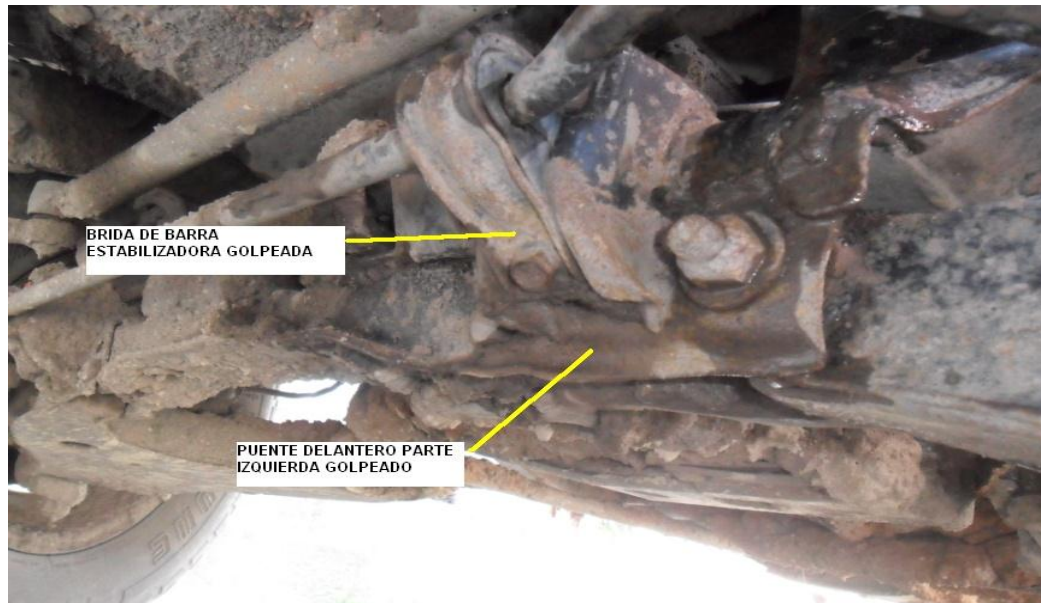
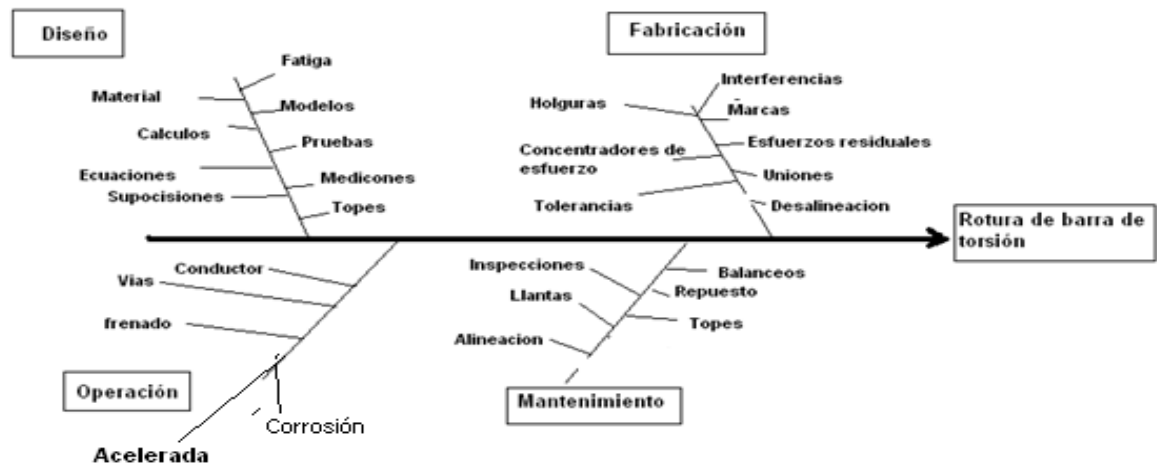


Figura 51. Carter golpeado



Basados en RCFA Se tiene que las causas de fallas son múltiples dadas las primeras evidencias pero se enmarcan en las áreas de: Diseño, Fabricación, operación y mantenimiento.

Figura 52. Diagrama Causa – efecto (RCFA)



Para la realización de este estudio se tuvo en cuenta diferentes pruebas de laboratorio como son: composición química, ultra sonido, tintas penetrantes, metalografía, ensayo de tensión, ensayo de dureza, ensayo de impacto y ensayo de fatiga, el cual arrojaron los siguientes posibles soluciones de dicho problema:

1. Utilizar barras de torsión de 1 1/4 de pulgada de diámetro.
2. Utilizar tope caucho para tijera inferior del tipo con huecos (fabricarlo especial) y con altura total que permita un espacio máximo entre tijera y cantiléver de 25 milímetros.
3. Graduar barra de torsión para que el espacio entre tijera superior y tope superior este entre 15 y 20 milímetros.

4. Instalar pechera que anule golpes al puente delantero, al puente de la caja y el Carter del motor.
5. Pintar chasis con producto de calidad para eliminar corrosión.
6. Alinear cada mes máximo y cambiar piezas desgastadas (esféricas, bujes y tornillos) si las graduaciones llegan al límite. También revisar por agujeros expandidos.
7. Pintar y mantener libre de óxidos las barras de torsión en los radios de acuerdo.
8. Arreglar soporte pie de amigo para eliminar espacio y sueldar aliviando con tratamiento térmico local los esfuerzos residuales. Reforzar con lámina de 4 mm.
9. Reparar cordones de soldadura mal aplicados y pulirlos al ras o con radios de acuerdo mínimos de 5 milímetros para eliminar la concentración del esfuerzo. Especial cuidado con el cordón de la oreja del soporte de tijera superior.
10. Pintar para que los cordones aplicados no se oxiden y debiliten y agrieten las piezas soldadas.

4.6.3 Estudio de marca de los vehículos³⁰.

Con este estudio se realizó un análisis comparativo basado en aspectos técnicos y económicos del grupo de camionetas. Las marcas utilizadas fueron: Toyota Hilux, Volkswagen Amarok, Mazda BT 50, Nissan Frontier y Chevrolet D,max, todas en versión Diesel 4x4, mecánicas. El interés de la empresa más que todo se centra en alcanzar la máxima disponibilidad del parque automotor y así mismo evaluar los resultados técnicos – económicos, para determinar cuál es la camioneta de mejor desempeño en disponibilidad durante el periodo de uso de tres años y las condiciones de minería.

³⁰ Marca de Vehículo Ing. Antonio Saltarin Jiménez e Ing. William Arnedo Sarmiento. Universidad Autónoma del Caribe. Año 2011.

En la siguiente tabla se encuentra la calificación de cada marca y sus diferentes aspectos:

Tabla 10. Comparativo de vehículos según marcas.

NORMAS COMPLEMENTARIAS Y FACTORES PARA MEDIR LA FIABILIDAD	TOYOTA HILUX	VOLSWAGEN AMAROK	MAZDA BT 50	NISSAN FRONTIER	CHEVROLET D,MAX
PESO DEL VEHÍCULO	5	1	3	3,5	3,5
DISTANCIA MÍNIMA AL SUELO	5	1,5	1,2	1,7	1,2
RANGO	4,2	5	2	3	3,9
DURACION DEL EMBRAGUE	5	3	3,6	3	4
CONTROL DE LEVAS.	4	4	4	5	4
OTROS FACTORES Y ESTANDARES PARA MEDIR LA FIABILIDAD	TOYOTA HILUX	VOLSWAGEN AMAROK	MAZDA BT 50	NISSAN FRONTIER	CHEVROLET D,MAX
TECNOLOGIA DEL MOTOR	5	4	5	5	4
ACTIVACIÓN DE LA TRANSMISIÓN DUAL.	5	2	5	5	2
SUSPENSION DELANTERA	5	5	4	3	4
SUSPENSIÓN TRASERA.	5	5	5	2	3
DIRECCIÓN	5	5	3	3	3
DURACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE FRENO.	5	5	4	3	3
RUEDAS	5	4	5	5	5
PROTECCIÓN DE FONDO.	5	5	4	2	3
MOTOR DE AIRE.	1	5	1	1	1
POSICIÓN DEL FILTRO DE ACEITE,	3	5	3	3	3
DURACIÓN DEL DIFERENCIAL TRASERO EN MINA.	5	3	2	2	2
PUNTUACIÓN TOTAL DE LOS FACTORES TÉCNICOS ORIGINALES Y COMPLEMENTARIAS	72.5	62.5	54.8	49.2	49.6
FACTORES PARA MEDIR EL RENDIMIENTO	TOYOTA HILUX	VOLSWAGEN AMAROK	MAZDA BT 50	NISSAN FRONTIER	CHEVROLET D,MAX
CAJA DE CAMBIOS,	3	5	3	3	3
POTENCIA / PESO	1	5	4	4,75	3,5
SEGURIDAD VIAL	3	5	3	3	3
DISTANCIA DE FRENADO	4	5	3	3	2

TOTAL DE LOS FACTORES DEL FUNCIONAMIENTO	11	20	13	13.75	11.5
FACTORES PARA MEDIR LOS COSTOS DE OPERACIÓN	TOYOTA HILUX	VOLSWAGEN AMAROK	MAZDA BT 50	NISSAN FRONTIER	CHEVROLET D,MAX
COSTO DE COMBUSTIBLE ESTIMACIÓN DE TRES AÑOS DE USO.	3.9	5	1.5	1.2	3.8
COSTO DE PIEZAS EN RELACIÓN CON SU VIDA ESPERA.	5	3.5	4	3.2	3.2
PUNTUACIÓN TOTAL DE LOS FACTORES DE COSTO	8.9	8.5	5.5	4.4	7
FACTORES DE MEDICIÓN MANTENIBILIDAD RELATIVAS AL COMERCIO	TOYOTA HILUX	VOLSWAGEN AMAROK	MAZDA BT 50	NISSAN FRONTIER	CHEVROLET D,MAX
APOYO PROPIO.	5	3	5	5	5
DURACIÓN DE LA GARANTÍA.	5	5	5	2.5	5
FORMACION DE INGENIEROS DE CONTROL DE CALIDAD.	5	3	5	3	3
PIEZAS CLAVE DISPONIBILIDAD DE ROTACIÓN MODERADO	4	2	4	4	4
DISPONIBILIDAD DE PERSONAL DE SERVICIO.	5	4	4	4	4
TIEMPO DE ENTREGA	5	2	5	4	4
PUNTUACIÓN TOTAL DE FACTORES RELACIONADOS CON LA MANTENIBILIDAD DEL DISTRIBUIDOR	24	16	23	17.5	20
PUNTUACIÓN TOTAL OBTENIDA LA SUMA DE LOS AZULES cajas de colores	116.4	107	96.3	84.65	88.1

Con los resultados obtenidos de los diferentes análisis a las camionetas y de acuerdo al valor en la tabla muestra que para las condiciones de minería, ahorro eficiente en combustible, repuesto y servicio seria la camioneta de marca Toyota Hilux sin dejar a un lado la camioneta VolkswagenAmarok que estaría en un segundo lugar.

Figura 53. Vehículo Toyota Hilux tipo mina.



4.7 RECOMENDACIÓN DEL FABRICANTE

Toda máquina y equipo lleva consigo un manual y recomendaciones del fabricante el cual sirve como guía para realizar un buen mantenimiento, mantener la disponibilidad esperada y una vida útil.

4.7.1 Recomendación de la marca Toyota Hilux.

La marca Toyota en su manual del propietario tiene una serie de recomendaciones, las cuales se deben tener en cuenta para la conservación del vehículo, en este caso ellos tienen diseñado un programa de mantenimiento preventivo a nivel general que lo muestra en la siguiente tabla:

Tabla 11. Mantenimiento preventivo según fabricante Toyota

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO TOYOTA HILUX										
OPERACIONES DE MANTENIMIENTO										I = Inspeccione R = Sustituya, cambie o lubrique L = Lubrique
INTERVALO DE MANTENIMIENTO	LECTURA DEL CUENTA KILOMETROS									MESES
	Lectura del cuantakilometros o meses, en funcion de lo que suceda primero	x 1.000 km	10	20	30	40	50	60	70	
COMPONENTES BASICOS DEL MOTOR										
1	Correa de distribucion (motor diesel)	Cambiar cada 150.000 Km								-
2	Holgura de valvulas (motor diesel)				I				I	48
3	Correas de transmision (motor diesel)	realice una primera inspeccion a los 100.000Km o a los 72 meses; despues de esta primera inspeccion, realice una cada 20.000km o a los 12 meses.								
4	Aceite de motor	R	R	R	R	R	R	R	R	12
		Cambiar cada 5.000Km								6
5	Filtro de aceite del motor	R	R	R	R	R	R	R	R	12
6	Sistema de refrigeracion y calefaccion				I				I	24
7	Refrigerante del motor				I				I	-
8	Tubos de escape y soporte de montaje		I		I		I		I	12
SISTEMA DE ENCENDIDO										
9	Bujias de encendido				R				R	48
10	Bateria	I	I	I	I	I	I	I	I	12
SISTEMA DE COMBUSTIBLE Y CONTROL DE EMISIONES										
11	Filtro de combustible								R	96
12	Sedimentador de agua	I	I	I	I	I	I	I	I	12
13	Filtro de aire	realizar la inspeccion cada 5.000Km cambiar cada 30.000Km								I:6 - R:36
14	Medidor de flujo de aire		I		R		I		R	I: 26 - R:48
15	Humo diesel				I				I	48
16	Tapon del deposito de combustible, conexiones y valvulas del control de vapor de combustible (si el vehiucllo dispone de ello)				I				I	24
17	Recipiente de carbon activo				I				I	24

SISTEMA DE FRENO Y DIRECCION										
18	Pedal del freno y freno de estacionamiento	I	I	I	I	I	I	I	I	6
19	Campanas y zapatas de frenos (incluida campanas y zapatas de frenos de		I		I		I		I	12
20	Pastillas y discos de los frenos	I	I	I	I	I	I	I	I	6
21	Liquido de freno	I	I	I	R	I	I	I	R	I:6 - R:24
22	Liquido del Embrague	I	I	I	I	I	I	I	I	6
23	Tuberia y manguera de los frenos		I		I		I		I	12
24	Bomba de vacio para el servofreno	realizar la inspeccion cada 200.000 Km								-
25	liquido de la servodireccion	I	I	I	I	I	I	I	I	6
26	Volante, varillaje de direccion y caja de direccion		I		I		I		I	12
27	Grasa de los arboles de transmision (incluido el apriete de los pernos)	L	L	L	L	L	L	L	L	6
SISTEMA DE LA TRANSMISION										
28	Fundas del eje propulsor		I		I		I		I	24
29	Juntas esfericas de la suspension y cubierta antipolvo	I	I	I	I	I	I	I	I	6
30	Liquido de la transmision automatica				I				I	24
31	Liquido de la transmision manual				I				I	48
32	Aceite de transferencia				I				I	48
33	Aceite de engranaje diferencial		I		R		I		R	I:12 - R:48
34	Suspension delantera y trasera		I		I		I		I	12
35	Neumatico y Presion de inflado	I	I	I	I	I	I	I	I	6
36	Todas las luces, bocina, limpiaparabrisas y lavaparabrisas	I	I	I	I	I	I	I	I	6
37	Filtro de aire acondicionando		R		R		R		R	-
Cantidad de refrigerante del aire acondicionado			I		I		I		I	12

Tabla 12. Mantenimiento preventivo según fabricante Toyota condiciones severas de terreno

MANTENIMIENTO CON VIAS CON BACHES, BARRO Y POLVO	
Inspección de las zapatas y campanas de frenos	Cada 10.000KM o 6 meses
Inspección de las pastillas y discos de los frenos	Cada 5.000Km o 3 meses
Inspección de los tubos y las manguera de los frenos	Cada 10.000KM o 6 meses
Cambio del aceite de la transmisión	Cada 40.000Km o 48 meses
Inspección del Volante, el varillaje y la caja de dirección	Cada 5.000Km o 3 meses
Lubricación de los árboles de transmisión	Cada 5.000Km o 3 meses
Inspección de las fundas del eje propulsor	Cada 10.000KM o 12 meses
Inspección de la suspensión delantera y trasera	Cada 10.000KM o 6 meses
Apriete de los pernos y las tuercas del chasis y carrocería	Cada 10.000KM o 6 meses
Cambio de aceite de motor	Cada 5.000Km o 6 meses
Cambio del filtro de aceite	Cada 5.000Km o 6 meses
Inspección o cambio del filtro de aire	Cada 30.000Km o 36 meses
Cambio del filtro del aire acondicionado	Cada 15.000Km

5. MODELO DE PROGRAMACION DE MANTENIMIENTO.

De acuerdo a la situación identificada se plantea el diseño de un modelo de programación de mantenimiento que se adapte a las circunstancias que se dan en las minas Calenturita y Las jaguas. Con el fin de garantizar una mayor disponibilidad, identificar y prevenir fallas mayores de las camionetas 4x4 de la mina C.I. PRODECO, se ha propuesto un programa de mantenimiento preventivo que consta de una serie de tareas programadas y actividades precisa, que se adapta a las condiciones de operación (normales y severas), a las cuales se encuentran expuestas las camionetas 4x4, buscando disminuir las pérdidas ocasionadas por las fallas y mantener un indicador de disponibilidad acorde con las exigencias de la empresa y del mercado. Cabe resaltar cuales son las operaciones y que plan de mantenimiento se debe seguir de acuerdo a la condición especificada, para esto tenemos:

- A= Ajustar o cambiar
- I= Inspeccionar y corregir o remplazar si es necesario.
- R= Remplazar
- T= Torquear ó apretar según la especificación.

Los trabajos deben ser realizados, en muchos casos por el operador, cuando se tratan de inspecciones diarias, limpieza, revisión de aceites y líquidos consumibles, engrase rutinario y la detección de ruidos anormales. Para trabajos de cambio de filtros y aceites, chequeo de tensiones de correas, calibraciones rutinarias cambio de partes, ajustes detallados y trabajos de soldadura, se requieren técnicos con cursos básicos y en algunos casos con cursos especializados y con experiencia sobre el equipo, esto con el fin de organizar las actividades de mantenimiento, teniendo en cuenta la complejidad del trabajo a realizar, identificando las que implican más dificultad y asignando el personal adecuado para realizar la tarea. Para esto se propone un diseño de un plan de mantenimiento preventivo que nos ayudará a garantizar una mayor disponibilidad del equipo y reducción de costos por mantenimiento y mano de obra.

Tabla No 13 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CAMIONETAS 4X4 MINA PRODECO

COMPONENTE: MOTOR DIESEL																	
Intervalos de servicio. (Viene dada por la frecuencia de kilometraje)		1.000	5.000	10.000	15.000	20.000	25.000	30.000	35.000	40.000	45.000	50.000	55.000	60.000	65.000	70.000	MESES
Correa Distribución		Reemplazar cada 150.000 km.															
Holgura de Válvulas								I							I		48
Correas Transmisoras					I			I			I				I		12
Filtro de Aceite de Motor	Uso Normal	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	12
	Uso Severo	Reemplazar cada 2.500 km															
Conexiones del sistema de refrigerador y calefactor. Revisar que entre en condensador y radiador esté libre de partículas que impidan el paso del aire. (Después de los 70.000km, realizar inspecciones cada 20,000km),																I	24
Refrigerante de Motor		Reemplazar a las 160.000 km, luego cada 80.000km (Recomendado por fabricante)															
Nivel de refrigerante motor	Agregar solamente agua destilada									I							24
SISTEMA DE ENCENDIDO																	
Batería		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	12
SISTEMA DE COMBUSTIBLE																	
Filtro de Combustible		Reemplazar en cada mantenimiento de los 2.500km															
Sedimentador de Agua			I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	12
Filtro de Aire			I	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	12
		Revisar el filtro cada 2.500km en condiciones de trabajo severas (Carreteras polvorrientas), y reemplazar cada 25.000km por recomendación fabricante															
CONTROL DE EMISIONES																	
Humos de escape y rendimiento.									I							I	48
Tapa de tanque, conexiones y válvulas controladoras de vapores de combustible. Después de los 80.000km, realizar inspecciones cada 20.000 km.										I						I	24

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CAMIONETAS 4X4 MINA PRODECO

COMPONENTE: CHASIS Y CARROCERIA

Intervalos de servicio. (Viene dada por la frecuencia de kilometraje)	1.000	5.000	10.000	15.000	20.000	25.000	30.000	35.000	40.000	45.000	50.000	55.000	60.000	65.000	70.000	MESES
Pedal del Embrague	I															
Pedal de Freno y Freno de mano.	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	6
Zapatasy tambores de freno	Uso en condiciones normales					I					I					12
	Uso en condiciones severas	Inspeccione en cada mantenimiento de los 2.500km														
Pastillas y discos de freno	Uso en condiciones normales		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	6
	Uso en condiciones severas	Inspeccione en cada mantenimiento de los 2.500km														
Fluido de freno	I	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	I	I	I:6 R:30
Fluido de embrague	I	I	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	I	I	I:6 R:31
Tubería, manguera, conectores de freno	Uso normal	I		I			I			I			I		I	12
	Uso severo	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	6
Extremos articulados y cremallera de dirección	Uso normal				I			I			I			I	I	12
	Uso severo	Inspeccione en cada mantenimiento de los 2.500km														
Articulaciones y sus guardapolvos	Uso normal				I			I			I			I	I	12
	Uso severo		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	6
Guardapolvos del árbol transmisor	Uso normal				I			I			I			I	I	24
	Uso severo		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	12
Tornillos del árbol transmisor	Uso normal				T			T			T			T	T	24
	Uso severo		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	12

Plan de acción


Tabla 14. Mantenimiento equipo liviano

MANTENIMIENTO DE EQUIPO LIVIANO				
ACTIVIDAD	PROGRAMAS	ACCIONES INMEDIATAS	RECURSOS NECESARIOS	RESPONSABLE
Elaborar unos procedimientos de control de mantenimientos preventivos de los vehículos	Llevar unas hojas de cálculo para el manejo de esta información	Determinar quién es el personal que llevara a cabo la información de los procedimientos	humanos, tecnológicos	Administrador del contrato
Elaborar un programa que muestre el próximo mantenimiento e historial del equipo	Capacitación sobre el manejo del software y hojas de calculo	Determinar quién realizara estas capacitaciones sobre el manejo del software	humanas, tecnológicas, financiera	Administrador del contrato
Elaborar capacitación para los técnicos sobre los vehículos	Sistemas de los vehículos 4x4 de acuerdo a la marca establecidas	Todo el personal técnico y mecánico deben tener estas capacitaciones	humanas, tecnológicas, financiera	Administrador del contrato
Elaborar formatos que permitan llevar a cabo los procedimientos de mantenimiento y así mismo las solicitudes del cliente	Llevar unas hojas de cálculo para el manejo de esta información	Determinar quién es el personal que llevara a cabo la información de mantenimiento y solicitud del cliente	humanos, tecnológicos	Administrador del contrato

5.1 FORMATOS PARA EJECUTAR Y CONTROLAR LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVOS DE LAS CAMIONETAS 4X4-

Con este formato se pretende formalizar el mantenimiento preventivo para los vehículos que operan en la mina, teniendo en cuenta actividades como el habiculado delantero izquierdo, el cofre motor, inspeccionar la delantera y trasera izquierda y derecha, bajo de chasis, prueba de rutas y otros trabajos adicionales.

Tabla 15. Chequeo de mantenimiento preventivo

 DE CHEQUEO MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
RUTINAS:	(1.000 - 3.500 - 6.000 - 8.500 - 11.000 - 13.500 - .km)		
<small>Tiempo Estandar 4 horas no se cuenta con el lavado ni correctivos</small>			
PLACA:	No INTERNO		
DEPARTAMENTO:	TIPO DE VEHICULO:		
	KILOMETRAJE:		
PROCESO 1			
ACTIVIDAD	CARÁCTER	√	
HABITACULO DELANTERO IZQUIERDO			
1. Revisar recorrido y efectividad freno de mano	Obligatorio		
2. Inspeccionar las luces exteriores del - tras y luz placa	Obligatorio		
3. Inspección de luces e instrumentos interiores	Obligatorio		
4. Inspección volante, articulaciones, juego de caja der	Obligatorio		
5. Apertura de capot	Obligatorio		
COFRE MOTOR			
1. Inspeccionar batería	Obligatorio		
2. Niveles Embragues, Freno, Lavavidrio, Dirección Asistida, Refrigerante	Obligatorio		
3. Inspeccionar Líneas de freno en cofre motor	Obligatorio		
4. Inspeccionar filtro de aire y cambio	Obligatorio		
5. Inspeccionar correas y/o tensionar	Obligatorio		
6. Quitar tapa de aceite motor y dejar cofre abierto	Obligatorio		
INSPECCIONAR DELANTERA (IZQUIERDA - DERECHA)			
1. Bajar llanta delantera - Verificar estado de la llanta - Rin	Obligatorio	D.I	D.D
2. Verificar estado de los discos de freno y pastas	Obligatorio	D.I	D.D
3. Verificar estado tubería de freno	Obligatorio	D.I	D.D
4. Verificar presión de inflado de la llanta	Obligatorio	D.I	D.D
5. Instalar llanta (Verificar estado de pernos)	Obligatorio	D.I	D.D
INSPECCIONAR TRASERA (IZQUIERDA - DERECHA)			
1. Bajar llanta trasera - Verificar estado de la llanta - Rin	Obligatorio	T.I	T.D
2. Verificar estado de las campanas - (discos) de freno y bandas - (pastas)	Obligatorio	T.I	T.D
3. Verificar estado tubería de freno y guaya freno mano	Obligatorio	T.I	T.D
4. Verificar presión de inflado de la llanta	Obligatorio	T.I	T.D
5. Instalar llanta (Verificar estado de pernos)	Obligatorio	T.I	T.D
BAJO CHASIS			
1. Quitar tapon carter y Drenar aceite de motor	Obligatorio		
2. Cambiar filtro de aceite del motor	Obligatorio		
3. Tapar carter y colocar aceite de motor	Obligatorio		
4. Inspección de fugas/daños de aceite motor, refrigerante motor	Obligatorio		
5. Inspección de fugas/daños de transmisión, transferencia, diferencial	Obligatorio		
6. Inspección de fugas/daños amortiguadores, líneas freno - combustible	Obligatorio		
7. Inspección de fugas/daños línea de escape, Sujeción de la carrocería	Obligatorio		
8. Revisar fugas de aceite motor en tapón de drenaje	Obligatorio		
PRUEBA DE RUTA			
1. Ruidos de motor y chasis	Obligatorio		
2. Estabilidad de la dirección	Obligatorio		
3. Eficacia del frenado	Obligatorio		
4. Estado de la suspension	Obligatorio		
Observaciones:	TRABAJOS ADICIONALES	TIEMPO	ADICIONAL
Realizo		Aprobo:	
Firma del Tecnico		Firma Supervisor	

5.2 PROGRAMA DE LUBRICACIÓN COMO PARTE DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS CAMIONETAS 4X4

A continuación se ilustra formato para programa de lubricación de vehículos de acuerdo a los parámetros de mantenimiento preventivo

Tabla 16. Reporte de lubricación por equipo

REPORTE LUBRICACION DE EQUIPOS						
TIPO DE VEHICULO:	MARCA:	FECHA:	MODELO:	DURACION:		
KILOMETRAJE/HOROMETRO:	AREA:					
TIPO DE MANTENIMIENTO		COMPLETO				
LUBRICANTES						
SISTEMA COMPARTIMIENTO	TIPO DE LUBRICANTE	CANT.	ACCION		CAUSA / MOTIVO	
			CAMBIAR	COMPLETAR		
MOTOR						
TANQUE COMBUSTIBLE						
DIRECCION HIDRAULICO						
RADIADOR						
LÍQUIDO DE FRENO						
REFRIGERANTE MOTOR						
DIFERENCIAL						
TRANSFERENCIA						
TRANSMISION						
ENGRANAJES SISTEMA VIBRACION (ALIMENTACION)						
PUNTOS DE ENGRASE						
CAJA DE TRANSMISION						
OTRAS ACCIONES					SI	NO
RADIADOR DE AGUA	REFRIGERANTE/AGUA		VERIFICAR NIVEL			
BATERIAS	AGUA DESTILADA		VERIFICAR NIVEL			
TANQUE DIESEL			DRENAR SISTEMAS			
TANQUE AIRE			DRENAR AGUA			
OBSERVACIONES:						
PROXIMO MANTENIMIENTO	SERVICIO EJECUTA POR:		SUPERVISOR ENCARGADO			
TIPO:	NOMBRE:		NOMBRE:			
KILOMETRAJE/HOROMETRO	FECHA:		FECHA:			

5.3 DESARROLLAR UN PROGRAMA SOBRE CULTURA DE USO DE LAS CAMIONETAS 4X4 POR PARTE DE LOS USUARIOS Y DE MANEJO AMBIENTAL

Con las capacitaciones dirigidas a los usuarios se pretende que se tenga mayor información sobre los vehículos, los sistemas y modo de conducción dentro de las instalaciones de mina. Debido a que muchos de los mantenimientos correctivos son por el mal uso de los vehículos como así mismo el tipo de terreno que actualmente están trabajando (vías destapadas, pendientes, vías lodosas). Estas capacitaciones se deben realizar en un periodo de cada 6 meses con el acompañamiento de un representante de la marca, en este caso Toyota; el contenido del curso se muestra en las actividades descritas de la tabla No#, con una duración de 4 horas teóricas y 2 horas prácticas. A continuación se ilustra el modelo.

Tabla 17. Capacitación Uso de vehículos 4x4

CAPACITACION USO VEHICULOS 4X4	
ACTIVIDADES A REALIZAR	
No	INDICADORES Y LIQUIDOS DEL VEHICULO
OBSERVACIONES	
1	Explicación de las luces indicadoras de tablero
2	Revisión de nivel de aceite
3	Revisión de líquido de frenos
4	Revisión de líquido refrigerante
5	Revisión de aceite hidráulico
6	Practica de los indicadores y líquidos
SISTEMA 4X4	
7	Uso de la 4H, 2H Y 4L
8	Cómo funciona el diferencial
9	Como funciona transmisión automática
10	Cómo funciona la transmisión manual
11	Buen uso del embrague
12	Practica en terreno (pendientes y terreno lodoso)
MOTOR	
13	Conocer las partes que componen el motor
14	Conocer el funcionamiento del motor
15	Conocer para qué sirve el motor
SISTEMA DE FRENOS	
16	Conocer el funcionamiento de los frenos
17	Técnicas de frenado
18	Practica en terreno (pendientes y terreno lodoso)
SEGURIDAD	
19	Maniobra apropiada del volante
20	Uso de cinturones
21	Manejo adecuado de los espejos retrovisores
22	Manejo adecuado de la silla del piloto

5.4 PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL

PROCEDIMIENTO DE ALMACENAMIENTO DE RESPEL (RESIDUOS PELIGROSOS)

Dentro de los programas establecidos en las minas de Prodeco, se tiene en cuenta la gestión integral de los residuos sólidos generados por las actividades de mantenimiento. El almacenamiento temporal de los residuos contaminados con hidrocarburos (grasa, aceites, combustibles) generados en el mantenimiento de los vehículos debe contar con Canecas de Depósito metálicas, de dimensiones (210cm de ancho x 150cm de altura x 100cm de fondo). Habilitadas para depositar RESPEL.

La clasificación de los residuos generados directamente en la ejecución de los mantenimientos y que estén contaminados con aceites o combustibles, en ningún caso deben ser mezclados con residuos ordinarios, generados de la alimentación y/o hidratación del personal.

Para el depósito de los RESPEL, en las Canecas habilitadas en los diferentes puntos en taller el personal de mantenimiento deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Trapos impregnados de aceite y grasa.
- Filtros de aceite y combustible usados.
- Filtros de aire.
- Empaques vacíos de aerosoles.
- Equipo de protección personal contaminado.
- Material Adsorbente contaminado.
- Canecas con residuos de grasa.
- Colillas sueltas de soldadura.
- Plástico impregnado de aceite y grasa.
- Cartón impregnado de aceite y grasa.

- Material Absorbente (elementos sintéticos, Aserrín y arena impregnados de aceite).

No se puede mezclar otro tipo de residuos en estas canecas.

Las actividades a realizar para un buen manejo de desechos sólidos serían las siguientes:

Tabla 18. Actividades de manejo Ambiental

ITEM	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
1	Los residuos de características metálicos como: Filtros de Aceite y de Combustible, se debe drenar el remante de fluido en un recipiente colector de aceite usado, antes de su depósito en las Canecas, los empaques vacíos de Aerosoles requieren ser despresurizados previo a su depósito	Técnico de mantenimiento
2	Los materiales no metálicos o livianos, (trapos, plásticos, guantes, cartón impregnados de aceite y grasa) deben ser almacenadas de forma directa en las Canecas de Deposito.	Técnico de mantenimiento
3	Las Mangueras, deben ser llevadas hasta un recipiente colector de aceite usado, drenar el remante de fluido que contengan, cortar los acoples y separar el accesorio metálico, cortar hasta obtener retazos de máximo 1mt de longitud. Para su posterior deposito en las Canecas.	Técnico de mantenimiento
4	Filtros de aire, serán compactados hasta reducir $\frac{3}{4}$ de su tamaño original y depositarlos en las canecas.	Técnico de mantenimiento
5	Depositar las Baterías Usadas, manteniéndolas aisladas del suelo, ventiladas y protegidas de la intemperie.	Supervisor de mantenimiento
6	El nivel de los residuos almacenados en las Canecas para RESPEL, no deberá ser mayor a la altura de las Canecas, permitiendo el cierre total de las tapas y su posterior sello con plástico adhesivo.	Supervisor de mantenimiento
7	Las Canecas llenas y selladas ubicadas en los talleres, serán trasladadas hasta el Área de acopio de RESPEL. El cual cada mina dispone en que sitio debe ser llevado.	Supervisor de mantenimiento

CONCLUSION

En el área de equipo liviano de las minas pertenecientes a CI prodeco tiene una gran oportunidad de mejoras que impacten el servicio ofrecido.

De acuerdo a los objetivos establecidos en la presente monografía se tiene lo siguiente:

- Se estructura un plan de mantenimiento preventivo el cual pretende mejorar la disponibilidad de la flota actual de equipos, disminuir la estradas a taller por diferentes correctivos sin una programación previa.
- Se realiza un análisis de la información por medio de estadísticas para verificar cuales son los sistemas críticos en los vehículos, de los cuales se debe tener en cuenta para mejorar en el mantenimiento preventivo.
- Se plantea unas actividades de capacitación para generar una mejor cultura de uso de los vehículos 4x4 y así mismo disminuir costos por daños.
- Se estructura una serie de actividades para el manejo de los residuos generados en el mantenimiento, para minimizar el impacto en el medio ambiente.
- Se estructura unos formatos para la realización de los mantenimientos preventivos y lubricación, basándonos en las recomendaciones del fabricante y así mismo en la experiencia.
- Estadísticamente se encontró que es más frecuente la realización de los mantenimientos correctivos, siendo así la necesidad de realizar este modelo de mantenimiento preventivo.

BIBLIOGRAFIA

- ALBARRACIN A. PEDRO, Tribología y lubricación, industrial y automotriz, tomo 1 4ta Edición.
- Estudios realizados Ing. Antonio Saltarín Jiménez e Ing. William Arnedo Sarmiento. Universidad Autónoma del Caribe.
- GONZALES B. Carlos. Especialización Gerencia de Mantenimiento 2012, Mantenimiento Preventivo.
- MORA G Alberto, Mantenimiento Industrial Efectivo, editado ColdiLtda 2012.
- NASA [en línea] AutoSpa. Servicio de Mecánica Liviana.
<http://autospaweb.com/servicios/mecanica.html>
- NASA [en línea] Ingeniería de Mantenimiento.
http://www.sinais.es/intro/mantenimiento_preventivo.html
- NASA [en línea] Mecánica del automóvil, Refrigeración
<http://www.almuro.net/sitios/Mecanica/refrigeracion.asp?sw07=1>
- NASA [en línea] Mecánica del Automóvil.
<http://mecanicayautomocion.blogspot.com/2009/03/sistemas-de-refrigeracion.html>
- NASA [en línea] Mecánica del Automóvil.
<http://mecanicayautomocion.blogspot.com/2009/03/sistemas-de-refrigeracion.html>
- NASA [en línea] Mina Prodeco
<http://www.prodeco.com.co/index.php/es/company/our-business/rail-operations/>

ANEXOS

Tabla 19. Mantenimiento preventivo y correctivo mina calenturita

DDG945			
mantenimiento preventivo		8	8
mantenimiento correctivo		21	13
RGV298			
		2011	2012
mantenimiento preventivo		19	19
mantenimiento correctivo		10	32
DDG956			
		2011	2012
mantenimiento preventivo		13	23
mantenimiento correctivo		38	50
RCQ248			
		2011	2012
mantenimiento preventivo		7	12
mantenimiento correctivo		0	10
QIF122			
		2011	2012
mantenimiento preventivo		9	8
mantenimiento correctivo		11	9
RZH719			
		2011	2012
mantenimiento preventivo		12	10
mantenimiento correctivo		38	11
RCP166			
		2011	2012
mantenimiento preventivo		6	10
mantenimiento correctivo		1	5
RHK441			
		2011	2012
mantenimiento preventivo		23	20
mantenimiento correctivo		22	57
RHK436			
		2011	2012
mantenimiento preventivo		28	21
mantenimiento correctivo		51	64

Tabla 20. Descripción de tipo de mantenimiento preventivo y correctivo por vehículo mina Calenturita

DDG945				DDG956			
		2011	2012			2011	2012
Mantto correctivo transmisión		4	1	Mantto correctivo transmisión		8	7
mantto correctivo a/a		1	1	mantto correctivo a/a		1	6
Mantto correctivo frenos		5	1	Mantto correctivo frenos		3	1
mantto correctivo suspensión		4	7	mantto correctivo suspensión		3	2
mantto correctivo dirección		2	3	mantto correctivo dirección		3	2
mantto correctivo eléctrico		1	2	mantto correctivo eléctrico		5	20
mantto preventivo transmisión		1	2	mantto preventivo transmisión		1	6
mantto preventivo a/a		1	1	mantto preventivo a/a		1	1
mantto preventivo frenos		4	1	mantto preventivo frenos		4	4
mantto preventivo suspensión		1	1	mantto preventivo suspensión		1	2
mantto preventivo dirección		1	1	mantto preventivo dirección		1	1
mantto preventivo eléctrico		1	1	mantto preventivo eléctrico		2	3

RGV298				RCQ248			
		2011	2012			2011	2012
Mantto correctivo transmisión		1	3	Mantto correctivo transmisión		0	0
mantto correctivo a/a		1	6	mantto correctivo a/a		0	1
Mantto correctivo frenos		1	1	Mantto correctivo frenos		0	0
mantto correctivo suspensión		1	3	mantto correctivo suspensión		0	1
mantto correctivo dirección		1	2	mantto correctivo dirección		0	0
mantto correctivo eléctrico		3	10	mantto correctivo eléctrico		0	4
mantto preventivo transmisión		1	3	mantto preventivo transmisión		1	3

mantto preventivo a/a	2	2	mantto preventivo a/a	1	1
mantto preventivo frenos	3	3	mantto preventivo frenos	2	1
mantto preventivo suspensión	1	2	mantto preventivo suspensión	1	1
mantto preventivo dirección	3	2	mantto preventivo dirección	1	1
mantto preventivo eléctrico	3	2	mantto preventivo eléctrico	1	1

QIF122				RCP166			
		2011	2012			2011	2012
Mantto correctivo transmisión		1	0	Mantto correctivo transmisión		0	0
mantto correctivo a/a		0	0	mantto correctivo a/a		0	0
Mantto correctivo frenos		0	0	Mantto correctivo frenos		0	0
mantto correctivo suspensión		3	0	mantto correctivo suspensión		0	0
mantto correctivo dirección		0	1	mantto correctivo dirección		0	0
mantto correctivo eléctrico		0	2	mantto correctivo eléctrico		0	2
mantto preventivo transmisión		1	2	mantto preventivo transmisión		1	1
mantto preventivo a/a		1	1	mantto preventivo a/a		1	1
mantto preventivo frenos		2	1	mantto preventivo frenos		1	1
mantto preventivo suspensión		1	1	mantto preventivo suspensión		1	1
mantto preventivo dirección		1	1	mantto preventivo dirección		1	1
mantto preventivo eléctrico		1	1	mantto preventivo eléctrico		1	1

RZH719				RHK441			
		2011	2012			2011	2012
Mantto correctivo transmisión		10	1	Mantto correctivo transmisión		4	5
mantto correctivo a/a		0	2	mantto correctivo a/a		1	6
Mantto correctivo frenos		4	1	Mantto correctivo frenos		0	5

mantto correctivo suspensión	4	2	mantto correctivo suspensión	3	10
mantto correctivo dirección	3	0	mantto correctivo dirección	1	1
mantto correctivo eléctrico	1	2	mantto correctivo eléctrico	2	18
mantto preventivo transmisión	2	3	mantto preventivo transmisión	2	4
mantto preventivo a/a	1	1	mantto preventivo a/a	2	1
mantto preventivo frenos	6	1	mantto preventivo frenos	5	2
mantto preventivo suspensión	1	1	mantto preventivo suspensión	2	1
mantto preventivo dirección	1	1	mantto preventivo dirección	3	2
mantto preventivo eléctrico	1	1	mantto preventivo eléctrico	3	2

RHK436			
		2011	2012
Mantto correctivo transmisión		6	9
mantto correctivo a/a		6	6
Mantto correctivo frenos		9	4
mantto correctivo suspensión		9	7
mantto correctivo dirección		1	8
mantto correctivo eléctrico		3	19
mantto preventivo transmisión		2	3
mantto preventivo a/a		2	1
mantto preventivo frenos		5	2
mantto preventivo suspensión		3	1
mantto preventivo dirección		3	3
mantto preventivo eléctrico		4	4

Tabla 21. Mantenimiento preventivo y correctivo mina la Jagua

CWP966			REZ626		
	2011	2012		2011	2012
mantenimiento preventivo	16	8	mantenimiento preventivo	20	18
mantenimiento correctivo	31	.	mantenimiento correctivo	24	45

RBM990			DDG951		
	2011	2012		2011	2012
mantenimiento preventivo	19	24	mantenimiento preventivo	15	21
mantenimiento correctivo	57	42	mantenimiento correctivo	20	23

RGV254			REZ195		
	2011	2012		2011	2012
mantenimiento preventivo	5	23	mantenimiento preventivo	11	8
mantenimiento correctivo	5	36	mantenimiento correctivo	20	23

DDG950			DDX075		
	2011	2012		2011	2012
mantenimiento preventivo	9	15	mantenimiento preventivo	9	15
mantenimiento correctivo	21	18	mantenimiento correctivo	34	29

REZ177			RAU315		
	2011	2012		2011	2012
mantenimiento preventivo	10	5	mantenimiento preventivo	21	15
mantenimiento correctivo	14	9	mantenimiento correctivo	49	22

Tabla 22. Descripción de tipo de mantenimiento preventivo y correctivo por vehículo mina Jagua

CWP966				RGV254			
		2011	2012			2011	2012
Mantto correctivo transmisión		6	1	Mantto correctivo transmisión		2	1
mantto correctivo a/a		1	1	mantto correctivo a/a		1	3
Mantto correctivo frenos		2	1	Mantto correctivo frenos		1	1
mantto correctivo suspensión		1	6	mantto correctivo suspensión		1	2
mantto correctivo dirección		2	4	mantto correctivo dirección		1	3
mantto correctivo eléctrico		2	8	mantto correctivo eléctrico		1	10
mantto preventivo transmisión		1	1	mantto preventivo transmisión		1	1
mantto preventivo a/a		1	1	mantto preventivo a/a		1	1
mantto preventivo frenos		2	1	mantto preventivo frenos		2	5
mantto preventivo suspensión		1	2	mantto preventivo suspensión		1	4
mantto preventivo dirección		5	1	mantto preventivo dirección		2	2
mantto preventivo eléctrico		1	1	mantto preventivo eléctrico		1	4

RBM990				DDG950			
		2011	2012			2011	2012
Mantto correctivo transmisión		13	5	Mantto correctivo transmisión		4	1
mantto correctivo a/a			4	mantto correctivo a/a		1	3
Mantto correctivo frenos		6	1	Mantto correctivo frenos		1	2
mantto correctivo suspensión		6	2	mantto correctivo suspensión		4	1
mantto correctivo dirección		3	2	mantto correctivo dirección		1	1
mantto correctivo eléctrico		8	17	mantto correctivo eléctrico		3	3
mantto preventivo transmisión		1	2	mantto preventivo transmisión		1	2
mantto preventivo a/a			1	mantto preventivo a/a		1	1
mantto preventivo frenos		3	4	mantto preventivo frenos		3	2

mantto preventivo suspensión	2	5	mantto preventivo suspensión	1	2
mantto preventivo dirección	1	3	mantto preventivo dirección	1	2
mantto preventivo eléctrico	1	1	mantto preventivo eléctrico	1	2
REZ177			DDG951		
	2011	2012		2011	2012
Mantto correctivo transmisión	2	1	Mantto correctivo transmisión	3	3
mantto correctivo a/a	1	1	mantto correctivo a/a	2	1
Mantto correctivo frenos	2	2	Mantto correctivo frenos	1	1
mantto correctivo suspensión	1	1	mantto correctivo suspensión	3	1
mantto correctivo dirección	1	2	mantto correctivo dirección	1	2
mantto correctivo eléctrico	1	2	mantto correctivo eléctrico	4	5
mantto preventivo transmisión	1	1	mantto preventivo transmisión	3	3
mantto preventivo a/a	1	1	mantto preventivo a/a	1	1
mantto preventivo frenos	3	1	mantto preventivo frenos	4	5
mantto preventivo suspensión	1	1	mantto preventivo suspensión	1	3
mantto preventivo dirección	2	1	mantto preventivo dirección	1	3
mantto preventivo eléctrico	1	1	mantto preventivo eléctrico	1	3
			REZ195		
REZ626				2011	2012
	2011	2012	Mantto correctivo transmisión	1	6
Mantto correctivo transmisión	1	5	mantto correctivo a/a	1	1
mantto correctivo a/a	2	4	Mantto correctivo frenos	2	1
Mantto correctivo frenos	1	2	mantto correctivo suspensión	1	1
mantto correctivo suspensión	7	4	mantto correctivo dirección	1	1
mantto correctivo dirección	2	4	mantto correctivo eléctrico	1	6
mantto correctivo eléctrico	3	8	mantto preventivo transmisión	2	2
mantto preventivo transmisión	2	3	mantto preventivo a/a	1	1

mantto preventivo a/a	1	1	mantto preventivo frenos	2	2
mantto preventivo frenos	5	2	mantto preventivo suspensión	1	1
mantto preventivo suspensión	1	1	mantto preventivo dirección	2	3
mantto preventivo dirección	3	3	mantto preventivo eléctrico	1	1
mantto preventivo eléctrico	2	1			
DDX075			RAU315		
		2011	2012		
				2011	2012
Mantto correctivo transmisión	7	3	Mantto correctivo transmisión	4	1
mantto correctivo a/a	2	1	mantto correctivo a/a	1	1
Mantto correctivo frenos	1	2	Mantto correctivo frenos	2	1
mantto correctivo suspensión	3	5	mantto correctivo suspensión	10	2
mantto correctivo dirección	2	1	mantto correctivo dirección	6	2
mantto correctivo eléctrico	4	4	mantto correctivo eléctrico	7	3
mantto preventivo transmisión	1	6	mantto preventivo transmisión	2	3
mantto preventivo a/a	1	1	mantto preventivo a/a	2	2
mantto preventivo frenos	5	2	mantto preventivo frenos	5	3
mantto preventivo suspensión	1	2	mantto preventivo suspensión	2	2
mantto preventivo dirección	2	1	mantto preventivo dirección	2	3
mantto preventivo eléctrico	2	1	mantto preventivo eléctrico	3	