

**MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO PARA FLOTAS DE  
TRANSPORTE DE CARGA**

**OFER RODRÍGUEZ BARRERO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2006**

**MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO PARA FLOTAS DE  
TRANSPORTE DE CARGA**

**OFER RODRÍGUEZ BARRERO**

**Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director: ERWIN JIMENEZ GALEANO  
Ing. Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
Bucaramanga  
2006**

A mi esposa Adriana por su comprensión y paciencia por el tiempo que dejé de dedicarle para el logro de esta meta.

Ofer

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos a:

La empresa CEMEX, por el apoyo brindado para la culminación de este proyecto.

Al Ingeniero Erwin Jiménez por su gran colaboración en la dirección de esta monografía.

A Carlos Ramón González, Ingeniero Mecánico y Coordinador de la Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

Al cuerpo docente de la Especialización en Gerencia de Mantenimiento, por lo conocimientos transmitidos.

A todos los compañeros de la especialización por permitirme aprender y crecer al transmitir sus experiencias tanto personales como profesionales.

## CONTENIDO

INTRODUCCION	1
1. FLOTAS DE TRANSPORTE DE CARGA	3
1.1 TRANSPORTE DE CARGA EN COLOMBIA	3
1.2 COSTOS SEGÚN MINISTERIO DE TRANSPORTE	7
1.3 FACTORES QUE AFECTAN EL TRANSPORTE DE CARGA	10
1.4 OBJETIVOS	11
2. MANTENIMIENTO	12
2.1 MANTENIMIENTO PLANIFICADO (MP)	15
2.2 MANTENIMIENTO DE AVERÍAS (BM)	16
2.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO (MP)	16
2.3.1 Mantenimiento Periódico (TBM)	17
2.3.2 Mantenimiento Predictivo (CBM)	18
2.3.3 Análisis de Aceite	18
2.3.4 Mantenimiento Correctivo (CM)	28
2.4 INDICADORES DE MANTENIMIENTO	28
2.4.1 Mantenibilidad	28
2.4.2 Confiabilidad	29
2.4.3 Disponibilidad	29
2.5 COSTOS DE MANTENIMIENTO	29
2.5.1 Estructura de Costos de acuerdo al Ministerio de Transporte	29
2.5.2 Factores que Inciden en los Costos de Mantenimiento de Flotas	30
2.5.3 Programa de Renovación	32
2.6 ANÁLISIS DE FALLA CON PARETO	32
2.7 GESTIÓN DEL RECURSO HUMANO	34
2.8 GESTIÓN DE INVENTARIOS	36
2.8.1 Control del Inventario	37
2.8.2 El Modelo de la Cantidad Económica de la Orden	38
2.8.3 Clasificación de Repuestos	39
2.9 SISTEMAS DE INFORMACIÓN	40
3. MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO	42
3.1 RECURSO HUMANO	45
3.1.1 Organigrama de Mantenimiento	45
3.1.2 Programa de Capacitación a Operadores	46

3.2	<b>EQUIPOS</b>	47
3.2.1	Programa de Renovación de flotas	47
3.2.2	Utilización de Equipos	47
3.2.3	Eficiencia Energética	47
3.2.4	Herramientas Especiales	47
3.2.5	Actualización Tecnológica	48
3.2.6	Programa de Equipos Desechados	48
3.2.7	Taller Propio o Outsourcing	48
3.3	<b>PROCESOS</b>	49
3.3.1	Mantenimiento	49
3.3.2	Repuestos y Recursos	51
3.4	<b>ESTRUCTURA DE LA INFORMACIÓN</b>	52
3.4.1	Estructura de Costos	53
3.4.2	Indicadores de Mantenimiento	54
3.4.3	Administración de Llantas	56
3.4.4	Rendimiento de Combustible	61
3.5	<b>MEJORA CONTINUA</b>	62
4.	<b>IMPLEMENTACION</b>	64
5.	<b>CONCLUSIONES</b>	68
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	70
	<b>ANEXOS</b>	72

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	PIB Total, PIB per Cápita, PIB Transporte e Inflación	3
Figura 2.	Comportamiento PIB Total Vs PIB Sector Transporte	4
Figura 3.	Participación Según Modo de Transporte en el PIB	4
Figura 4.	Movimiento de Carga Nacional Por Modo de Transporte	5
Figura 5.	Distribución de Carga en Toneladas	6
Figura 6.	Unidades de Transporte	6
Figura 7.	Venta de Combustible (Barriles Por Año)	7
Figura 8.	Componentes de Costo del Transporte	8
Figura 9.	Total Costo Variable Mantenimiento y Combustible	8
Figura 10.	Costo Variable Unitario para C2	9
Figura 11.	Costo Variable Total para C2	9
Figura 12.	Costo Fijo Total para C2	10
Figura 13.	Evolución Histórica del Mantenimiento	12
Figura 14.	Evolución del Mantenimiento según Técnicas Utilizadas	13
Figura 15.	Conceptos del TPM y Resultados	14
Figura 16.	Clasificación del Mantenimiento Planificado	15
Figura 17.	Flujograma Información del Mantenimiento de Averías	16
Figura 18.	Esquema del Mantenimiento Preventivo	17
Figura 19.	Aplicación de pruebas de análisis de aceite.	23
Figura 20.	Límites de advertencia Generales para Motores Diesel	25
Figura 21.	Factores que Inciden en los Costos de Mantenimiento de Flotas	31
Figura 22.	Análisis basado en el Principio de Pareto	34
Figura 23.	Mapa Conceptual Modelo Gerencial del Mantenimiento de Flotas	44
Figura 24.	Organigrama Básico Área de Mantenimiento	45
Figura 25.	Marca de Llanta para Control	56
Figura 26.	Diagrama de alineación de un vehículo C3	58
Figura 27.	Diagrama vehículo con Distribución de carga	59
Figura 28.	Báscula unitaria para control de carga por ejes	59
Figura 29.	Termografía de ejes Tractocamión	60
Figura 30.	Termografía de verificación control aire llantas	60
Figura 31.	Distribución de la energía de un Vehículo	61
Figura 32.	Flujograma básico del proceso de Implementación	64
Figura 33.	Fase I Reconocimiento	65
Figura 34.	Fase II Definiciones	66
Figura 35.	Fase III Consolidación y Planes de Mejora	66

## RESUMEN

**TITULO:** MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO PARA FLOTAS DE TRANSPORTE DE CARGA.

**AUTOR:** OFER RODRIGUEZ BARRERO

**PALABLAS CLAVES:** *Mantenimiento, Flotas, Transporte, Equipo Móvil, Indicadores, Costos.*

**DESCRIPCIÓN:** La necesidad de estructurar un modelo gerencial de mantenimiento para flotas de transporte de carga pesada hace del trabajo su principal objetivo. Se inicia de una descripción del estatus del transporte de carga en Colombia, su participación en el PIB nacional así como la participación según el modo de transporte, establece los costos tanto variables como fijos de acuerdo a los últimos estudios del Ministerio de Transporte. Describe los factores más importantes que participan en los resultados de los costos para administrar el mantenimiento en una flota de transporte de carga.

La composición teórica del trabajo consta de la descripción de los tipos de mantenimiento, los indicadores de mantenimiento, la estructura de costos, describe en detalle los análisis de aceite utilizados para equipo móvil, muestra la teoría del análisis de falla mediante la técnica llamada Pareto, presenta la gestión a realizar para la administración del repuestos y la última parte teórica muestra la estructura básico de un sistema de información.

Por ultimo la monografía presenta el modelo gerencial de mantenimiento aplicado a flotas de transporte de carga. El sistema presenta entradas como (recurso capital, mano de obra, repuestos, energía, etc.) y unas salidas como (Personal motivado, equipos disponibles, etc). El modelo consiste básicamente de tres elementos básicos; el recurso humano, los procesos y por último los equipos. La información es el mecanismo que interrelaciona los tres elementos básicos y el sistema de mejora continua se presenta como variable a través del tiempo. El último capítulo presenta la implementación del modelo de manera sencilla insistiendo siempre en el ciclo de mejora continua al sistema de mantenimiento.

---

\* Monografía

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento,  
Director: Erwin Jiménez Galeano, Ingeniero Mecánicos

## SUMMARY

TITLE: MANAGERIAL MODEL OF MAINTENANCE FOR FLEETS OF LOAD TRANSPORT.

AUTHOR: OFER RODRIGUEZ BARRERO

KEY WORDS: Maintenance, Fleets, Transport, Movable Equipment, Indicators, Costs.

DESCRIPTION: The necessity to structure a managerial model of maintenance for fleets of transport of heavy load makes of the work its main objective. One begins of a description of status of the transport of load in Colombia, his participation in the national GIP as well as the participation according to the transport way, as much establishes the variable costs as fixed according to the last studies of the Ministry of Transport. It describes the most important factors that they participate in the results of the costs to administer the maintenance in a fleet of load transport.

The theoretical composition of the work consists of the description of the types of maintenance, the maintenance indicators, structure of costs, describes in detail the used oil analyses to them for movable equipment, shows the theory of the analysis of fault by means of the called technique Pareto, presents/displays the management to make for the administration of the spare parts and the last theoretical part shows the basic structure of an information system.

Finally the monograph presents the managerial model of maintenance applied to fleets of load transport. The system displays entrances like (capital resource, manual labor, spare parts, energy, etc.) and exits like (Personal motivated, equipment available, etc). The model consists basically of three basic elements, the human resource, the processes and finally the equipment. The information is the mechanism that interrelates the three basic elements and the system of continuous improvement appears like variable through time. The last chapter presents the implementation of the model of simple way always insisting on the cycle of continuous improvement to the maintenance system.

---

\* Monograph

\*\* School of mechanical Engineering, Maintenance Management Specialization.

Director: Erwin Jiménez Galeano, Mechanical Engineer.

## INTRODUCCIÓN

Aunque la participación del sector de transporte en Colombia es relevante para la economía del país, ya que representa el 5.5% del PIB, no ha existido en los últimos años políticas del gobierno destinadas a mejorar la competitividad sino que ha estado el sector cobijado por políticas proteccionistas como la misma tabla de fletes la cual en la actualidad aplica para productos terminados, donde los generadores de carga “Empresas productoras”, deben pagar valores establecidos para trasladar sus productos entre dos puntos determinados del país. Dichos mecanismos impiden la motivación para mejorar el sector mediante programas de renovación de flotas o realizando estudios técnicos para implementar indicadores de gestión y reducir los costos operativos. Como consecuencia de los hechos antes mencionados, existe falencia en la gestión de mantenimiento de flota de carga, la cual conlleva a la baja competitividad del sector transporte por los altos costos unitarios de mantenimiento, bajo rendimiento de combustible, deficiente estructura de los elementos de costos, falta de capacitación para conductores con el fin de lograr eficiencia en su operación; todo lo anterior ligado a un promedio de longevidad de la flota de 23 años en el caso Colombiano. El sector transporte debe tomar medidas inmediatas para mejorar su productividad ya que la infraestructura logística de Colombia depende en un 80% del transporte terrestre. En caso de no lograr sinergia la economía Colombiana perdería ventajas frente a productos importados, conllevando a pérdidas importantes del PIB Colombiano, ya que el sector transporte tendría un elevado costo y por lo tanto fletes no competitivos.

Los principales estudios realizados para el transporte de carga terrestre en Colombia por el gobierno los dirige el Ministerio de Transporte y están encaminados a revisar la estructura de costos, indicar el comportamiento a través de los años, su participación en los indicadores económicos del país, pero no contienen propuestas de mejora o soluciones que hagan del sector un gremio competitivo. Del mismo modo las asociaciones de transportadores en Colombia no proponen verdaderos estudios de ingeniería, se limitan a mostrar costos de algunos componentes del transporte. Con el programa de la especialización en gerencia de mantenimiento de la UIS se han elaborado importantes estudios dirigidos a resolver problemas específicos a empresas de transporte de carga. Se mencionan estudios como Mendoza Reina y otros en el 2002 con “Mantenimiento proactivo para motores de maquinaria pesada en minería”, el estudio de Blanco Meléndez, Francisco en el 2002 con “Programa Preventivo para maquinaria Diesel” y otros también de la UIS los cuales son específicos para maquinaria de carga. Una de las instituciones a nivel mundial que tiene un programa bien estructurado enfocado a la eficiencia del sector transporte se encuentra en México, CONAE (Corporación Nacional para el Ahorro de Energía),

donde tiene estudios avanzados sobre ahorro en consumo de combustibles, ahorro en el uso de llantas, capacitación técnico-económica para operadores y otros los cuales promueven la eficiencia del sector y por lo tanto su competitividad.

Mediante el planteamiento del modelo gerencial de mantenimiento se pretende dar herramientas gerenciales a los administradores de flotas para mejorar el costo del flete terrestre conllevando a una economía competitiva frente a productos del exterior. El modelo busca estructurar la información que debe tener una flota de transporte de carga, plantear los indicadores de gestión del mantenimiento, establecer los parámetros a tener en cuenta para control de las llantas y combustibles, un programa de renovación de flotas, variables a considerar en la administración de repuestos, una herramienta para analizar fallas en equipos y tener siempre presente la política de mejora continua. Las estructuras propuestas son el resultado de la investigación bibliográfica de los temas relacionados unidos a la experiencia en la gestión y administración del mantenimiento de equipos de transporte.

El trabajo está dividido en cuatro partes. El capítulo uno presenta la participación del transporte de carga en Colombia, muestra los resultados del estudio de costos del transporte de acuerdo al Ministerio de Transporte, los factores que afectan el transporte y los objetivos del trabajo. En el capítulo dos se describe las teorías del mantenimiento, se hace un detalle de los análisis de aceite aplicados a equipos móviles, se presenta la descripción conceptual de los tres principales indicadores de mantenimiento como son: mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad, se describe del mismo modo la teoría relacionada a los costos de mantenimiento, programa de renovación de flotas, técnica de análisis de falla mediante Pareto, gestión del recurso humano, gestión de repuestos y por último la estructura de la información. El capítulo tres describe el modelo gerencial de mantenimiento propuesto; este modelo consta de unos elementos de entrada como son; el recurso humano, el capital o financiero, los repuestos, energía, etc. Los elementos de salida son; el personal motivado, equipos disponibles, etc. El modelo consiste básicamente de tres elementos básicos; el recurso humano, los procesos y por último los equipos. La información es el mecanismo que interrelaciona los tres elementos básicos y el sistema de mejora continua se presenta como variable a través del tiempo. El cuarto y último capítulo presenta la implementación del modelo de manera sencilla insistiendo siempre en el ciclo de mejora continuo al sistema de mantenimiento

## 1. FLOTAS DE TRANSPORTE DE CARGA

El sector del transporte de carga en Colombia juega un papel determinante en la economía del país, ya que representa el 5.5% del PIB total y específicamente el modo de transporte terrestre con un porcentaje del 72% respecto al PIB sectorial, dimensiona la importancia de desarrollar proyectos o estudios que permitan aumentar la competitividad de las flotas de transporte de carga terrestre.

### 1.1 Transporte de Carga en Colombia

A continuación se presentan los principales indicadores y estadística del sector transporte de carga en Colombia de acuerdo a las estadísticas oficiales del Ministerio de Transporte.

Figura 1. PIB Total, PIB per Cápita, PIB Transporte e Inflación

Año	PIB / TOTAL			Población Miles	PIB / HABITANTE		PIB TRANSPORTE		PIB TRANS/PIB TOTAL %	INFLACION
	Millones \$ Corrientes	Mill \$ Ctes 1994			\$ Corrientes/ Hab	\$ Ctes/Hab 1994	Millones \$ Corrientes	Mill \$ Ctes 1994		
		Valor	Crecimiento							
94	67.532.862	67.532.862	*	37.844	1.784.506	1.784.506	3.762.837	3.762.837	5,57	22,59
95	84.439.109	71.046.217	5,20	38.541	2.190.890	1.843.393	4.485.640	3.905.915	5,50	19,46
96	100.711.389	72.506.824	2,06	39.296	2.562.892	1.845.145	4.789.880	3.916.040	5,40	21,63
97	121.707.501	74.994.021	3,43	40.064	3.037.827	1.871.856	5.646.065	4.024.048	5,37	17,68
98	140.483.322	75.421.325	0,57	40.827	3.440.942	1.847.339	6.592.282	4.080.109	5,41	16,70
99	151.565.005	72.250.601	-4,20	41.589	3.644.353	1.737.253	7.269.067	3.993.853	5,53	9,23
00	174.896.258	74.363.831	2,92	42.321	4.132.612	1.757.138	8.234.192	4.071.369	5,47	8,75
01	188.558.786	75.458.108	1,47	43.070	4.377.961	1.751.988	9.325.696	4.145.236	5,49	7,65
02	204.529.738	76.914.134	1,93	43.834	4.666.007	1.754.668	10.424.359	4.195.659	5,45	6,99
03	230.090.604	80.002.743	4,02	44.583	5.160.949	1.794.467	11.433.148	4.352.952	5,44	6,49
04	255.984.373	83.173.768	3,96	45.325	5.647.752	1.835.053	12.390.347	4.578.283	5,50	5,50

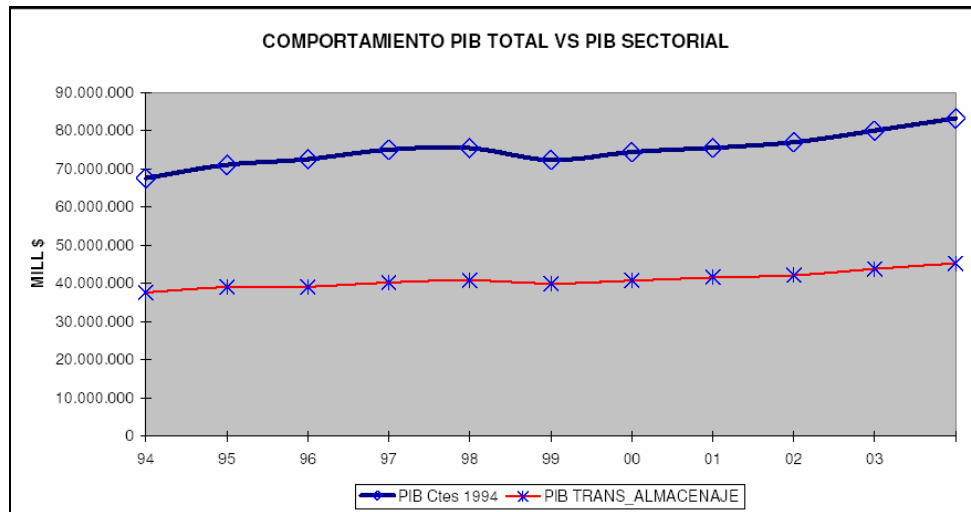
Fuente: Ministerio de Transporte

Como indicador general del comportamiento de la economía se observa en la Figura 1 los datos del PIB total, PIB per cápita, PIB del Sector transporte y la Inflación para Colombia desde el años 1994 hasta el 2004; Aquí podemos ver que el PIB del sector transporte con 4.5 billones de pesos al año, representa aproximadamente el 5.5% del PIB total. En la Figura 2 observamos las tendencia del comportamiento del PIB total versus el PIB del sector transporte. El ministerio de transporte hace la comparación en pesos constantes a 1994, en la Figura se muestra que la tasa de crecimiento se inicia importantemente a partir del año 2000, teniendo el mayor valor en porcentaje de crecimiento para el año 2003 con un valor de 3.7%. El DNP<sup>1</sup> explica el comportamiento positivo del PIB en su balance macroeconómico por algunos factores internos y externos como: Mejora en los precios energéticos como el carbón y el petróleo en el mercado internacional, mejores expectativas con respecto a la economía por parte de la clase empresarial, la política monetaria que ha permitido mantener la liquidez de

<sup>1</sup> DNP: Departamento Nacional de Planeación

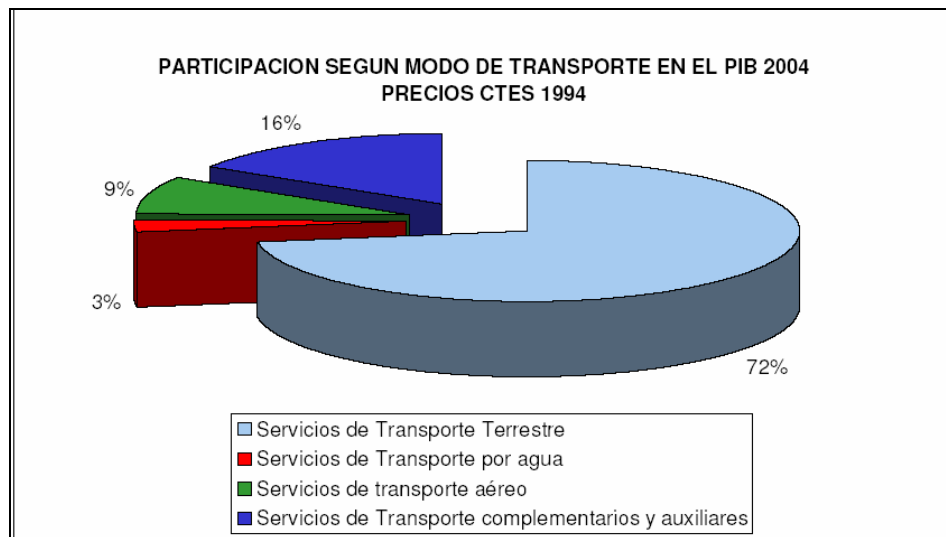
la economía y tasas de interés reales relativamente bajas así como el dinamismo de sectores de la construcción y financiero. La relación proporcional de las dos curvas del PIB Total y el PIB Transporte se entiende que se conservan a través del tiempo.

Figura 2. Comportamiento PIB Total Vs PIB Sector Transporte



Fuente: Ministerio de Transporte<sup>1</sup>

Figura 3. Participación Según Modo de Transporte en el PIB



Fuente: Ministerio de Transporte

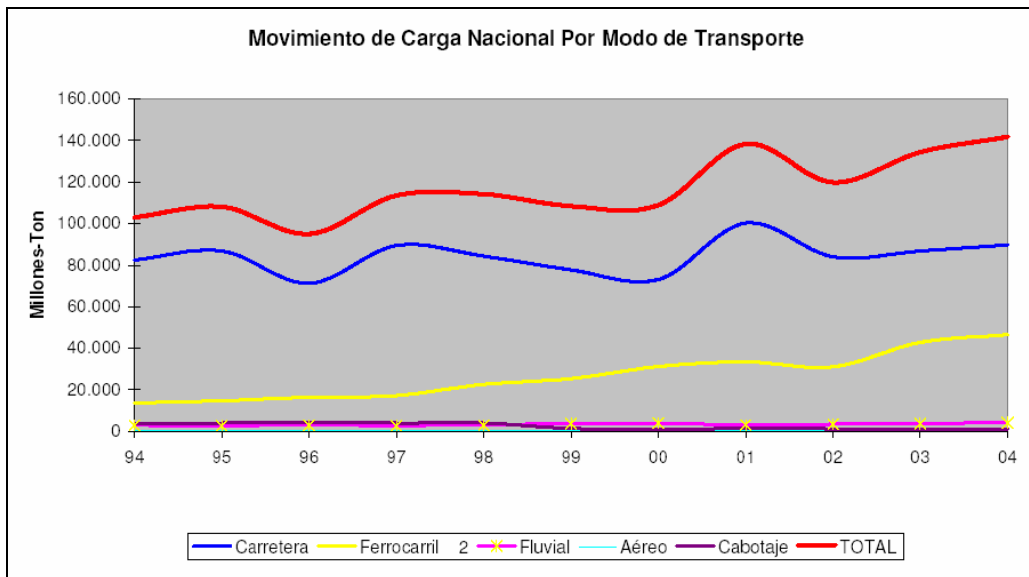
Al analizar específicamente el sector de transporte por tipo de modo encontramos en la Figura 3, que el terrestre cobra mayor importancia con una

<sup>1</sup> Léase en la Figura PIB Transporte\_Almacenaje solamente como tendencia.

participación del 72% frente al complementario con un 16%, los restantes son el transporte en modo aéreo y acuático con participaciones de 9% y 3% respectivamente. Esto nos conlleva a dimensionar la importancia del transporte terrestre como participación en la economía del país.

En la Figura 4 se discrimina la participación de los modos de transporte en Colombia contabilizado como movimiento de carga, con datos desde el año 1994 hasta el 2004. Como se puede observar, el transporte de carga terrestre representa aproximadamente el doble relacionado con el segundo modo de transporte que es por ferrocarril, estos datos afectados por el movimiento de carbón de exportación el cual al ser excluido de las estadísticas pondría al modo de transporte terrestre en un 80% del total de carga movida en el país.

Figura 4. Movimiento de Carga Nacional Por Modo de Transporte

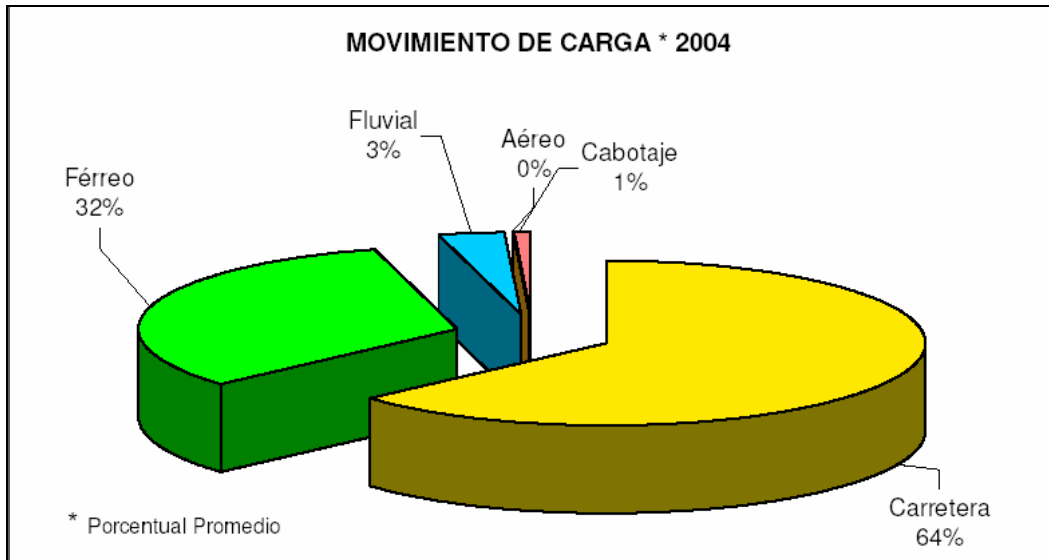


Fuente: Ministerio de Transporte

Para el año 2004 se observa en la Figura 5 que el porcentaje de participación del modo de transporte de carga terrestre fue del 64%, muy superior a los demás modos de transporte como el férreo con un 32%, fluvial con 3% y cabotaje con el 1%.

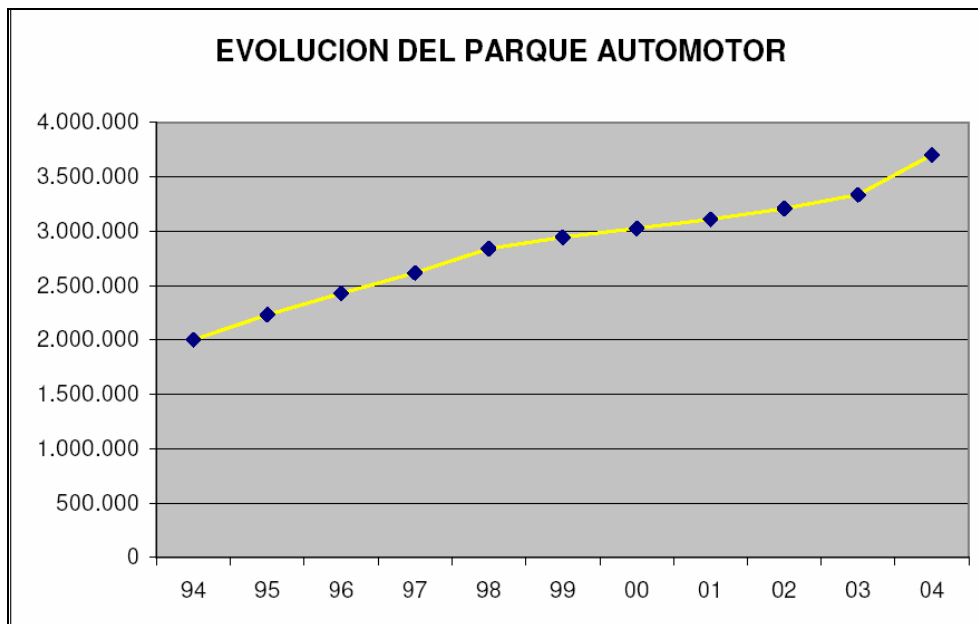
En Colombia el parque automotor se ha venido incrementando debido a las necesidades de las empresas generadoras de carga así como por el incremento en la dinámica del comercial tanto nacional como internacional, en la Figura 6 se observa el volumen del parque automotor en Colombia.

Figura 5. Distribución de Carga en Toneladas



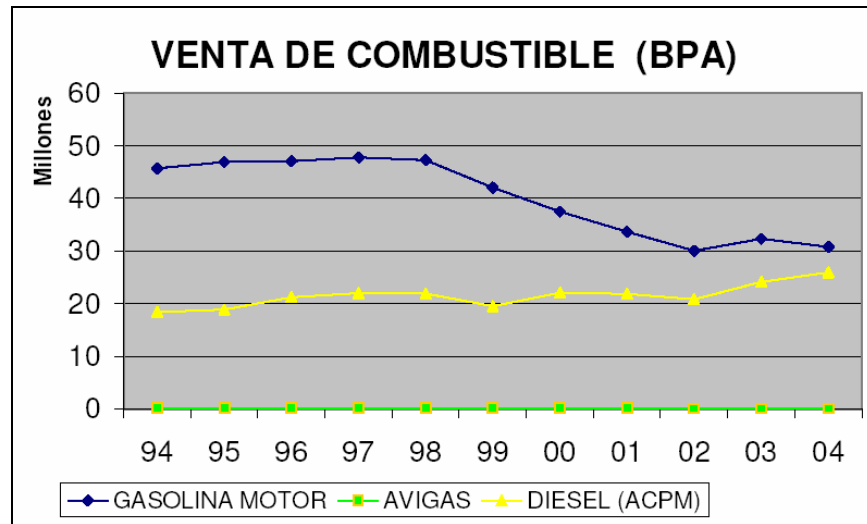
Fuente: Ministerio de Transporte

Figura 6. Unidades de Transporte



El recurso energético más importante para el sector automotor es la gasolina y el combustible diesel, en la Figura 7 observamos la evolución de las ventas desde el año 1994 hasta el 2004. Debido a que el precio de los combustibles se ha venido incrementando y las fuentes de los recursos de estos hidrocarburos se agotan cada año, es importante establecer medidas que permitan la eficiencia de los equipos de transporte con el fin de que los costos operativos sean competitivos y reducir la contaminación ambiental.

Figura 7. Venta de Combustible (Barriles Por Año)



BPA: Barriles por año

## 1.2 Costos según Ministerio de Transporte

Para hacer competitivo el sector del transporte de carga terrestre se debe trabajar en los costos que genera, conocer sus componentes y las áreas de oportunidad que hay para reducirlos.

Los costos del transporte han evolucionado de acuerdo a las políticas de Colombia en cuanto a tratados de libre comercio, con la eliminación de aranceles a las importaciones; la tasa de cambio también juega un factor importante en los precios de repuestos ya que alrededor del 50% de los mismos son importados.

De acuerdo al último estudio llevado a cabo por el ministerio de transporte en el año 2003, los ocho principales centros del transporte en Colombia son:

- Bogotá
- Medellín
- Cali
- Barranquilla
- Pasto
- Duitama
- Ibagué
- Bucaramanga.

Con base en la recolección de datos en las anteriores ciudades los costos totales del transporte de carga han evolucionado como se indica en la Figura 8 y 9 durante los años 2002 y 2003.

En las Figuras 10,11 y 12 se muestran los costos unitarios, totales tanto variables como fijos para el transporte de carga, para el caso de los vehículos de 2 ejes según el ministerio de transporte.

En el anexo 1 se encuentra el complemento de los datos tanto para vehículos tipo C3 como CS.

Figura 8. Componentes de Costo del Transporte

COMPONENTES DE COSTOS	C2		C3		CS	
	2002	2003	2002	2003	2002	2003
<b>Consumo de Combustible</b>						
Plano	351,70	404,13	238,30	271,65	427,69	487,53
Ondulado	498,76	573,12	325,58	371,13	581,10	662,40
Montañoso	726,52	834,83	471,60	537,58	837,73	954,94
Consumo de Llantas	130,58	128,82	211,34	209,03	357,41	354,05
Consumo de Lubricantes	28,66	30,45	44,76	47,23	54,22	57,34
Consumo de Filtros	11,64	10,73	22,09	26,12	35,24	37,94
Mantenimiento y Reparaciones	164,90	191,10	320,50	346,25	359,05	384,50
Lavado y Engrase	25,88	23,99	37,76	32,39	38,91	43,20
Imprevistos	27,12	28,88	47,73	49,58	63,36	65,78
<b>COSTOS VARIABLES KM</b>	<b>388,78</b>	<b>413,97</b>	<b>684,18</b>	<b>710,60</b>	<b>908,19</b>	<b>942,81</b>
Seguros	603.982,06	605.070,22	1.828.478,58	1.828.478,58	2.045.455,77	2.045.455,77
Salarios y prestaciones básicas	910.478,80	978.249,07	910.478,80	978.249,07	910.478,80	978.249,07
Parqueadero	70.749,90	85.208,40	85.208,40	100.749,90	104.124,90	125.833,20
Impuestos de Rodamiento	9.962,92	10.344,58	17.733,75	18.412,92	30.283,75	31.443,75
Recuperación de Capital	885.514,75	885.514,75	2.397.979,29	2.397.979,29	2.525.231,06	2.525.231,06
Gastos de Administración						
<b>COSTOS FIJOS MES</b>	<b>2.480.688,43</b>	<b>2.564.387,02</b>	<b>5.239.878,82</b>	<b>5.323.869,76</b>	<b>5.615.574,28</b>	<b>5.706.212,85</b>

Fuente: Ministerio de Transporte, ver notas<sup>1</sup>

\* Los gastos administrativos se calculan como el 5% del costo total de la operación.

Figura 9. Total Costo Variable Mantenimiento y Combustible

TIPO DE TERRENO	C2		C3		C3 S	
Plano	740,48	818,10	922,49	982,24	1.335,88	1.430,34
Ondulado	887,55	987,09	1.009,76	1.081,72	1.489,30	1.605,21
Montañoso	1.115,31	1.248,80	1.155,79	1.248,18	1.745,92	1.897,74
<b>Promedio aritmético</b>	<b>914,45</b>	<b>1.018,00</b>	<b>1.029,35</b>	<b>1.104,05</b>	<b>1.526,70</b>	<b>1.644,43</b>

<sup>1</sup> Los valores de los costos variables de la tabla están dados en costo por kilómetro recorrido. Para la configuración de C2, C3 y CS remitirse al numeral 2.2. El valor de los peajes no se incluyen en el estudio.

Figura 10. Costo Variable Unitario para C2

Costos Variable Unitario en (\$/km) de Mantenimiento Vehículo C2  
Ministerio de Transporte 2003

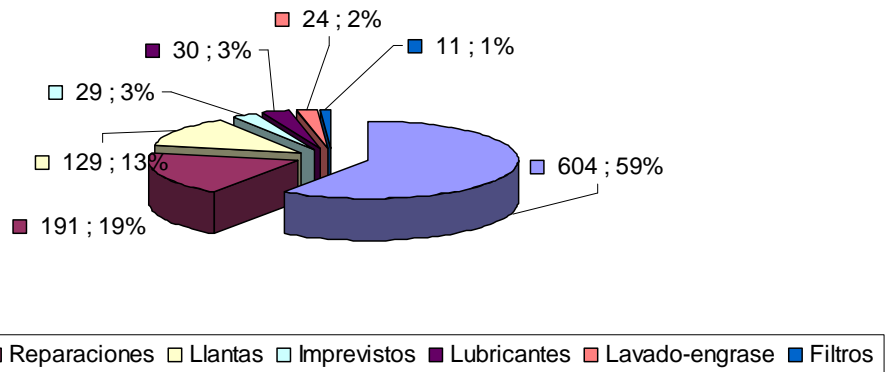


Figura 11. Costo Variable Total para C2

Costos Variable Total en (\$) de Mantenimiento Vehículo C2  
Ministerio de Transporte ( Para 8000km/mes) 2003

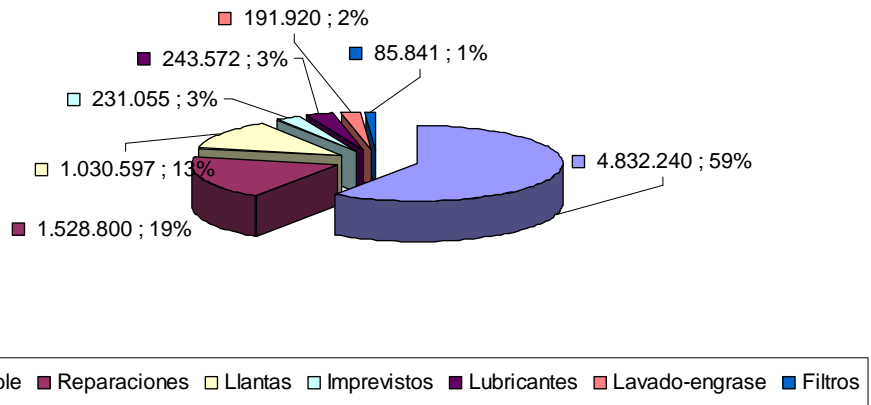
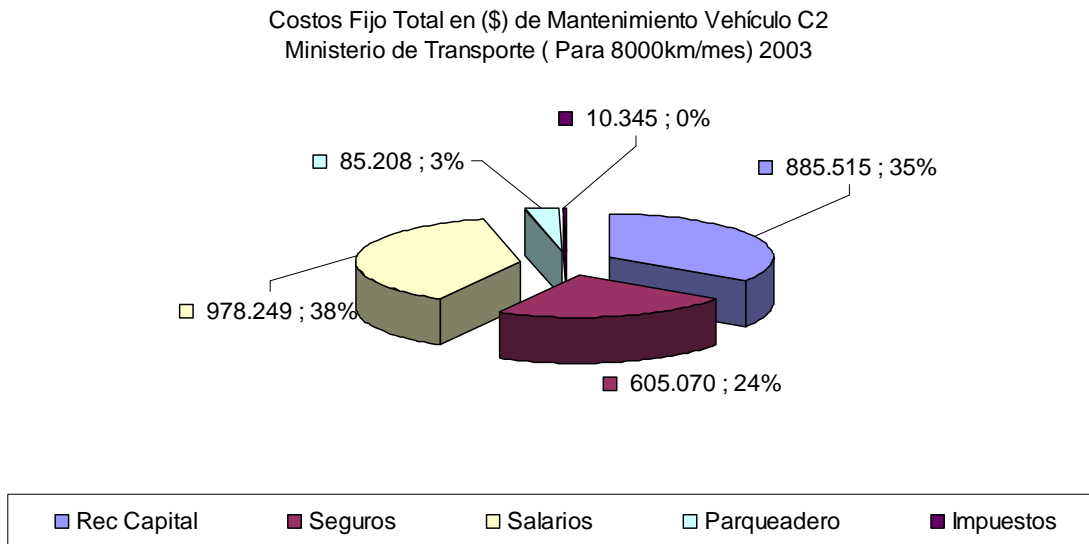


Figura 12. Costo Fijo Total para C2



### 1.3 Factores que Afectan el Transporte de Carga

El transporte de carga terrestre en Colombia ha tenido una evolución informal y tradicionalmente, no se desarrolló técnicamente como una empresa sino que fueron inversiones familiares en grupos pequeños, por ello son pocas las empresas de transporte que tengan una estructura adecuada y política de mejora continua. La existencia actual de la tabla de fletes hace que no haya libre competencia y por lo tanto el sector del transporte de carga no se preocupe por establecer indicadores de mejora en su proceso productivo.

Actualmente los factores que afectan el transporte de carga terrestre relacionados con el mantenimiento son:

- Altos costos de mantenimiento
- Altos costos de los combustibles
- Inadecuada estructura organizacional de las empresas de transporte
- Falta de personal técnicamente capacitado para operar
- Deficiente administración en el manejo de combustibles
- Desconocimiento de indicadores y procedimiento de control.

Se plantea el presente trabajo del modelo gerencial de mantenimiento para flotas de carga con el fin de generar aporte para promover el desarrollo competitivo del sector de transporte de carga terrestre. Con un modelo gerencial eficiente de mantenimiento se logra el uso eficiente de los recursos energéticos y se promueve el cuidado del medio ambiente.

## 1.4 Objetivos

El objetivo general del trabajo es “Plantear un modelo gerencial de mantenimiento para flotas de transporte de carga terrestre”, y los objetivos específicos son:

Objetivos Específicos:

- Estructurar los componentes de costos de mantenimiento en flotas de transporte de carga.
- Plantear los principales indicadores para gestión de mantenimiento.
- Desarrollar propuesta conceptual para el control de repuestos e insumos.
- Indicar procedimientos para gestión de rendimiento de llantas y combustible.
- Proponer programa de renovación de flotas.
- Plantear modelo administrativo de mantenimiento
- Indicar gestión para mejoramiento continuo

## 2. MANTENIMIENTO

El objetivo de mantenimiento es sostener la funcionalidad<sup>1</sup> de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo, con esta premisa se puede entender la evolución del área de mantenimiento a través de las distintas épocas de acuerdo a la exigencia de sus clientes. Los clientes de mantenimiento son las unidades prestadoras de servicio o procesos de transformación, los cuales generan bienes reales o intangibles mediante la utilización de los activos.

El progreso de mantenimiento permite distinguir varias generaciones evolutivas, en relación a los diferentes objetivos que se observan en las unidades productivas o de manufactura a través del tiempo; el análisis se lleva a cabo en cada una de esta etapas, que muestran las empresas en función de sus metas de producción para ese momento, la clasificación generacional relaciona las áreas de mantenimiento y producción en términos de evolución.

El mantenimiento ha venido evolucionando de manera importante acorde a las necesidades operativas. Los cambios de orientación del mantenimiento desde el punto de vista operativo se pueden dividir en seis etapas a partir de 1950, se toma este año por que a partir de aquí se inició un verdadero cambio evolutivo con un mantenimiento sistemático, el resumen de su evolución se puede apreciar en la Figura 13.

Figura 13. Evolución Histórica del Mantenimiento

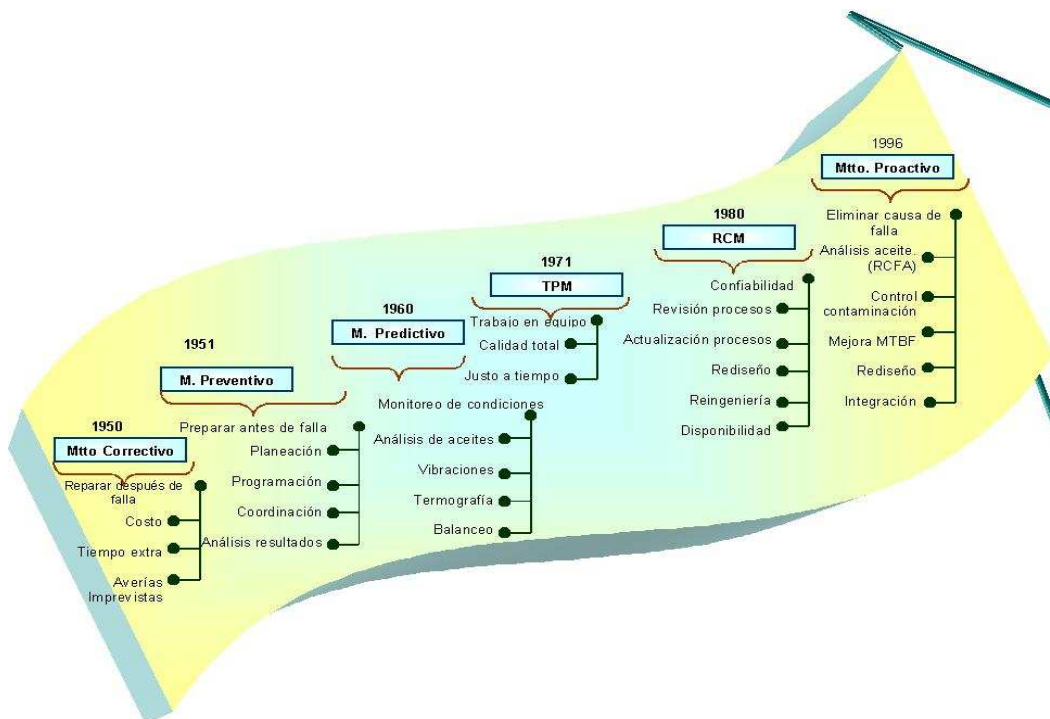
Etapa	Años	Producción - Manufactura		Mantenimiento	
		Orientación	Necesidad	Orientación	Objetivo
I	antes 1950	el producto	generar producto	acciones correctivas	reparar fallas
II	entre 1950 y 1959	la producción	estructurar sistema productivo	acciones planeadas	prevenir, predecir y reparar fallas.
III	entre 1960 y 1980	la productividad	optimizar la producción	tácticas de mantenimiento	operar bajo sistema organizado
IV	entre 1981 y 1995	la competitividad	mejorar índices mundiales	implementar estrategia	medir costo, CMD, compararse, predecir, índices, etc
V	entre 1996 y 2004	la innovación tecnológica	producir de acuerdo a la demanda	desarrollar habilidades y competencias	aplicar ciencia y tecnología de punta
VI	Desde 2004	gestión y operación coordinada integral de activos en forma entre ambas dependencias. Gestión de Activos			

<sup>1</sup> NA: Función de Mantenimiento: Parece originarse con la era de la industrialización con la aparición de los equipos organizados para producir. La misma aparición de producción genera la existencia de averías y fallas en los equipos, lo que conduce desde ese época hasta la actual en condiciones de gestión de mantenimiento. (Souris, 1992,xiii).

La evolución del mantenimiento permite conocer cuales fueron las prioridades en cada una de las etapas de lo últimos 50 años, esto no quiere decir que el mantenimiento correctivo como era la prioridad en los años 50s no se aplique actualmente; lo que representa es la prioridad que se dio para cada etapa.

Desde el punto de vista de orientación del mantenimiento y sus técnicas la evolución se presenta en la Figura 14. El mantenimiento en los cincuenta era técnicamente correctivo, a partir del año 51 se inicia con rigor la planeación y la programación de las rutinas de mantenimiento. En el año 1960 como un avance del mantenimiento preventivo se declara el inicio del mantenimiento predictivo aplicando las técnicas de análisis de aceite, vibraciones mecánicas, termografía y el balanceo de equipos tanto estáticamente como dinámicamente. Para el año 1971 se implementa el mantenimiento productivo total donde integra la responsabilidad de los equipos y producción tanto al área de operaciones como a mantenimiento. El RCM<sup>1</sup> se implementa a partir del año 1980 con el objetivo de aumentar la confiabilidad de los componentes de los equipos; el RCM llega con técnicas de Rediseño, Reingeniería y Disponibilidad. El mantenimiento proactivo se inicia a partir del 1996 como técnica de mejorar diseños y eliminación de causa raíz de problemas.

Figura 14. Evolución del Mantenimiento según Técnicas Utilizadas



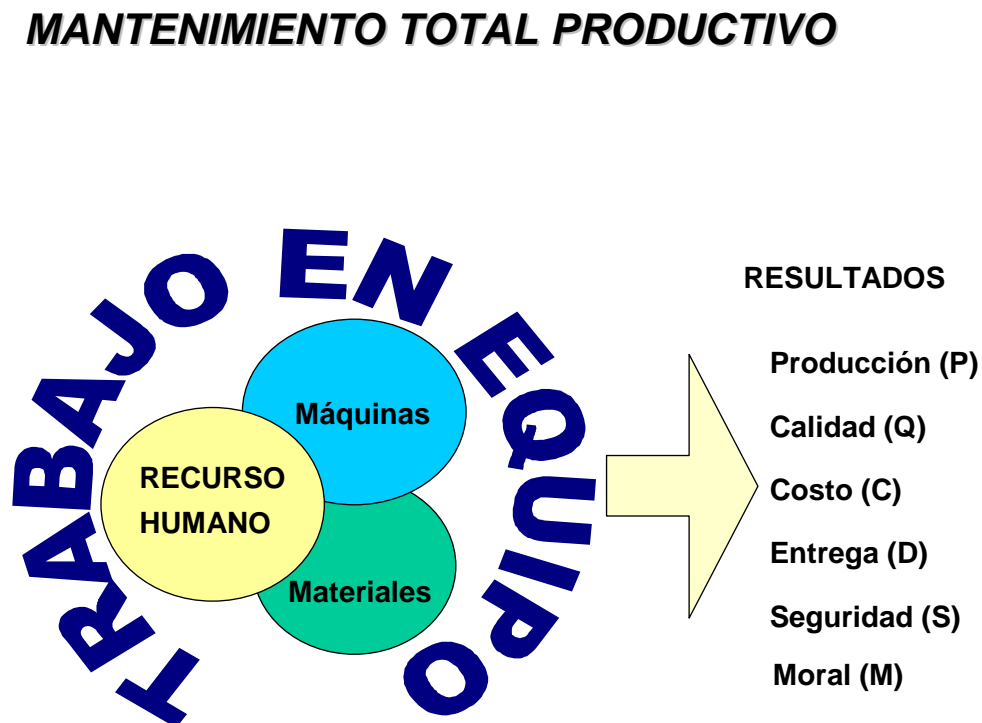
Fuente: Monografía Gerencia de Mantenimiento Proactivo basado en análisis de aceite para Motores de Maquinaria Pesada en Minería.

<sup>1</sup> RCM: Reliability Centered Maintenance.

El concepto del TPM fue establecido en el año 1971 por el instituto Japonés de Ingenieros de Planta (JIP). Esta institución fue la precursora del Instituto Japonés para el Mantenimiento de plantas (JIPM)<sup>1</sup>, que en la actualidad es una institución dedicada a la investigación, consultoría y formación de ingenieros de plantas productivas. El TPM surgió y se desarrolló inicialmente en la industria del automóvil y luego pasó a formar parte de la cultura corporativa de las empresas que lo implantaban, como fue el caso de Toyota, Nissan y Mazda.

El TPM o Mantenimiento Productivo Total supone un nuevo concepto de gestión de mantenimiento, que trata de que éste sea llevado por todos los empleados y a todos los niveles a través de actividades en pequeños grupos. Se hace mención del TPM debido a que se toma de esta metodología el mantenimiento autónomo, es decir el ejecutado por lo operadores de los equipos. El concepto de TPM reúne tres entes interrelacionados los cuales son máquinas, recurso humano y materiales. La adecuada interrelación de estos componentes y el trabajo en equipo da como resultado unas salidas que llevan al área de operación y mantenimiento hacerlas más competitivas como se muestra en la Figura 15.

Figura 15. Conceptos del TPM y Resultados

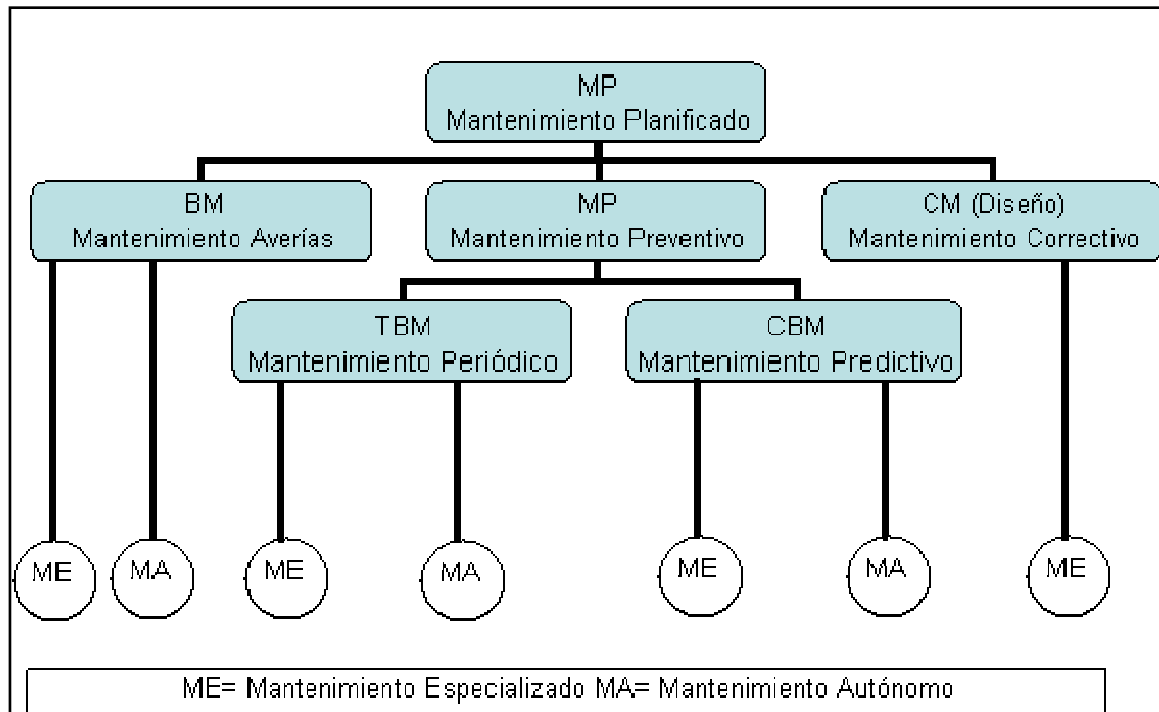


Fuente: Monografía Modelo Mantenimiento bajo norma ISO

<sup>1</sup> Japan Institute Plant Maintenance

El mantenimiento se puede clasificar estructuralmente de acuerdo a su finalidad como lo hace el TPM<sup>1</sup>, en la Figura 16 se muestra la categorización que se le dio.

Figura 16. Clasificación del Mantenimiento Planificado



Fuente: Total Productive Maintenance, LLuis Cuatrecasas

En la Figura 16 se hace la clasificación de las acciones de mantenimiento ejecutadas y sus conceptos se explican a continuación.

## 2.1 Mantenimiento Planificado (MP)

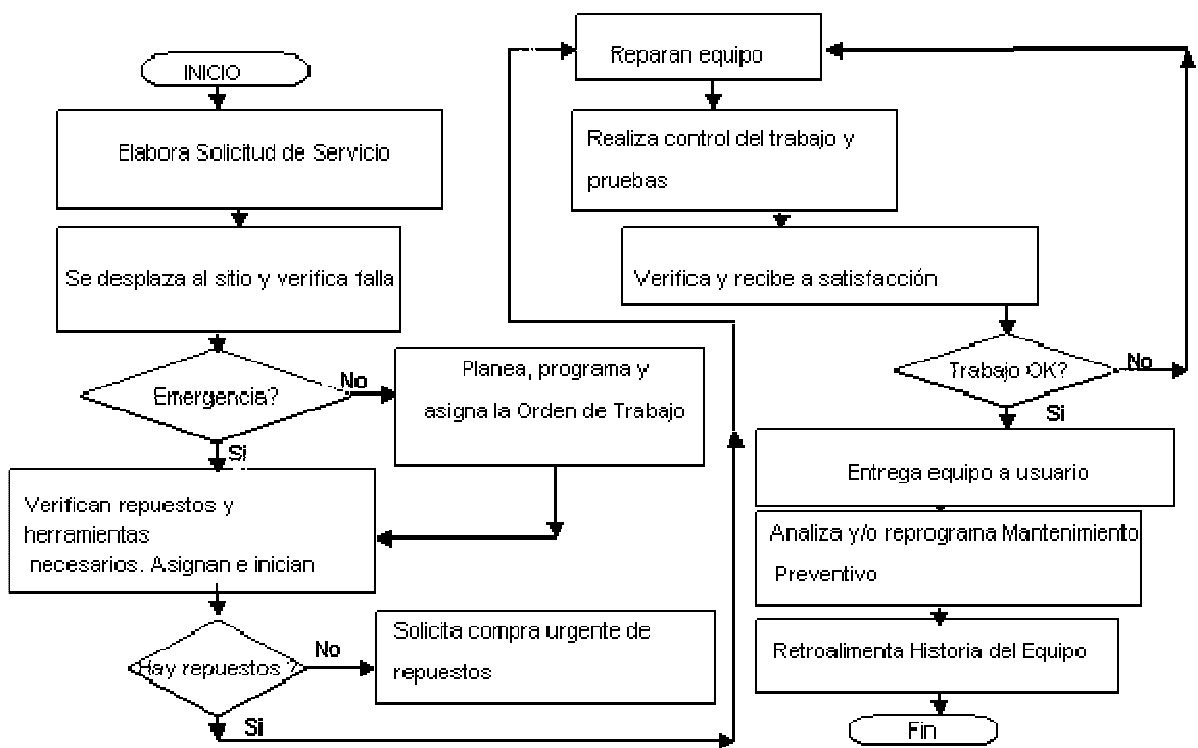
Es el conjunto sistemático de actividades programadas de mantenimiento cuyo fin es acercar progresivamente una unidad productiva al objetivo que busca el TPM: cero averías, cero defectos, cero despilfarros y cero accidentes. Este conjunto planificado de actividades se llevará a cabo por el personal específicamente calificado en tareas de mantenimiento y o con avanzadas técnicas de diagnóstico de equipos.

<sup>1</sup> TPM: Total Productive Maintenance.

## 2.2 Mantenimiento de Averías (BM)

Consiste en reparar el equipo después de que haya fallado y cuyas pérdidas deberá intentarse que se limiten a los costos de la reparación; para que las pérdidas no se Amplíen a pérdidas de producción o de otra tipo, hay que instruir al personal de producción para que realice reparaciones menores durante las inspecciones diarias (mantenimiento autónomo), y si la avería lo requiere, reportar rápidamente al equipo de mantenimiento especializado. Ver Figura 17.

Figura 17. Flujograma Información del Mantenimiento de Averias

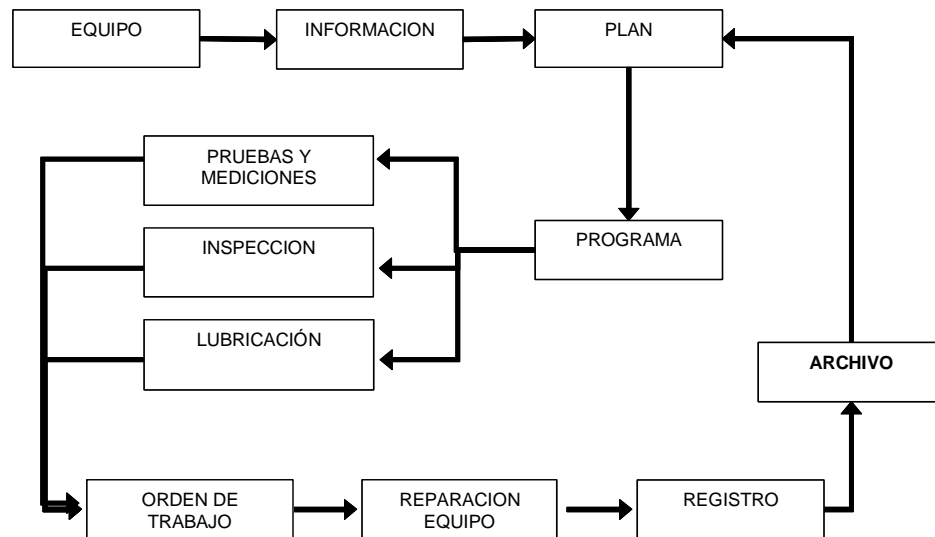


Fuente: Monografía Modelo Mantenimiento bajo norma ISO

## 2.3 Mantenimiento Preventivo (MP)

El mantenimiento preventivo tiene como objetivo básico la planificación de las actividades que eviten problemas posteriores. En la Figura 18 se presenta un esquema muy sencillo sobre el flujo de la información desde el equipo hasta que se crea el plan de mantenimiento.

Figura 18. Esquema del Mantenimiento Preventivo



Fuente: Monografía Modelo Mantenimiento bajo norma ISO

Los objetivos que busca un programa de mantenimiento preventivo son<sup>1</sup>:

- Inspeccionar una máquina antes de que su operación defectuosa interfiera con la producción en términos de calidad, cantidad o precio.
- Tomar acción antes de que los costos de reparación sean demasiado altos
- Eliminar o limitar riesgos de daños posibles a maquinaria estratégica con altos costos de parada.
- Permitir que las reparaciones se efectúen en las mejores condiciones posibles.
- Evitar consumos excesivos de energía.
- Eliminar las causas de graves accidentes.
- Mejorar la actitud de las personas. Maquinaria en mejor estado ayuda a tener gente más motivada y con una actitud más positiva hacia el manejo de los activos físicos.
- Reducir la carga de trabajo de mantenimiento por una mejor preparación del trabajo y reducción de paradas imprevistas.

### 2.3.1 Mantenimiento Periódico (TBM)

El trabajo de mantenimiento empieza con el mantenimiento periódico o basado en tiempo (las siglas TBM significa Time Base Maintenance). Se trata de

<sup>1</sup> Seminario MP, Botero Botero, Ernesto, Página 25 y 26.

actividades básicas que facilitan un funcionamiento consistente y continuado del equipo, tales como inspeccionar, limpiar, reponer y restaurar piezas periódicamente para prevenir las averías. Las actividades TBM debe llevarse a cabo por el departamento de producción como parte del mantenimiento autónomo, y por el departamento de mantenimiento, como soporte a las citadas tareas de mantenimiento autónomo. La estrecha colaboración entre ambos departamentos es un elemento clave para alcanzar los objetivos de mantenimiento.

### **2.3.2 Mantenimiento Predictivo (CBM)**

Para hacer una planta más competitiva, es más eficiente la gestión basada en el mantenimiento predictivo o en el mantenimiento basado en condiciones CBM (Condition Base Maintenance), que el mantenimiento periódico TBM, siempre que se den las condiciones para poder hacerlo.

El mantenimiento predictivo se basa en la utilización de equipos de diagnóstico y modernas técnicas de procesamiento de señales que evalúan las condiciones del equipo durante la operación y determinan cuando se precisa mantenimiento. Es un mantenimiento de alta fiabilidad basado en las condiciones reales del equipo y no en periodos de tiempo. También en este tipo de mantenimiento colaboran conjuntamente el departamento de producción, mediante inspecciones y test diarios, y el departamento de mantenimiento, utilizando técnicas complejas de mantenimiento y supervisando continuamente cualquier cambio en el estado del equipo.

### **2.3.3 Análisis de Aceite<sup>1</sup>**

El análisis de aceite es una estrategia del mantenimiento proactivo y predictivo ampliamente utilizada y de grandes beneficios económicos. Los avances en computación, programas e instrumentación han propiciado grandes cambios en el campo. Esta nueva tecnología hace que los programas de análisis de aceite sean más fáciles de administrar y asegura un alto retorno del dinero invertido en mantenimiento.

Muchas compañías en Latinoamérica están utilizando software para dar seguimiento a la información de operación y desempeño de sus equipos.

Hay algunos programas independientes de análisis de aceites que permiten desde la comunicación con los laboratorios vía intranet, la administración de los resultados, impresión, gráficos, establecer límites de advertencia, tendencias y además configuran módulos adicionales para registrar análisis de vibración.

---

<sup>1</sup> Monografía: MENDOZA Reina, Libardo Otro. Gerencia de Mantenimiento Proactivo basado en análisis de aceite para Motores de Maquinaria Pesada en Minería. Pag 29-38.

Existe gran confusión y necesidad de aclarar lo referente al establecimiento de límites de alarma, donde se utilizan en muchas ocasiones metodologías generales enfocadas fundamentalmente al mantenimiento predictivo (es decir cuando se está próximo a una falla para poder evitar paros y fallas catastróficas). El nuevo enfoque del mantenimiento proactivo, permite utilizar límites de advertencia de tendencia, determinados para poder tomar acciones cuando alguna de las variables que provocan el desgaste se salga de ellos y de esa manera no sólo evitar la falla, sino evitar el desgaste y por lo tanto, prolongar significativamente la vida de los equipos.

### **Pruebas de Laboratorio**

Existe una gran variedad de pruebas que se utilizan para evaluar lubricantes. Las pruebas especificadas, deben cubrir tres áreas:

- ◆ Condición del Equipo
- ◆ Condición de Contaminación
- ◆ Condición del Lubricante

Generalmente, es necesario efectuar las pruebas en las tres áreas, para evitar la falla de los equipos, aunque en ocasiones algunas de las pruebas trabajan en dos o más áreas, esto se utiliza para asegurar la evidencia de alguna condición anormal. A continuación se pueden observar las pruebas que se utilizan mas frecuentemente en la filosofía del mantenimiento proactivo como técnicas de monitoreo de condición.

### **Análisis Espectrométrico**

Esta técnica se utiliza para detectar y cuantificar elementos metálicos en un aceite usado como resultado del desgaste, contaminación y aditivos del aceite. (Aunque en ocasiones se utiliza para aceites nuevos, no es muy común). La muestra de aceite es energizada para hacer que cada elemento emita o absorba una cantidad cuantificable de energía, lo cuál indica la concentración de elementos en el aceite.

Los resultados reflejan la concentración de elementos metálicos disueltos como los aditivos y también partículas muy finas de desgaste. Esta prueba es la columna vertebral de la mayoría de los laboratorios de análisis de aceite en el mundo, ya que proporciona información de la máquina, la contaminación y la condición del desgaste relativamente rápido y precisamente. Su limitación principal es que su eficiencia de detección es muy baja para partículas de tamaño de 5µm (micrones) o mayores.

Las partículas con diámetros mayores de 10µm, son generalmente las partículas resultantes de desgaste anormal y esas partículas deberán ser cuantificadas para determinar la ocurrencia del desgaste.

## **Espectroscopia de Filtro Rotatorio**

Esta técnica espectrométrica, que fue introducida en 1992, detecta partículas gruesas de metales de desgaste y contaminantes base silicio en muestras de aceites usados. Estas partículas “gruesas” incluyen todas las partículas hasta 25 $\mu$ m, pero excluye a los aditivos.

Como se menciona anteriormente, las partículas grandes son resultado de desgaste anormal. Este método llamado también RFS (Rotrode Filter Spectroscopy) proporciona además una membrana de bajo costo para poder efectuar el análisis de ferrografía y es superior a la prueba de ferrografía directa (DR Ferrography), porque detecta tanto partículas ferrosas como no ferrosas. Su eficiencia de detección se disminuye en el orden del 15% cuando el aumento de tamaño de las partículas supera las 25 $\mu$ m de diámetro.

## **Viscosidad**

Conocida como la resistencia de un líquido a fluir. La viscosidad es la más importante propiedad física de un lubricante, ya que deben tener y conservar su habilidad de fluir y proteger las partes de la maquinaria a diferentes temperaturas y condiciones.

Las viscosidades de los lubricantes varían dependiendo de su grado o clasificación, así como de su grado de oxidación y contaminación durante el servicio. Algunos fabricantes de aceites recomiendan que si la viscosidad de un lubricante difiera en más de un 10% de su grado nominal o “línea de base”, entonces deberá considerarse su cambio.

Cuando el equipo está en una clasificación de mantenimiento de monitoreo de condición, deberán ponerse en práctica controles más específicos. La viscosidad del aceite crecerá con el tiempo de uso, y se debe considerar un decremento en la viscosidad más seriamente que un incremento. De esta manera, se recomienda establecer unos límites de alerta en +20%, -10%. (Ej. No más de 20% sobre el grado nominal y no menos del 10% bajo el grado nominal). La prueba estándar de Viscosidad Cinemática es la ASTM D455, que reporta los resultados en Centistokes cSt a 100°C o 40°C. Sin embargo valdría la pena considerar la utilización de la prueba de Viscosidad Absoluta, ya que en un aceite usado no sólo varía la viscosidad, sino también el peso específico o gravedad del aceite, dando por resultado un error en el resultado, ya que la viscosidad cinemática es igual a la Viscosidad Absoluta / Gravedad específica.

## **Análisis Infrarrojo (FTIR)**

Esta técnica espectrométrica se utiliza para detectar componentes orgánicos en el aceite, agua y productos de degradación de una muestra de aceite usado. Durante la utilización del aceite, éste se degrada y en ocasiones se acidifica. Si

la oxidación del aceite fuera severa, el lubricante corroerá las superficies del equipo.

Mientras mayor sea el “número de oxidación”, mayor oxidación se tendrá. La nitración del aceite refleja de una manera similar el nivel de compuestos de nitrógeno (común en motores a gas natural). Las condiciones como barniz, depósitos de lodo, anillos atascados y taponamiento de filtros ocurren en sistemas con problemas de oxidación y nitración. La espectroscopía infrarroja indica también contaminación debida a combustible, agua libre, glicol del anticongelante y depósitos por hollín. La estandarización de esta prueba es por ASTM E1491.

Algunos fabricantes de equipo han establecido algunos parámetros de advertencia, pero se recomienda que sea utilizada como una herramienta de monitoreo de tendencia. Los valores deberán ser considerados para cada aplicación, tipo de maquinaria, severidad, etc.

### **Número Ácido (AN)**

Es un método de titulación diseñado para indicar la acidez relativa del aceite. El número ácido es utilizado como una guía de seguimiento de la degeneración por oxidación de un aceite en servicio. Los cambios de aceite son frecuentemente recomendados cuando el valor del AN alcanza un nivel predeterminado para un cierto tipo de lubricante y aplicación. Un incremento repentino del AN deberá ser considerado como un indicador de condiciones anormales de operación (tal vez sobrecalentamiento) que requiere de una investigación por parte del departamento de mantenimiento.

La mayoría de los fabricantes de aceites proporcionan límites condenatorios en sus recomendaciones. Se recomienda establecer un límite máximo dependiendo del tipo de aceite y la aplicación y monitorear la tendencia del aceite para detectar los cambios repentinos. El comportamiento del AN es muy estable generalmente, manteniendo una tendencia en principio negativa y posteriormente se estabiliza, sin embargo, cuando la oxidación inicia, la tendencia se incrementará de manera exponencial. Esta prueba tiene la designación de ASTM D664 y su exactitud es del 15%.

### **Número Básico (BN)**

El Número Básico, es el inverso del AN y es una prueba de titulación utilizada para determinar la reserva alcalina de un lubricante. El BN es aceptado generalmente como un indicador de la habilidad del lubricante para neutralizar ácidos peligrosos formados por la combustión de productos en motores de combustión interna. El BN es normalmente aplicado a motores a Diesel.

Los fabricantes de motores generalmente establecen en sus límites condenatorios valores límites mínimos para la operación y determinan el cambio

de aceites cuando estos sean alcanzados. De igual manera se recomienda evaluar la tendencia y actuar cuando cambios súbitos se presenten.

## **Agua**

El agua es un elemento no deseado normalmente en el lubricante, ya que el agua destruye la capacidad del lubricante para proteger las partes en movimiento y además ataca los aditivos del aceite, haciendo que el equipo sufra desgaste, herrumbre y corrosión. Otro efecto del agua en los lubricantes es la formación de espuma, incremento de temperatura y lodo en los tanques. La contaminación por agua no deberá exceder del 0.25% en la mayoría de los equipos y no más de 100 ppm.

## **Conteo de Partículas**

Es un método para clasificar y contar partículas en el fluido lubricante de acuerdo con rangos aceptados de tamaño, por organismos como ISO con su norma ISO 4406 y la NAS 1638. Hay varios tipos de instrumentos utilizados para conteo de partículas, que utilizan diferentes sistemas y tecnologías, desde contadores ópticos láser a los de monitoreo de bloqueo de poro.

Los sistemas denominados “sistemas limpios” como turbinas, hidráulicos, etc., requieren del conteo de partículas y no deben exceder ISO 18/16/12 en la mayoría de los casos, sin embargo algunas aplicaciones requieren límites mas estrictos. Este es un excelente método para verificar la eficiencia del filtro y actualmente se le utiliza como una de las técnicas del Mantenimiento Proactivo para determinar el inicio de alguna condición anormal que pueda llegar a generar desgaste.

El conteo de partículas, cuenta todas las partículas en la muestra de aceite sin importar el tipo de elemento de que se trate y las clasifica de acuerdo a su tamaño. Su interpretación deberá ser en función de los parámetros de limpieza que se hayan establecido para cada aplicación en particular, cualquier variación por arriba de los límites, deberá generar una investigación de la causa y probablemente sea necesario tomar acciones de filtración, reemplazo de filtros, aceites, etc. La eficiencia de los equipos puede variar en función del tipo de aceite y los aparatos, generalmente es del 10%

## **Ferrografía Analítica**

Esta es una técnica que separa las partículas de desgaste del aceite por medio de magnetismo y las deposita en una placa de vidrio conocida como ferrograma. La examinación al microscopio permite la identificación del modo de desgaste y las probables fuentes de desgaste de la maquinaria. Esta técnica conocida como Ferrografía Analítica, una versión completamente automática de esta técnica de separación magnética es la Ferrografía de lectura directa (DR).

Esta técnica mide la relación entre las partículas grandes y pequeñas en la muestra y la información puede ser utilizada para calcular la concentración de partículas de desgaste y el índice de severidad, estos dos parámetros ayudan a construir tendencias del comportamiento de los equipos. No está disponible para materiales de desgaste no ferrosos.

Este tipo de resultados es de mayor valor una vez que se ha establecido una línea de tendencia.

### Aplicaciones de los Equipos

Los equipos industriales necesitan una combinación de las pruebas anteriormente mencionadas para monitorear la condición de los equipos. La Figura 19, es un resumen de la aplicabilidad de las pruebas.

Figura 19. Aplicación de pruebas de análisis de aceite.

Equipo	Análisis Espectro-gráfico	RFS	Ferrografía	Viscosidad	FTIR	Conteo de Partículas	Karl Fisher	Numero Ácido	Número Básico
Motor	R	A	A	R	R	N/A	N/A	N/A	R
Compresor	R	R	A	R	R	N/A	A	R	N/A
Caja de engranes	R	R	A	R	R	N/A	N/A	N/A	N/A
Rodamientos	R	R	A	R	R	A	N/A	N/A	N/A
Hidráulicos	R	R	A	R	R	R	A	A	N/A
Turbinas	R	R	A	R	N/A	R	R	R	N/A
Motores eléctricos	R	R	A	R	R	N/A	N/A	N/A	N/A

N/A : No Aplica

R : Requerido

A : Aconsejable

Fuente: Monografía: Gerencia de Mantenimiento Proactivo basado en análisis de aceite para Motores de Maquinaria Pesada en Minería

### Aplicación a Motores Diesel

El diseño de motores ha cambiado impresionantemente rápido desde la última década y eso combinado con la innovación en metales y componentes de cerámica ha conducido a un menor desgaste y un mayor intervalo en cambio de aceites.

Los fabricantes de motores han reconocido las ventajas del análisis de aceite y ellos mismos emiten boletines anuales en los que establecen sus límites condonatorios. El aporte que ellos proporcionan es muy importante, dado el conocimiento que tiene de la metalurgia de los equipos.

La mayoría de los motores requieren de un aceite multigrado diseñado para proporcionar la mayor protección en una amplia variedad de climas. Estos lubricantes contienen una química de aditivos avanzada. Tanto la viscosidad como los paquetes de aditivos son normados y regulados por la SAE y el API. En la Figura 20, considera límites condenatorios para algunos de los motores más conocidos.

Las pruebas de espectroscopia y viscosidad son de las más importantes, además de que en ocasiones se requieren de BN y FTIR para evaluar la condición del lubricante en motores que son particularmente susceptibles a degradación del lubricante.

## **Tendencias**

El establecimiento de tendencias que proporcionen una advertencia a tiempo, sin falsas alarmas, no es una tarea sencilla. Varios factores como el cambio de aceite o la adición de rellenos, cambios de filtros, técnica de muestreo, etc., podrán hacer variar los resultados. Razón por la cual se recomienda seguir los siguientes pasos:

### **Familiarización con el equipo**

Muchos Ingenieros y Técnicos no conocen su equipo desde el punto de vista de la lubricación. Información importante como la metalurgia de las partes que tienen contacto con los lubricantes, condiciones de carga de los equipos y ambiente de operación, son consideraciones por demás importantes y contribuyen a la solución de problemas que se presentan con el análisis del aceite.

Es importante consultar los manuales de los equipos o solicitar soporte quien instaló la maquinaria. Se debe mantener la información a la mano en los archivos propios de la empresa correspondientes con el equipo y también se debe proporcionar información al laboratorio de análisis de aceite.

### **Respetar las especificaciones del fabricante del equipo**

Muchos fabricantes de equipo, han publicado especificaciones para los lubricantes y su mantenimiento. Si el fabricante ha determinado algunos límites de advertencia en sus especificaciones, hay que colocar esos límites en el programa de análisis de aceite y compartirlos con el laboratorio.

### **Evaluación del Lubricante**

Los programas de análisis de aceites, frecuentemente encuentran lubricantes incorrectos, mezcla de productos o de grados de aceite que tienen fatales consecuencias en el equipo. Es importante solicitar al proveedor de lubricantes

que proporcione información técnica de los productos a la empresa, el usuario debe consultar además estos productos con el proveedor del equipo y discutir las diferencias.

Figura 20. Límites de advertencia Generales para Motores Diesel<sup>1</sup>

Elemento	Caterpillar	Cummins	Detroit Diesel
Hierro	100 ppm	84 ppm	150 ppm
Cobre	45 ppm	20 ppm	90 ppm
Plomo	100 ppm	100 ppm	No especificado
Aluminio	15 ppm	15 ppm	No especificado
Cromo	15 ppm	15 ppm	No especificado
Estaño	20 ppm	20 ppm	No especificado
Sodio	40 ppm	20 ppm	50 ppm
Boro	20 ppm	25 ppm	20 ppm
Silicio	10 ppm	15 ppm	No especificado
Viscosidad	+20 % a -10 % del grado SAE nominal	+/- 1 grado SAE o 4 cSt del aceite nuevo @ 100°C	+40 % a -15% del grado SAE nominal @ 40°C
Agua	0.25% máx.	0.2% máx.	0.3% máx.
TBN	1.0 mg KOH/g valor min.	2.0 mg KOH/g min. , o 50% del inicial o igual al TAN	1.0 mg KOH/g valor mín.
Dilución por combustible	5% máx.	5% máx.	2.5% máx.
Dilución por Glicol	0.1% máx.	0.1% máx.	0.1% máx.
Ferografía	Por excepción	por excepción	por excepción

Fuente: Monografía: Gerencia de Mantenimiento Proactivo basado en análisis de aceite para Motores de Maquinaria Pesada en Minería

Al evaluar el aceite nuevo se deben mandar muestras de este al laboratorio, para obtener la “Línea de Base”, que permitirá comparar las condiciones en las que arranca el aceite y poder comparar como se va degradando con el tiempo y establecer líneas de tendencia adecuadas.

<sup>1</sup> Nota: Estos son valores generales para los motores de los fabricantes que se listan y sirven sólo como referencia. Consulte al fabricante de equipo para requerimientos específicos

## **Interpretación de las pruebas de Aceite**

Comprender el significado de las pruebas que se le hacen al aceite, que se ha descrito brevemente en este capítulo, permitirá dar el valor exacto y la intención de cada una de ellas al interpretar los resultados y efectuar el análisis de tendencias.

La variabilidad de los resultados es un factor normal, dada la calibración de aparatos, técnico que desarrolla la prueba y otros factores. En la viscosidad, la variación será de solamente 0.5%, en contraste, el BN puede tener una variación del 15%. (Un valor de BN 7, podrá representar realmente entre 5.97 y 8.05). En caso de una duda muy seria, se debe consultar con el laboratorio acerca de la confiabilidad y solicite una nueva prueba.

### **Muestreo adecuado**

Un muestreo deficiente es la causa de que los programas de análisis de aceite fracasen y pierdan credibilidad. Se deben seguir los pasos de las guías establecidas, tomar las muestras de la misma manera y en el mismo punto siempre.

Si no se reporta y registran los cambios de aceite, los rellenos, cambios de filtros, etc. no se podrá dar un seguimiento a la información y será muy difícil el establecer tendencias.

Resultados en los que “mágicamente” desaparecen el desgaste, la contaminación, el agua, etc. son ejemplos de condiciones de operación y mantenimiento no controladas.

### **Registro del tiempo de operación del aceite:**

Las tendencias estadísticas, no son válidas científicamente si no se incluye el tiempo de operación del aceite. Una alarma estadística para metales de desgaste y contaminantes es para señalar una alerta cuando se detecta un incremento de 10ppm en un periodo de 100 horas de operación en los resultados del análisis espectrométrico.

Los usuarios de motores, generalmente registran el tiempo de operación para determinar los intervalos de cambio de aceite y reparaciones programadas con base en horas de operación. La tendencia en este tipo de operación, normalmente es muy completa y con límites muy bien establecidos. Sin embargo para equipos que no tienen horómetros instalados, el muestreo basado en periodos de tiempo fijos, es un método efectivo para estos casos, especialmente cuando se desarrolla en intervalos regulares. Se debe evitar el muestreo al azar y en todos los casos llevar un control de las fechas de muestreo.

## Nuevos Equipos

Tomar una muestra de cada componente de los equipos que no tienen historia anterior (nuevo o reparado) es una excelente idea, que dará información acerca de las condiciones actuales y de desgaste de la maquinaria, ya que en ese momento será difícil establecer límites sin la información pertinente. Un análisis mensual por los tres primeros meses, podrá establecer una buena tendencia de desgaste del equipo, de acuerdo con la información acumulada.

## Metodología para Cambiarle el aceite a un equipo Rotativo<sup>1</sup>

En el proceso de oxidación de un aceite derivado del petróleo se generan productos que son solubles en el aceite y otros que son insolubles; los productos solubles como su nombre lo indica permanecen en suspensión en el aceite permitiendo que cuando este se cambien salgan en el proceso de drenado; los insolubles se adhieren a las superficies metálicas del equipo formando lacas y gomas ácidas, las cuales reaccionan con el aceite nuevo disminuyendo su capacidad alcalina y por lo tanto modificando su vida de servicio entre frecuencia de cambio. Así por ejemplo si un aceite mineral nuevo tiene un Número Ácido de 0.1mgr KOH/gr.ac.us, y el valor máximo permitido es de 0.7 mgr KOH/gr.ac.us. para una frecuencia de cambio de cada seis meses, cuando se cambie el aceite y no se evacuen los productos insolubles de la oxidación, el aceite nuevo una vez que esté en contacto con los productos insolubles y los lave quedará con un AN no de 0.1 sino de 0.2 o más dependiendo de la cantidad y nivel de acidez de dichos productos; este valor inicial más alto de AN conlleva a que más rápidamente se alcance el máximo valor permisible de 0.7, reduciendo de esta manera la frecuencia de cambio del aceite. El problema crítico en estos casos se presenta no por que se tenga que cambiar más rápidamente el aceite, sino porque si se está cambiando el aceite bajo la filosofía de la lubricación preventiva y no de la lubricación predictiva o por condición se presentará a partir de cierto tiempo de trabajo del aceite problemas de desgaste corrosivo como resultado de trabajar con un aceite oxidado. A medida que pasa el tiempo este problema se volverá más crítico por que cada vez habrá más cantidad de ácidos presentes en el aceite.

La recomendación es que siempre que cambie un aceite mineral porque alcanzó el valor máximo permisible del AN, es necesario lavar el equipo internamente; la mejor forma de hacerlo es drenando el aceite y luego lavar internamente el equipo usando un solvente o un producto de limpieza fabricado por los productores de aceite para evacuar los productos insolubles de la oxidación. En caso de que no se cuente con estos productos se puede utilizar el procedimiento consistente en sacarle al equipo que se encuentra en servicio un 5% del aceite usado 24 horas antes del cambio de aceite y añadirle un 5% de kerosene; este producto añadido en esta proporción no altera el desempeño del aceite y si le dá

---

<sup>1</sup> ALBARRACIN, Pedro Ramón. Seminario Mantenimiento Predictivo Análisis de Aceite. Pag 85.

propiedades detergentes que permiten evacuar los productos insolubles del proceso de oxidación del aceite.

Cuando se utilizan aceites sintéticos no es necesario lavar los equipos internamente ya que por su naturaleza fisico-química no producen productos insolubles cuando se oxidan y por sus propiedades detergentes naturales permiten evacuar completamente todas las impurezas que se hayan generado dejando completamente limpias las superficies metálicas de los mecanismos lubricados. Este nivel de limpieza es mucho mejor cuando se utilizan lubricantes sintéticos del tipo PAG (Polyalkilenglicol).

### **2.3.4 Mantenimiento Correctivo (CM)**

El mantenimiento correctivo comprende las mejoras realizadas sobre el equipo o sus componentes a fin de facilitar y realizar adecuadamente el mantenimiento preventivo. En este tipo de mantenimiento estarían las mejoras efectuadas para solucionar los puntos débiles del equipo.

## **2.4 Indicadores de Mantenimiento**

De los indicadores más importantes de mantenimiento nos detenemos en los de confiabilidad ya que son la esencia de la gestión de mantenimiento.

### **2.4.1 Mantenibilidad**

Probabilidad de que un elemento, máquina o dispositivo, pueda regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal después de una avería, falla o interrupción productiva, mediante una reparación que implica la realización de unas tareas de mantenimiento, para eliminar las causas inmediatas que generan la interrupción.

La manera de medir la mantenibilidad es en términos de tiempo (horas, días, etc.), empleadas en las diferentes reparaciones. La mantenibilidad mide también la capacidad con que un equipo se deja mantener para ser regresado a su estado de referencia.

Una medida de la mantenibilidad es el MTTR<sup>1</sup>; Es la duración promedio de todas las actividades de reparación durante un cierto periodo.

MTTR = (Tiempo Total en Intervenciones/Número de Intervenciones)

---

<sup>1</sup> MTTR: Mean Time To Repair

## 2.4.2 Confiabilidad

La probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales es diseñado, durante un periodo de tiempo específico y bajo las condiciones de operación ambientales y de entorno adecuado. También podemos definir la confiabilidad como la frecuencia con la cual ocurren las fallas en el tiempo.

Una medida de la confiabilidad es el MTBF<sup>1</sup>; Es el promedio de los intervalos entre fallas durante un cierto periodo de tiempo si la falla puede resolverse por medio de mantenimiento.

MTBF = (Tiempo de Operación/Número de Fallas)

## 2.4.3 Disponibilidad

La probabilidad de que un equipo funciona satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo de mantenimiento preventivo, tiempo administrativo tiempo de funcionamiento sin producir y tiempo logístico. El cálculo de la disponibilidad es el siguiente:

Disponibilidad = (Tiempo Útil Operación / (Tiempo Útil Operación+Tiempo no Operativo))

La relación entre la Disponibilidad, la Confiabilidad y Mantenibilidad es:

Disponibilidad = Confiabilidad/(Confiabilidad+Mantenibilidad)

## 2.5 Costos de Mantenimiento

El costo de mantenimiento de flotas de carga es la variable más importante a tener en cuenta ya que de acuerdo a sus resultados el valor de ejercicio contablemente puede tener un balance positivo, utilidad o negativo, pérdida.

### 2.5.1 Estructura de Costos de acuerdo al Ministerio de Transporte

La estructura que propone el ministerio de transporte para los costos del transporte de carga es la siguiente:

---

<sup>1</sup> MTBF: Mean Time Between Failure

- Costo Variable
  - Costo Combustible
    - Terreno Plano
    - Terreno Ondulado
    - Terreno Montañoso
  - Costo Mantenimiento
    - Llantas
    - Lubricantes
    - Filtros
    - Mantenimiento y Reparaciones
    - Lavado y Engrase
    - Imprevistos
- Costo Fijo
  - Seguros
  - Salarios y Prestaciones Básicas
  - Parqueadero
  - Impuestos de Rodamientos
  - Recuperación de Capital
  - Gastos de Administración

## 2.5.2 Factores que Inciden en los Costos de Mantenimiento de Flotas

Hay cinco factores que inciden en los costos de mantenimiento de flotas están resumidos en la Figura 21, estos se explican a continuación:

### Frecuencia de Mantenimiento

El mantenimiento de los equipos cada día deberá ser con menor frecuencia con el fin de aumentar el tiempo disponible para que los equipos logren aumentar su producción.

### Estilo de Operación

El estilo de operar un equipo móvil es la variable más importante a tener en cuenta en la gestión de mantenimiento en flotas, sobre todo cuando lo equipos no tienen lazos de control que impidan las sobrecargas y por lo tanto están expuestos a daños de tipo operativo.

Según CONAE<sup>1</sup> la influencia del comportamiento de los operadores puede representar hasta un 30% del costo de mantenimiento, este valor se puede reducir hasta en un 5% por efectos de capacitación.

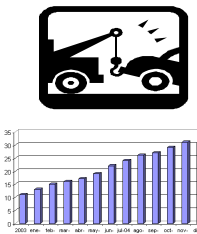




---

<sup>1</sup> CONAE; Corporación Nacional para el Ahorro de Energía de México

## Selección del Vehículo

Normalmente cuando se van a comprar vehículos para una flota se toma la decisión de acuerdo al vehículo de moda, o al que más se encuentra en el mercado. Raramente se detiene un poco a revisar datos y definir con claridad la especificación del vehículo que se va a requerir como la mejor relación de transmisión, la potencia más adecuada, el costo del capital, etc.

Figura 21. Factores que Inciden en los Costos de Mantenimiento de Flotas

Factor	Costo Óptimo	Costo Alto
(1) Mantenimiento Fallas 	Cero Falla ↓ Frecuencia	↑ Fallas ↑ Frecuencia
(2) Estilo Operador 	↑ Técnico	↑ Agresivo
(3) Selección Vehículo 	Según Operación	Fuera de Especificación Motor, Chasis, Caja
(4) Actividad 	12 Hrs/dia Un Operador (Según Operación)	24 Hrs/dia Rotación Operador (Según Operación)
(5) Renovación 	Máximo 5 años y/o 500.000Km	Fuera de Especificación

Se recomienda llevar a cabo los siguientes pasos para la compra de vehículo:

- Planifique
- Conozca las verdaderas necesidades
- Piense a largo plazo
- Consulte lista de verificación
  - Tamaño normal y peso de carga presupuestada
  - Kilometraje anual Estimado
  - Planear velocidad de crucero normal
  - Condiciones de Operación; Arranque, relación transmisión, frenos

- Topografía; Pendientes
- Tipo de carretera. Rugosidad
- Reglas del Ministerio de Transporte
- Asegure la garantía del servicio del proveedor, repuestos
- Revise todas las posibles opciones de compra
- Lleve a cabo pruebas de verificación.

## **Actividad**

En el numeral 3.1.3 se habla del listado de verificación donde se indica lo importante de tener en cuenta el tipo de actividad cuando se compra un vehículo, aquí se enfatiza que el costo de mantenimiento de una flota depende del la actividad a realizar; es decir no se puede comparar los costos de una flota que opera en zona urbana donde el promedio de velocidad es 15km/h con otra que opera entre ciudades con promedios de velocidad de 40km/h, cada una tiene un costo de mantenimiento propio y diferente.

### **2.5.3 Programa de Renovación**

Colombia al tener en promedio de edad de flota de transporte de carga 23 años, como muestra los estudios del Ministerio de Transporte, refleja la falta de una verdadera política de renovación de flota por parte de las empresas del sector transporte. Según estudios realizados las flotas de transporte de carga se deben renovar cada 5 años o cada 500.000 kilómetros. Esto con el fin de aprovechar la máxima eficiencia de los equipos y el mejor costo de mantenimiento.

### **2.6 Análisis de falla con Pareto <sup>1</sup>**

Se describe la metodología del análisis de falla mediante Pareto ya que es la herramienta que se propone para analizar los problemas críticos en las flotas de transporte de carga.

Tan significativa es la influencia de este principio en áreas como confiabilidad y control de calidad que es frecuente y aceptado el uso del verbo paretizar para indicar la acción de ordenar los asuntos pendientes de acuerdo a su importancia. El principio de Pareto también es conocido como la “Ley del 20 – 80” o de lo “pocos vitales y muchos triviales”.

---

<sup>1</sup> Monografía. BLANCO Meléndez, Francisco de Jesús. Programa de Mantenimiento Preventivo para maquinaria Diesel. Pag. 20.

En el trabajo diario y aun fuera de él hay siempre cosas importantes que hacer, pero ¿que tan importante es cada cosa? Al respecto, Pareto aclara: todos los fenómenos en la naturaleza tienen una causa, y los económicos y sociales no son la excepción. En la ingeniería de mantenimiento hay que resolver problemas que tienen una causa y con frecuencia su grado de dificultad y su número abunda y no se sabe qué hacer.

Lo que conviene es aplicar el esfuerzo a aquellos problemas más importante, haciendo una lista de todos, pero ordenándolos por la gravedad de las consecuencias que acarrearían. Así se puede dedicar tiempo y esfuerzo a los primeros problemas que encabezan la lista y pronto se obtienen magníficos resultados.

Pareto descubrió que la seriedad o cantidad de las consecuencias de un fenómeno se distribuyen más o menos de acuerdo con este principio:

“El 80% de la magnitud de las consecuencias es originada por el 20% de las causas.”

Este análisis consiste en clasificar los elementos a analizar en orden decreciente y luego elaborar una gráfica, donde se coloquen en la abscisa “los elementos” por orden decreciente y en la ordenada se colocarán “los valores” acumulados correspondientes.

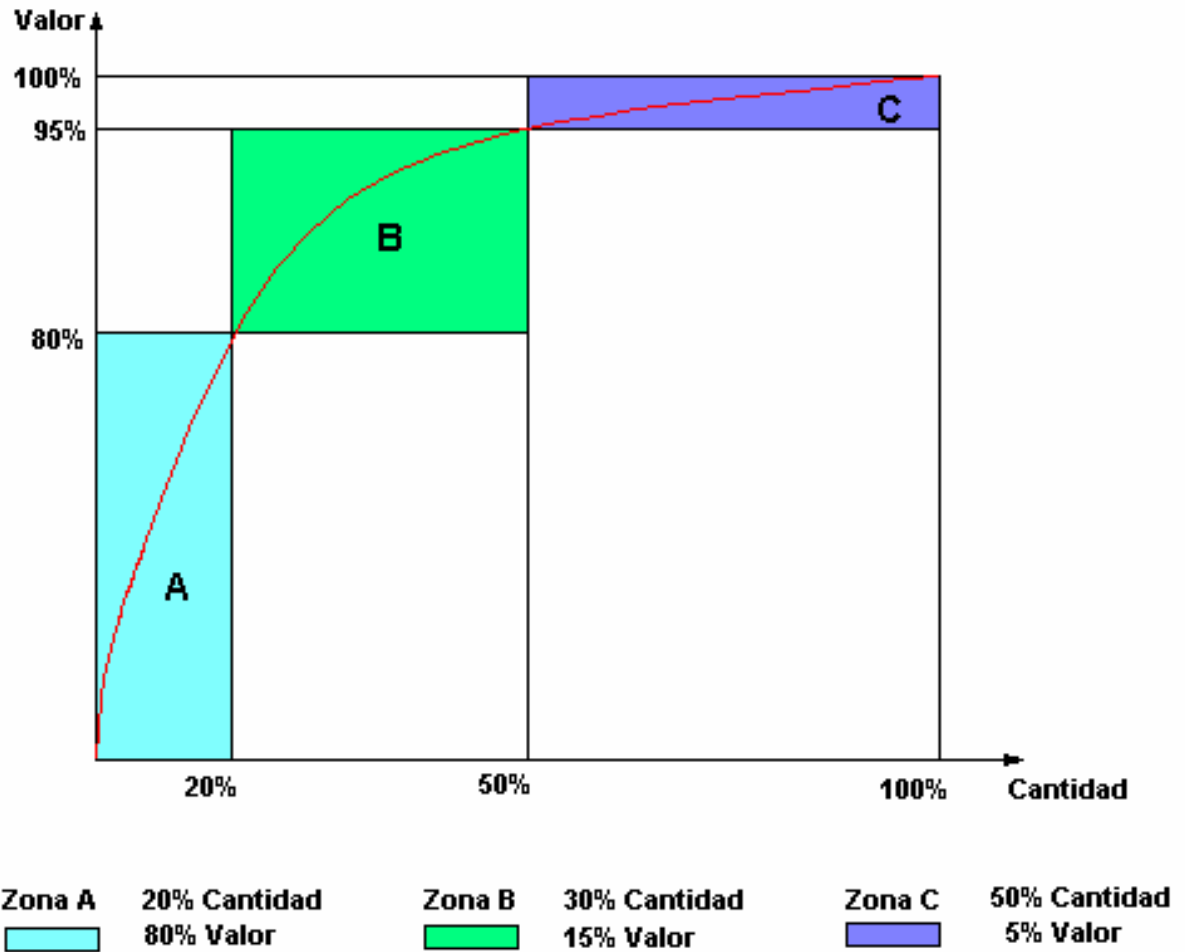
Como se observa en la Figura 22, el análisis, que la curva arroja, que para un 20% de la cantidad total de elementos corresponde el 80% del valor total, lo que se denomina “Zona A”; así mismo para la “Zona B” corresponde el 30% de elementos, cuyo valor es el 15% del total y finalmente en la “Zona C”, se encuentra el 50% de elementos con apenas un valor del 5%. De manera que se puede apreciar lo concluido en el principio de Pareto con el análisis ABC de la Figura 22.

Siendo el ingeniero de mantenimiento fundamentalmente un administrador, debe obtener del principio anterior las bases para la toma de decisiones acerca de la forma de atacar los problemas de mantenimiento, y no, nada más esto, pues muchas decisiones se estructuran según este criterio; por ejemplo:

- Existencia de material de cada tipo que se debe tener.
- Repuesto de importancia que debe existir.
- Distribución del personal a cada tarea.
- En que áreas se debe capacitar al personal
- Cuales son los equipos con las fallas más críticas
- Cuales sistemas de los equipos son los más críticos a los cuales se les debe prestar mayor atención.
- Cuales son los equipos con los mayores costos de mantenimiento

- Cuales son los equipos con los problemas más críticos de mantenibilidad o confiabilidad.

Figura 22. Análisis basado en el Principio de Pareto



## 2.7 Gestión del Recurso Humano

### Recursos Humanos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Monografía. CERRO GONZALES, Jose Luis y Otros. Aplicación de las teorías gerenciales en el mantenimiento. Pag, 7.

Es el recurso más valioso con que cuenta la empresa y la gerencia de mantenimiento ya que es vital para producir. El mantenimiento como departamento de las empresas se relaciona con todas las dependencias de las mismas es así que su vínculo con el área de relaciones industriales es continuo y el flujo de comunicación es vital para el adecuado manejo de las personas; Se genera por parte de relaciones industriales programas en el manejo de convenciones, se encarga de la selección, inducción, capacitación, entrenamiento de los trabajadores, relaciones sindicales, funciones disciplinarias. Y mantenimiento debe a su vez generar los perfiles ideales del recurso humano para cumplir las funciones del departamento estableciendo grado de escolaridad experiencias de todos los oficios propias del mantenimiento. Entre los elementos de este factor productivo encontramos:

- Selección del personal que comprende: Entrenamiento, capacitación, tipos de contratación, estabilidad, escala salarial, ausentismo, incentivos, rotación de personal.
- Porcentaje de sobre tiempo (horas extras).
- Porcentaje de, mano de obra de mantenimiento/mano de obra total.
- Porcentaje de tiempo total ejecutando ordenes de trabajo prevista.
- Porcentaje de tiempo total ejecutando ordenes de trabajo imprevista.
- Conocer la eficiencia horaria y efectiva de cada persona, la participación porcentual de su oficio y su trayectoria para ascensos, promociones y programas de desarrollo.

Conociendo cada uno de estos elementos del recurso humano se podrá hacer planes a corto, mediano y a largo plazo en mantenimiento y a la vez se medirá y se comparará con lo planeado.

Además del recurso propio, es muy importante tener como parte de nuestro programa, el personal de los contratistas, ya que el verdadero objetivo debería ser la asociación y no un trabajador eventual que hizo un trabajo y se marchó. Todos las personas que intervienen en una empresa sea trabajador directo, indirecto o externo, se les debe meter en la filosofía empresarial que se tenga.

Para gerenciar el recurso humano se debe tener en cuenta unos principios básicos relacionados al comportamiento y desempeño del personal que labora en el área de mantenimiento. Según un estudio realizado por el profesor Elton Mayo de Harvard sobre la productividad y la relación con los factores físicos, llegó a las siguientes conclusiones:

- Los factores de ambiente físico no constituyen a la totalidad de los problemas.
- Existe correlación entre motivación y productibilidad.
- Los factores sicosociales son más importantes que las condiciones físicas en la productividad.
- Hay limitaciones en la autoridad formal ante la informal.

- Los canales informales de comunicación estimulan la participación de los trabajadores.
- La empresa es una unidad económica pero además una unidad social.

De aquí nace la estructura informal de gerencia, donde se debe escuchar al trabajador y se debe establecer las relaciones sociales de grupos con sus líderes y mantenimiento no es la excepción.

## 2.8 Gestión de Inventarios<sup>1</sup>

La administración del inventario, en general, se centra en 4 aspectos básicos:

- ¿Cuántas unidades deberían comprarse en un momento dado?
- ¿En que momento debería ordenarse el inventario?
- ¿Que artículos del inventario merecen una atención especial?
- ¿Puede uno protegerse contra los cambios en los costos de los artículos del inventario?

Lo anterior busca un nivel de equilibrio entre el costo de existencia de inventario y el costo de la inexistencia, evaluado este último como el riesgo de paro por falta de repuesto. Los problemas y correctivos se numeran a continuación:<sup>2</sup>

- Problemas:
  - El costo Unitario de adquisición es relativamente alto.
  - El tiempo de consecución del repuesto es alto.
  - La rotación de inventario es lenta, no se consume en igual forma que los materiales de la producción.
  - El consumo es aleatorio, entonces deben buscarse procedimientos para determinarlo en un intervalo de tiempo dado.
- Correctivos:
  - Controlar las unidades instaladas en la planta
  - Control permanente de existencias
  - Control de los pedidos en trámite
  - Llevar actualizados los registros históricos de consumo
  - Actualización permanente de proveedores, tiempos de entrega y precio.

<sup>1</sup> <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/fin/adminven.htm>

<sup>2</sup> GONZALES Bohorquez, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Seminario Posgrado Gerencia de Mantenimiento. Noviembre 2004, pagina 103.

### 2.8.1 Control del Inventario

La meta de la administración de inventarios consiste en proporcionar los inventarios que se requieren para mantener las operaciones al más bajo costo posible.

#### Costos totales del inventario:

- **Costos de mantenimiento**

Comprende los costos de almacenamiento, y de depreciación (mermas y desusos).

Para determinarlo se debe calcular primero el costo porcentual por año por el mantenimiento

Para su cálculo debemos tomar en cuenta lo siguiente:

$$\text{Inventario promedio} = A = \text{unidades por orden} / 2 = (S/N)/2$$

S = unidades que se van a comprar todo el año

N = el número de compras que se hacen

P = precio de compra

C = costo porcentual por año por el mantenimiento del inventario.

Para calcular C se toman todos los costos como son: costos de financiamiento (costo de capital \* inversión promedio en el inventario), almacenamientos, seguros, mermas. Estos se suman y se dividen entre la inversión promedio del inventario ( A\*P )

Ya calculando C, para determinar el costo total de mantenimiento sería:

$$\text{CTM} = \text{costo total de mantenimiento} = C * P * A$$

- **Costos de ordenamiento**

Estos son los costos de colocar una orden y de recibirla (normalmente son costos fijos independientemente del tamaño de la orden).

$$\text{Costo total de ordenar} = \text{CTO} = F * N$$

F = costo fijo por orden

N = número de órdenes colocadas en el año.

N puede ser calculada.  $N = S / 2A$

Entonces, también se puede expresar el costo total de ordenar de la siguiente manera:

$$\text{Costo total de ordenar} = \text{CTO} = F * (S / 2A)$$

- **Costos totales del inventario**

$$\begin{aligned} \text{CTI} &= \text{CTM} + \text{CTO} \\ &= (C * P * A) + F (S / 2A) \\ &\text{y si } A = Q/2 \end{aligned}$$

entonces

$$\text{CTI} = C * P * (Q / 2) + F * (S / Q)$$

## 2.8.2 El Modelo de la Cantidad Económica de la Orden

- **La cantidad económica de la orden es la cantidad de inventario óptima, o de costo mínimo, que debería ordenarse**

$$\text{EOQ} = 2FS / CP$$

EOQ = cantidad económica de la orden, o cantidad óptima que deberá ordenarse

F = costo fijo de colocar y recibir una orden

S = ventas anuales en unidades

C = costos anuales de mantenimiento expresados como un porcentaje del valor promedio del inventario

P = precio de compra de los productos, es el precio al que compra la Empresa

- **Punto de reorden**

El punto de reorden es el nivel de inventario que determina el momento en que se debe colocar una orden

$$\text{Punto de reorden} = \text{plazo de tiempo en semanas} \times \text{consumo semanal}$$

- **Mercancías en tránsito**

Son los productos que se han pedido pero que aun no llegan y entran al inventario

Punto de reorden = plazo de tiempo X consumo semanal - mercancía en tránsito

- **Inventarios de seguridad**

Es el inventario adicional que se mantiene para protegerse contra los cambios en las ventas esperadas o demoras en la producción o en el abasto de los productos.

El mantener este inventario incrementa el inventario promedio que se tiene durante el año y como consecuencia de esto también se aumenta el costo anual de mantenimiento del inventario

- **Descuentos por cantidad**

Cuando se ofrece un descuento por incrementar el número de piezas compradas se deben tomar en cuenta dos aspectos: 1.- el costo de mantenimiento del inventario aumentará porque la inversión en el inventario se aumenta, 2.- se tiene un ahorro en los productos comprados al disminuir su precio: entonces se deben comparar los resultados de estos dos aspectos para determinar si es conveniente aceptar el descuento y comprar mas cantidad.

### **2.8.3 Clasificación de Repuestos**

Una clasificación básica se presenta a continuación:<sup>1</sup>

1. Según Destino Final
  - a. Reparables
  - b. Desechables
    - i. Reciclables
    - ii. Contaminantes
2. Según la Procedencia
  - a. Fabricación Propia
  - b. Fabricación Nacional
    - i. Local
    - ii. Lejana
  - c. Importados
    - i. Con Representante
    - ii. Directamente
3. Según el Uso
  - a. Específicos
    - i. Procesos

---

<sup>1</sup> GONZALES Bohorquez, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Seminario Posgrado Gerencia de Mantenimiento. Noviembre 2004, pagina 104.

- ii. Transporte
  - b. Comunes
    - i. Motores
    - ii. Reductores
    - iii. Bombas
  - c. Típicos
    - i. Rodamientos
    - ii. Correas
    - iii. Tornillos
- 4. Según el Consumo
  - a. Diario
    - i. Sellos
    - ii. Empaques
    - iii. Filtros
    - iv. Tubos, etc.
  - b. Mensual
    - i. Mangueras
    - ii. Empaques, etc.
  - c. Trimestral
    - i. Frenos
    - ii. Bujías, etc.
  - d. Semestral
  - e. Anual

## 2.9 Sistemas de Información

### Información<sup>1</sup>

El proceso de administración de la información es el encargado de garantizar a la Organización en forma confiable y oportuna, la información que requiere para su normal funcionamiento y suministrar los medios o facilidades para su acceso. Administra la información requerida y generada por mantenimiento facilitando su acceso. También, define los medios de recopilación de datos. Garantiza la consecución de la información técnica. Desarrolla programas de actualización de informática y es el soporte tecnológico a la administración de los procesos del mantenimiento, lidera la nueva cultura de manejo de datos. La información empieza desde el momento en que se recibe el requerimiento de mantenimiento, se inicia con una labor de preparación hasta la verificación del correcto funcionamiento del equipo; luego, de la ejecución correcta de las tareas. La información es el elemento fundamental en la toma de decisiones gerenciales de mantenimiento, de su relación con el grado de incertidumbre que tenga con respecto a los resultados esperados, con referencia a la decisión que se tome. La moderna gestión Gerencial se basa en gran parte en la calidad y velocidad de

---

<sup>1</sup> Monografía. CERRO GONZALES, Jose Luis y Otros. Aplicación de las teorías gerenciales en el mantenimiento. Pag, 11.

la información poseída y la utilización que se le dé en la toma de decisiones en el mantenimiento. Mantenimiento debe tener manuales para la correcta operación de los equipos, informes de los daños, intervenciones mas frecuentes para establecer puntos de trabajo que disminuyan los problemas de funcionamiento. Dentro de este factor encontramos los siguientes elementos:

- Listado completo de los equipos.
- Registro del equipo encuentra información general del equipo tratando de describirlo completamente.
- Hojas de vida es una recopilación histórica de los trabajos realizados a las maquinarias.
- Conseguir información de paros generales.
- Relación de paros con historia de los equipos.
- Relación de variable de control con historia de los equipos.
- Relación de costos por equipos.
- Informar consumos contratista utilizado.
- Relación de variables de desgaste con historia de los equipos.
- Administrar archivos (catálogos, planos, revistas, libros).
- Graficar indicadores.
- Costear materiales y repuestos.
- Costear herramientas utilizadas.
- Costear empleados utilizados.

Para lograr estos objetivos se deben tener políticas como:

- Definir base de datos centralizada o descentralizada.
- Responsabilidad del proceso.
- Definir digitación.
- Responsable de la administración de la información sistematizada (planos catálogos).

### 3. MODELO GERENCIAL DE MANTENIMIENTO

El modelo gerencial de mantenimiento está consolidado en el mapa conceptual de la Figura 23. Aquí se encuentra una adaptación del sistema kantiano al mantenimiento de flotas de transporte de carga adicionándole la información como interacción de sus elementos básicos.

Los sistemas kantianos explican todo fenómeno existente en tres elementos básicos como son: personas, artefactos y entornos<sup>1</sup>. A este sistema se le adaptó la siguiente simulación; las personas se representan con el recurso humano, los artefactos están identificados por los equipos y el medio físico y el entorno se plantea como los procesos. Por último se encuentra como agente principal y dominante, la interrelación de la información con los tres elementos básicos. También el esquema identifica una relación de mejora continua entre los elementos los cuales permiten eficientizar las interrelaciones y cada uno de los elementos hacia la mejora continua.

El Mapa conceptual identifica unos elementos de entrada necesarios para que exista el dinamismo como son la energía, el conocimiento, los repuestos, capital y demás elementos tangibles e intangibles que son indispensables para que se desarrolle el mantenimiento de las flotas de transporte. Los elementos frutos de las interacciones y entradas al sistema se le llaman elementos de salida y está compuesto por equipos aptos para operar y disponibles, ahorros en los costos, conocimiento del sistema, personal tanto técnico como operativo satisfecho.

Cada uno de los tres elementos básicos del mapa conceptual tiene sus componentes específicos los cuales permiten el desarrollo y entendimiento del sistema. Es de anotar que los componentes de los elementos básicos tanto pueden ser tangibles como intangibles y su ubicación en el mapa conceptual es parte de la propuesta estructurada del modelo que se está proponiendo.

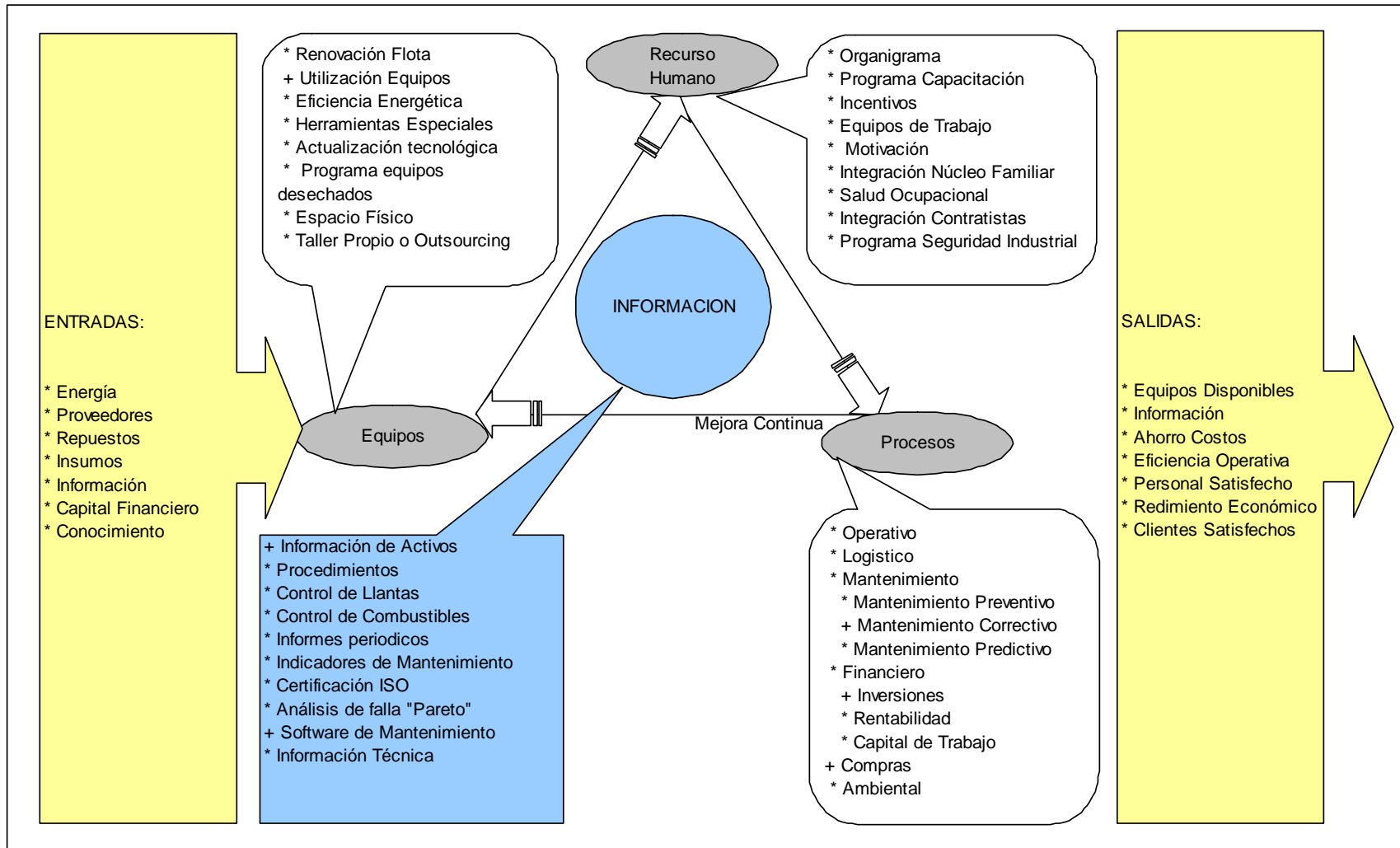
La información como agente catalizador del sistema hace las veces de la consolidación, dinamizador y concentración del conocimiento. Su relevancia se presenta debido a que hoy por hoy el saber de las empresas, la innovación, la flexibilidad, el nuevo conocimiento y la experiencia hacen parte del resultado dinámico de llevar a cabo una información estructurada, sistematizada y consolidada la cual le da a las empresas la ventaja competitiva para mantenerse en el mercado y estar siempre a la vanguardia de los cambios del mantenimiento.

---

<sup>1</sup> MORA Gutierrez, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de su servicio, Enfoque sistema Kantiano. 2006, Medellín, pag 42.



Figura 23. Mapa Conceptual Modelo Gerencial del Mantenimiento de Flotas



### 3.1 Recurso Humano

#### 3.1.1 Organigrama de Mantenimiento

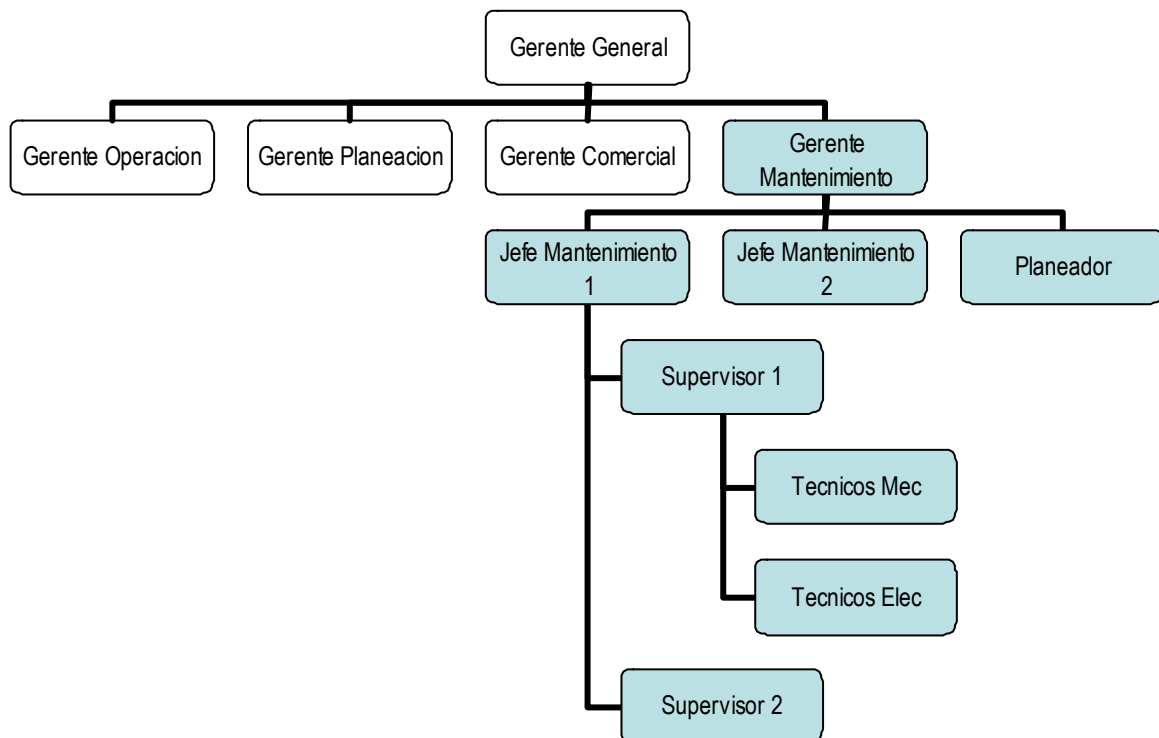
Como principio fundamental para el mejor desempeño del grupo de trabajo de mantenimiento se debe trabajar en equipo el área de operaciones y mantenimiento pero con total independencia de los líderes respectivos.

El tamaño del organigrama de mantenimiento depende del tamaño de la flota así como de la definición de contratar externamente los servicios. El siguiente personal debe hacer parte de un organigrama:

- Gerente de Mantenimiento
- Jefe de mantenimiento
- Planeador de mantenimiento
- Supervisores de campo
- Técnico llantas
- Técnicos mecánicos
- Técnicos electricistas
- Técnicos soldadores

En la Figura 24 está el esquema básico que debe tener el área de mantenimiento.

Figura 24. Organigrama Básico Area de Mantenimiento



- Definir estatus actual y objetivos

Si el equipo de mantenimiento inicia a operar con una flota de transporte debe hacer un diagnóstico del estado general de la flota y a partir de ahí plantear los objetivos alcanzar mensual, trimestral, semestral y anualmente.

### 3.1.2 Programa de Capacitación a Operadores

Este capítulo se incorpora ya que en la industria de equipos móviles a diferencia de los equipos industriales las personas tienen una inferencia mayor en el desempeño del vehículo y de los costos de mantenimiento.

Un programa de capacitación adecuado y permanente permitirá fortalecer los temas críticos para menguar los daños de mantenimiento y lograr mejores resultados. Y como se dijo en el capítulo anterior mejorando los hábitos de manejo se pueden ahorrar hasta un 10% en el consumo de combustible el cual sabemos que representa el 43% de los costos variables en una flota de transporte de carga.

El programa sugerido para capacitación a operadores tiene el siguiente contenido:

#### Temas Teóricos:

- Conceptos básicos: Fuerza, trabajo, torque y potencia
- Funcionamiento del motor diesel; Partes de los motores y accesorios para aumentar la potencia del motor como: inyectores, turbocompresor, bombas unitarias.
- Curvas características de los motores de combustión: Par-motor, potencia y consumo específico de combustible.
- Región de mínimo consumo de combustible en la curva característica de los motores
- Sistema de transmisión: Caja de velocidad, diferenciales, relación de transmisión y llantas.
- Construcción y modificación de las gráficas cambiando cajas de velocidad, diferenciales y tamaños de llantas.
- Resistencias al movimiento del vehículo. Resistencia del aire, fricción con el pavimento, inercia y pendientes.
- Ejercicio de ahorros de combustible comparando dos modos de operar.
- Contaminación ambiental. Fuentes y emisiones

#### Temas prácticos:

- Utilización óptima de la potencia y del torque del motor
- Utilización del motor en la zona de máximo rendimiento energético
- Cambios progresivos
- Utilización racional del acelerador, embrague, frenos y caja de velocidad.

- Técnicas de conducción de vías intermunicipales
- Técnicas de conducción de vías urbanas
- Señales de tránsito

Los demás componentes del elemento básico, el recurso humano; como son los incentivos, trabajo en equipo, motivación, integración del grupo familiar, salud ocupacional, la integración de los contratistas a las políticas de la empresa y por supuesto un adecuado programa de salud industrial, hace parte de los temas relacionados con mantenimiento y que los debe apoyar la gerencia del recurso humano.

## **3.2 Equipos**

### **3.2.1 Programa de Renovación de flotas**

El programa de renovación de flota hace parte de los objetivos de la unidad de negocio los cuales son: hacer eficiente y mantener el parque vehicular a su nivel máximo de rentabilidad y de competitividad. Se recomienda hacer un programa de renovación de flota a los 500.000 kilómetros acumulados o a los cinco años. Esto debido a que a partir de esta edad los costos de las reparaciones mayores se incrementan hasta en un 200%.

### **3.2.2 Utilización de Equipos**

Los equipos deben ser utilizados a su máxima carga nominal mediante una adecuada programación logística, esto debido a que es capital de trabajo y su beneficio se obtiene solamente al estar en funcionamiento. Según la teoría de restricciones una utilización apropiada de los equipos es del 90%, esto debido a la probabilidad de falla que se puede presentar en los equipos y la relación costo beneficio que se puede presentar por el incumplimiento.

### **3.2.3 Eficiencia Energética**

El costo del combustible de acuerdo a estudios realizados por el ministerio de transporte es aproximadamente el 43% de los costos variables en una operación del transporte de carga, por lo tanto el consumo energético cobra importancia de allí lo adecuado de seleccionar bien un vehículo para la operación a realizar, capacitar al operador para que ejerza una operación eficiente y realizar un adecuado mantenimiento a los equipos. La eficiencia energética se controla mediante los indicadores de rendimiento de combustible.

### **3.2.4 Herramientas Especiales**

En las operaciones de transporte de carga y su mantenimiento es posible que se requieran quipos o herramientas especiales. Se propone hacer la inversión en equipos o herramientas que sean únicas o propias para el mantenimiento, en el caso de equipos que sean el corazón de la operación o que se tenga ventaja competitiva respecto al mercado. En el caso de equipos o herramientas los cuales tenga poca utilización y el mercado los oferte disponibles lo mejor es contratar servicios con pago variable.

### **3.2.5 Actualización Tecnológica**

Permite mantener la empresa a la vanguardia de las nuevas tecnologías con el fin de hacer la operación de mantenimiento más eficiente y ágil. Cada vez que se requiera llevar a cabo una inversión en actualización tecnológica se debe realizar una evaluación financiera con el fin de asegurar el beneficio para la unidad de negocio.

### **3.2.6 Programa de Equipos Desechados**

Se debe tener planes de contingencia para cuando salgan equipos de la operación ya sea su venta como valor de salvamento, o para desechos; para ello se debe revisar la legislación de los organismos ambientales. Se debe prestar especial atención en la salida de operación de los equipos especiales relacionados con la operación de transporte de carga que se está llevando a cabo, como por ejemplo mezcladoras de concretos, grúas, etc. Esto debido a que estos equipos pueden llegar a manos terceras donde los repotencionan e ingresan al mercado nuevamente.

### **3.2.7 Taller Propio o Outsourcing**

La decisión de tener taller propio u outsourcing depende en primer lugar del factor estratégico del negocio, es decir el mantenimiento de los equipos es tan especializado que no se debe difundir o dar a conocer para conservar la ventaja competitiva de la empresa. En el caso de mantenimientos que sean de baja frecuencia y que existan en el mercado varios proponentes, se hace la evaluación financiera para tomar la decisión de hacerlo con personal propio o terceros, sin embargo este último caso generalmente es mejor contratar terceros. Para el caso de operaciones de mantenimiento de alta frecuencia por lo general se debe hacer con personal propio siempre que no requieran altas inversiones, para este caso se debe nuevamente hacer una evaluación financiera para determinar la mejor opción.

Cada día es más común encontrar empresas de servicio dedicadas a mantener flotas de transporte de carga con equipos especializados para tal fin. La siguiente clasificación es una sugerencia para definir el outsourcing de mantenimiento.

- Trabajos con talleres externos

- Reencauche de llantas
- Sistemas de Inyección
- Maquinados y Rectificados
- Reparación de componentes principales (motores, cajas de velocidad y diferenciales)
- Sistemas eléctricos y electrónicos
- Sistemas hidráulicos
- Trabajos con personal propio ( para flota con más de 20 equipos)
  - Inspecciones de mantenimiento
  - Lubricaciones
  - Cambios de aceites
  - Frenos
  - Rodamientos
  - Soldaduras
  - Reparaciones menores

El análisis del espacio físico requiera una evaluación similar a las del taller propio u outsourcing.

### **3.3 Procesos**

En este elemento básico del sistema se detallará el proceso más relevantes del sistema lo cual están relacionados con mantenimiento.

#### **3.3.1 Mantenimiento**

- Lineamientos.

Las acciones en las cuales se debe encaminar el equipo de mantenimiento son:

- Conocer costos reales
- Simplificar y mejorar recolección de datos
- Mejorar la imagen de la empresa
- Balancear acciones entre operación y mantenimiento
- Disminuir las inmovilizaciones de equipos
- Disponer de stock mínimos y necesario de repuestos
- Mejorar el abastecimiento de repuestos
- Motivar al personal del taller
- Optimiza el costo de mantenimiento
- Mejorar la calidad de las reparaciones
- Establecer un plan de mantenimiento de acuerdo a las necesidades.
- Disminuir el número de reparaciones fuera de la empresa
- Aumentar al disponibilidad de los equipos

- Mantenimiento Preventivo, Correctivo y Predictivo

La estructura del plan de mantenimiento se puede realizar bajo la siguiente clasificación.

- Mantenimiento alta frecuencia
  - Engrase
  - Cambio de aceite
  - Cambio de filtros
- Mantenimiento de Inspección
  - Mantenimiento tipo A,B,C.<sup>1</sup>
  - Mantenimiento de afinación
- Mantenimiento de Desgaste
  - Frenos
  - Embrague
  - Neumáticos
- Mantenimiento de Cambios estándar
  - Piezas y accesorios
- Reparación de Componentes
  - Alternadores, radiadores, etc.
- Reparación del tren Motriz
  - Motor
  - Caja de velocidades
  - Diferencial
- Reparaciones especializadas
  - Aire acondicionado
- Latonería
- Pintura
- Reconstrucción

- Periodicidad de intervenciones

La periodicidad del plan de mantenimiento debe ajustarse continuamente para asegurar el balance óptimo entre disponibilidad del parque y el costo del mismo. Una recomendación es que el periodo máximo de inspección debe ser de 20.000 kilómetros de acuerdo a los fabricantes.

- Análisis de aceite

Toda flota de transporte de carga debe tener un programa de análisis de aceite físico-químico con el fin de determinar el desgaste de los componentes internos. En el análisis del aceite se registra:

- Partículas metálicas de la fricción mecánica
- Residuos sólidos o líquidos de combustión, agua, diesel, hollín.
- Residuos sólidos o líquidos externos tales como agua, polvo, etc.

---

<sup>1</sup> Se llama mantenimiento A,B y C a las intervenciones recomendadas por el fabricante que son de acuerdo al tipo de operación del vehículo. Ejemplo A=10.000kms, B=20.000kms y C=30.000kms

En las gráficas de control se deben revisar las tendencias, en el anexo 3 hay un ejemplo y una tabla que presenta las posibles fuentes contaminantes y los elementos que la manifiestan

- Diagnóstico de los equipos  
El diagnóstico de los equipos móviles se lleva a cabo mediante la inspección y verificación tanto energética como mecánica. Los puntos a revisar son:
  - Consumo de combustible
  - Consumo de aceite de relleno
  - Reporte novedades del operador
  - Control visual del vehículo ( externo e interno)

### **3.3.2 Repuestos y Recursos**

La administración de repuestos debe ser estudiada para evitar cometer el error de invertir en componentes que no van a generar valor agregado pero si van a consumir un capital financiero.

La estructura básica propuesta está en el numeral 2.8.3 y es la siguiente:

Una clasificación básica se presenta a continuación:<sup>1</sup>

5. Según Destino Final
  - a. Reparables
  - b. Desechables
    - i. Reciclables
    - ii. Contaminantes
6. Según la Procedencia
  - a. Fabricación Propia
  - b. Fabricación Nacional
    - i. Local
    - ii. Lejana
  - c. Importados
    - i. Con Representante
    - ii. Directamente
7. Según el Uso
  - a. Específicos
    - i. Procesos
    - ii. Transporte
  - b. Comunes
    - i. Motores

---

<sup>1</sup> GONZALES Bohorquez, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Seminario Posgrado Gerencia de Mantenimiento. Noviembre 2004, pagina 104.

- ii. Reductores
    - iii. Bombas
  - c. Típicos
    - i. Rodamientos
    - ii. Correas
    - iii. Tornillos
- 8. Según el Consumo
  - a. Diario
    - i. Sellos
    - ii. Empaques
    - iii. Filtros
    - iv. Tubos, etc.
  - b. Mensual
    - i. Mangueras
    - ii. Empaques, etc.
  - c. Trimestral
    - i. Frenos
    - ii. Bujías, etc.
  - d. Semestral
  - e. Anual

- Control de llantas. Ver numeral 3.4
- Control de combustible. Ver numeral 3.4

### **3.4 Estructura de la Información**

El área de mantenimiento debe tener un sistema de información el cual puede ser desde recopilar la información en forma sistemática y estructurada en un excel hasta tener un software sofisticado especializado para flota. Los módulos a tener presente son los siguientes:

- Codificación del sistema de información
- Información de los activos
- Procedimientos
- Administración de llantas
- Administración de Combustible
- Informes Gestión de Mantenimiento
- Indicadores de Mantenimiento
- Estructura de costos
- Modelo de la Orden de Trabajo
- Información técnica

A continuación describiremos los componentes más relevantes.

### 3.4.1 Estructura de Costos

La estructura de costos a proponer para administrar flotas es como la propuesta por CONAE<sup>1</sup>. Para ello se debe programar el sistema de información de mantenimiento que cada flota tenga, sin embargo aquí encontrará una estructura básica:

La información de los costos de la flota debe permitirnos ver los siguientes grupos:

- 1 Costo de Mano de Obra por Vehículo
- 2 Costo de Repuesto por Vehículo
- 3 Costo por grupo de vehículos
  - Según Modelo
  - Según tipo de vehículo ( C2, C3, CS, ect)
  - Según Marca
- 4 Costo Total de Mantenimiento
- 5 Costo Unitario de Mantenimiento: Por kilómetro o por horas

Un detalle de los costos por cada vehículo es el siguiente:

- Repuestos
- Mano de Obra
- Llantas
- Lubricantes
- Reparaciones externas

Los costos también deben estar codificados de acuerdo a los grupos de los vehículos así:

- Motor
- Transmisión
- Eje Trasero
- Dirección
- Frenos
- Suspensión
- Electricidad
- Chasis
- Equipos Opcionales

Los anteriores grupos también se pueden subdividir como en el siguiente ejemplo para motor:

- Motor
  - Camisa
  - Pistón

---

<sup>1</sup> CONAE; Corporación Nacional para el Ahorro de Energía de México

- Cojinetes
- Culata
- Cigüeñal
- Bielas
- Válvulas
- Inyectores
- Bomba de Inyección
- Carburador
- Junta de Culata
- Junta de Camisa
- Termóstato
- Turbo
- Radiador
- Bomba de agua
- Mangueras
- Ventilador
- Múltiple de escape
- Múltiple de admisión
- Diversos

### **3.4.2 Indicadores de Mantenimiento**

Los indicadores usados para la gestión del mantenimiento de flotas de transporte de carga cobran relevancia ya que son la muestra de las acciones realizadas en la flota e indican la efectividad del mejoramiento continuo. Cada flota de transporte debe determinar que tipo de indicadores son más relevantes o dan mayor valor agregado para la gestión de mantenimiento. A continuación se hace un planteamiento sugerido de los indicadores para administrar la gestión del mantenimiento de flotas.

- **Indicadores de Costos**

De los siguientes indicadores definidos para los costos en el capítulo anterior se describieron en detalle.

- \$/km Total
- \$/km de Llantas
- \$/km por vehículo, por flota y marca
- \$/km por componentes (Motor, caja, diferenciales, etc.)

- **Indicadores de Planeación:**

- % Cumplimiento
  - (OT<sup>1</sup> Planeadas Ejecutadas/OT Planeadas)

---

<sup>1</sup> OT; Orden de Trabajo: Solicitud necesaria de un Trabajo en un equipo autorizada por el responsable de mantenimiento.

- (OT Planeadas Ejecutadas/OT Ejecutadas Totales)
  - % Tipos de Mantenimiento
    - % Porcentaje de mantenimiento Preventivo
    - % Porcentaje de mantenimiento Correctivo
    - % Porcentaje de mantenimiento Emergencias
  - % y Cantidad de las OT en sus estados ( Administración del Backlog<sup>1</sup>)
    - % y Cantidad de OT Solicitadas
    - % y Cantidad de OT Autorizadas
    - % y Cantidad de OT en Planeación
    - % y Cantidad de OT en Espera de Repuestos
    - % y Cantidad de OT en Espera de Programación
    - % y Cantidad de OT en Ejecución
    - % y Cantidad de OT Ejecutadas
    - % y Cantidad de OT por Reprogramar
    - % y Cantidad de OT Retroalimentadas
    - % y Cantidad de OT Cerradas
  - Horas Mantenimiento por Vehículo, por flota y marca
- **Indicadores de Confiabilidad:**
    - % Disponibilidad x Vehículo, por flota y marca
    - (hr) Confiabilidad x Vehículo, por flota y marca
    - (hr) Mantenibilidad x Vehículo, por flota y marca
- **Indicadores de falla:**
    - Diagrama de Pareto<sup>2</sup>
      - Por placa
      - Por Tipo de Flota
      - Por tipo de falla
        - Operativa
        - Mantenimiento
        - Externa
      - Por componentes
- **Indicadores Operativos**
    - Consumo de lubricante (km/gl) ( por placa, por flota y marca)
    - Consumo de llantas (km/mm) ( por placa, por flota y marca)
    - Consumo de bandas (Km/Eje-mes) ( por placa, por flota y marca)

---

<sup>1</sup> Backlog: Listado de las OT en los diferentes estados de planeación (Solicitud, Autorizada, en Planeación, en Espera de Repuestos, En espera de programación, En ejecución, Ejecutada, etc)

<sup>2</sup> Diagrama de Pareto: Método de análisis gráfico muy sencillo que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema y las que son menos importantes.

- Reparaciones por componente (Motor, caja, diferencial 1 y diferencial 2)

### 3.4.3 Administración de Llantas

Hay dos temas que se tratan por aparte debido a la alta influencia que tienen sobre los costos variables de las flotas de transporte de carga, estos temas son la gestión de las llantas y la administración del combustible.

- **Gestión Rendimiento de Llantas**

La administración de llantas es un tema relevante en la administración de flotas de transporte de carga ya que como se mostró en el apartado 1.2, el estudio del ministerio de transporte representa el 13% del costo variable total para un vehículo con configuración C2; en el caso de los vehículos con configuración CS, ver anexo 2, el costo de las llantas representa el 22% de los costos variables totales, de ahí lo importante de que las empresas de transporte tengan un programa detallado para el control y seguimiento de las llantas.

Para la Correcta administración de llantas se recomienda llevar a cabo los siguientes puntos importantes:

#### 1. Control de Llantas

Las llantas de las flotas deben tener un estricto control de inventario, debido a que es un elemento el cual tiene un mercado negro en Colombia<sup>1</sup>, es decir las pueden cambiar o vender. Las llantas deben ser marcadas con un número único llamado cédula, el cual se hace con un equipo en caliente, toda llanta trae en el costado un área destinada para este fin. Cuando la llanta sale de operación se debe registrar en el kardex, similar a manejar un inventario de almacén. El número único permite llevar el registro desde el ingreso de la llanta a la operación hasta el día en que sale de uso, ver Figura 25.

Figura 25. Marca de Llanta para Control



---

<sup>1</sup> Se refiere al mercado negro, cuando es robada y revendida.

## 2. Sistemas de Administración

Las siguientes recomendaciones se presentan para administrar llantas en una flota de transporte:

- Registro de control. Se tiene un registro de cada llanta con número único, posición y Kilometrajes.
- Contratación administrador llantas: Se sugiere que para una flota mayor a 10 vehículos exista una sección especialista en llantas o contratarlo con proveedor especializado.
- Proveedor de llantas: Está involucrado en el desempeño de la llanta, reporte mensual, además se hace eventualmente prueba con otras dos marcas como máximo.
- Llevar un sistema de información fiable y seguro para el control.
- Se debe buscar siempre que las llantas tipo radiales que están diseñadas para ser reencauchada<sup>1</sup> varias veces se logra hacer con el fin de bajar el costo kilométrico

## 3. Análisis desempeño e Indicadores

Los indicadores principales para administrar las llantas en las flotas de transporte de carga son tres:

**a. Costo Unitario de llanta \$/Km.** Representa el valor por cada kilómetro recorrido por una llanta, se calcula como el costo de la llanta más el costo de los reencauches dividido entre los kilómetros totales recorridos por la llanta.

**b. Índice de reencauche.** Muestra en promedio cada llanta cuanto se reencaucha. Si el valor aumenta quiere decir que las llantas de las flotas se están reencauchando más lo que trae como consecuencia un menor costo kilométrico.

Se calcula como se muestra en el anexo 4:

$$\begin{aligned} \text{X Factor} &= \text{No llantas} \times \text{Indicador} \\ \text{Índice de Reencauche} &= \text{Suma XFactor} / \text{Suma Número Llantas} \end{aligned}$$

**c. Análisis de falla de llantas.** Permite llevar control para seguimiento de las fallas más importantes en las llantas. Se determina analizando mensualmente las llantas que se han dado de baja. En el anexo 4 hay un ejemplo de un análisis donde se observa que la falla más importante es la causada por operación.

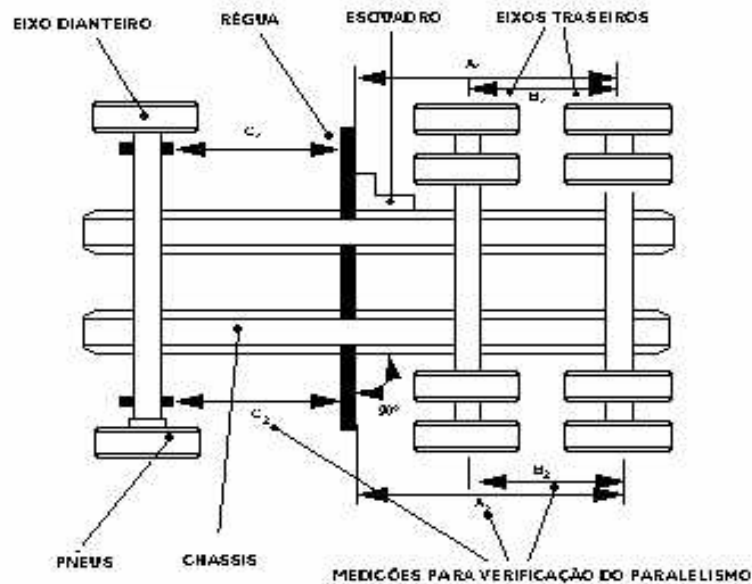
---

<sup>1</sup> El reencauche en las llantas es un proceso de vulcanización en el cual se cambia la banda de rodadura por otra nueva.

#### 4. Geometría Vehicular

La geometría vehicular juega un papel importante para evitar que las llantas presenten arrastre y aceleren su desgaste o tengan un desgaste irregular, esto se logra mediante una adecuada alineación de los ejes. Se recomienda que los vehículos de carga verifiquen la alineación de ejes por lo menos cada 3 meses o cada 25.000 kilómetros. En la Figura 26 se muestra un diagrama de alineación de un vehículo C3.

Figura 26. Diagrama de alineación de un vehículo C3



- **Control Carga Vehículo**

El control de carga permite que las llantas trabajen de manera uniforme y además que el sistema de suspensión y chasis del vehículo no presente problemas. En la Figura 27 se muestra un vehículo C3 con los ejes de carga y el centro de gravedad donde se espera se concentre la carga. En la Figura 28 se ve las básculas unitarias utilizadas para determinar la carga en cada dual de un vehículo y finalmente en la Figura 29 con la ayuda de una cámara termográfica se puede definir la carga en los ejes.

Las correcciones a realizar después de hacer mediciones de carga en ejes puede ser reacomodo de la carga que transporta o en el caso de los tractocamiones tipo CS, reubicación de la quinta rueda<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Quinta Rueda. Componente que une al tractocamión con el semiremolque.

Figura 27. Diagrama vehículo con Distribución de carga

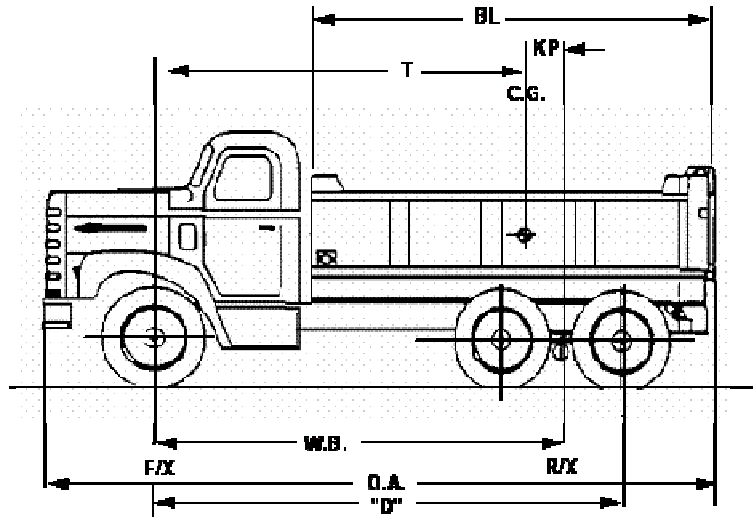
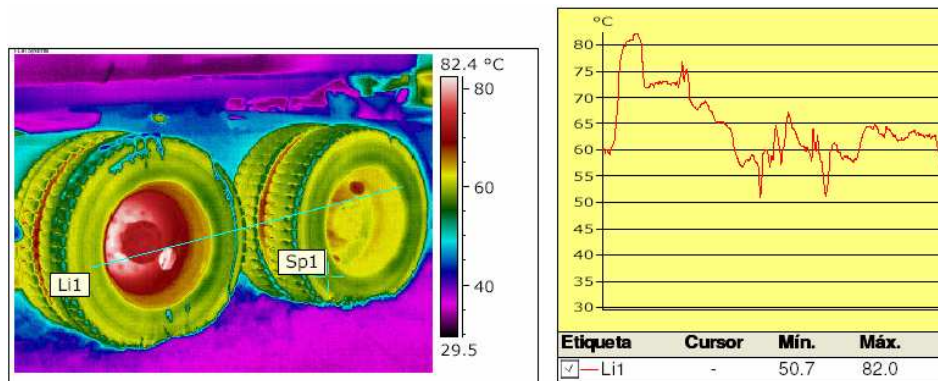


Figura 28. Báscula unitaria para control de carga por ejes



Figura 29. Termografía de ejes Tractocamión

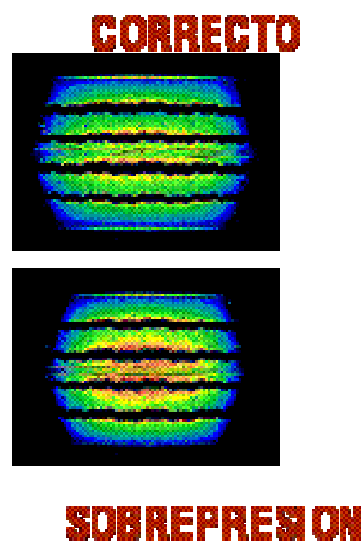


- **Influencia de la Operación**

Estadísticamente el daño prematuro de las llantas en un 60% se debe a un descuido o falla de operación por lo tanto todos lo operadores de equipo móvil deben ser capacitados y certificados con el fin de que se hagan responsables por la duración de las llantas, los factores críticos a tener en cuenta son:

- La presión de aire. En la Figura 30 se observa cómo la presión de aire deforma la huella de pisado de la llanta por exceso de presión, sin embargo la causa mayor de bajo rendimiento en llanta es por baja presión de aire.
- Recalentamiento de llanta por exceso de uso del freno de servicio
- Golpes en los costados por mala manipulación en vías.

Figura 30. Termografía de verificación control aire llantas

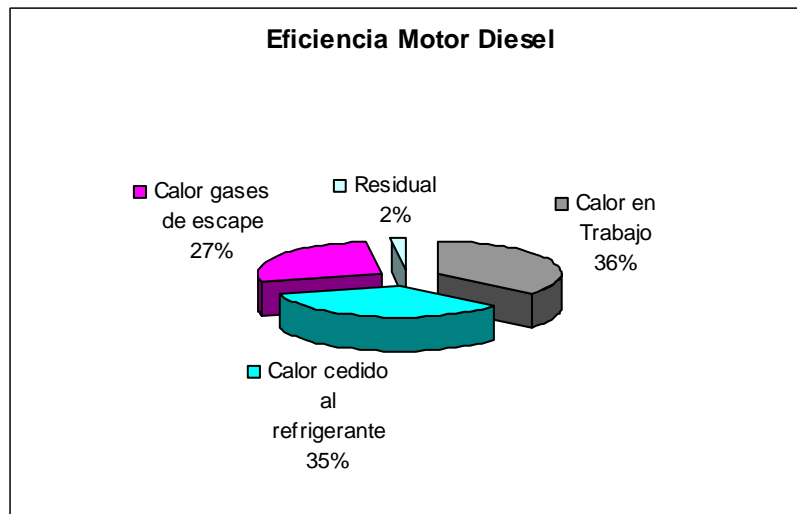


### 3.4.4 Rendimiento de Combustible

El combustible para las flotas de transporte de carga representa el 43% del total del costo variable según el ministerio de transporte, por lo tanto se requiere atención especial con el fin de optimizar su utilización y asegurar un control estricto.

Los motores de combustión interna son de las máquinas más ineficientes energéticamente. Según estudios de Conae, apenas el 36% de la energía contenida en el combustible suministrado a un vehículo se convierte en trabajo efectivo. En la Figura 31 se observan los porcentajes de distribución de la energía consumida por un vehículo.

Figura 31. Distribución de la energía de un Vehículo



Los siguientes factores son importantes para tener en cuenta en la administración del combustible de flotas de transporte de carga.

- **Control del Combustible**

Se deben llevar bitácoras de control sobre el consumo diario de combustible por cada vehículo, tipo de vehículo, operador y suministro. Se sugiere que la empresa de transporte contrate con estaciones de servicio el suministro automático. En el caso de flotas de transporte las estaciones de combustible prestan servicio de posventa entregando reportes mensuales sobre los consumos y rendimientos.

- **Indicador y Análisis de desempeño del Combustible**

El indicador a llevar a cabo en el caso de vehículos de transporte intermunicipal donde el promedio de velocidad es superior a los 35kph son los kilómetros

recorridos por galón de combustible kpg. En el caso de los vehículos de transporte urbano donde el promedio de velocidad es inferior a 35kph el indicador de kpg se combina con galones por hora.

Lo más importante en el caso del control de combustible es tener el registro histórico de los consumos para poder advertir cualquier anomalía causada por mala manipulación del combustible o por causa del personal, operación inadecuada del vehículo o por falla de los equipos de transporte. En el anexo 5, se puede apreciar un ejemplo del resumen en el rendimiento del combustible para una flota de transporte de carga según marca, tipo de vehículo y modelo.

- **Operación del vehículo**

La operación del vehículo es la variable más difícil de controlar ya que se depende del conductor, por lo tanto se debe suministrar la capacitación suficiente al personal que opera los vehículos con el fin de eficientizar el consumo de combustible, según estudios técnicos de la CONAE (Corporación para Ahorro de Energía de México), mejorando los hábitos de manejo se puede ahorrar hasta un 10% en el consumo de combustible. Muchas empresas optan por incentivar a los conductores con bonificaciones de acuerdo a los rendimientos de combustible. A continuación se indican algunas prácticas básicas que ayudarán a mejorar el rendimiento del consumo de combustible.

- Control de velocidad. Los excesos de velocidad incrementan el consumo de combustible
- Administrar recorridos de rutas. Siempre estudiar los trayectos más cortos
- Arranque apropiado. El arranque debe ser suave sin sobrecargar el vehículo dando tiempo de que alcance su temperatura óptima de operación.
- Cambio progresivo. Esto se refiere a tener una aceleración paulatina del vehículo para cada cambio de velocidad.
- Ajuste Marcha mínima. El tiempo máximo recomendado por los fabricantes de motores para enfriamiento del motor son 3 minutos.
- Alineación de vehículo. Evita el consumo innecesario de combustible por arranque de las llantas. Según CONAE hasta un 25% de desperdicio de combustible puede atribuirse a mala alineación del vehículo.
- Renovación Flota. La tecnología cada día incorpora equipos más livianos y más eficiente en el consumo de combustible para llevar a cabo la misma tarea, por lo tanto un programa de renovación de flota permitirá ahorros importantes de combustible.

### **3.5 Mejora Continua**

El proceso de mejora continua como parte del modelo gerencial del mantenimiento cierra el ciclo de los tres elementos básicos que se componen

como son recurso humano, equipos y procesos, interactuando con la información. La mejora continua busca alcanzar los mejores índices de las operaciones de mantenimiento con el fin de hacer a la empresa cada vez más competitiva.

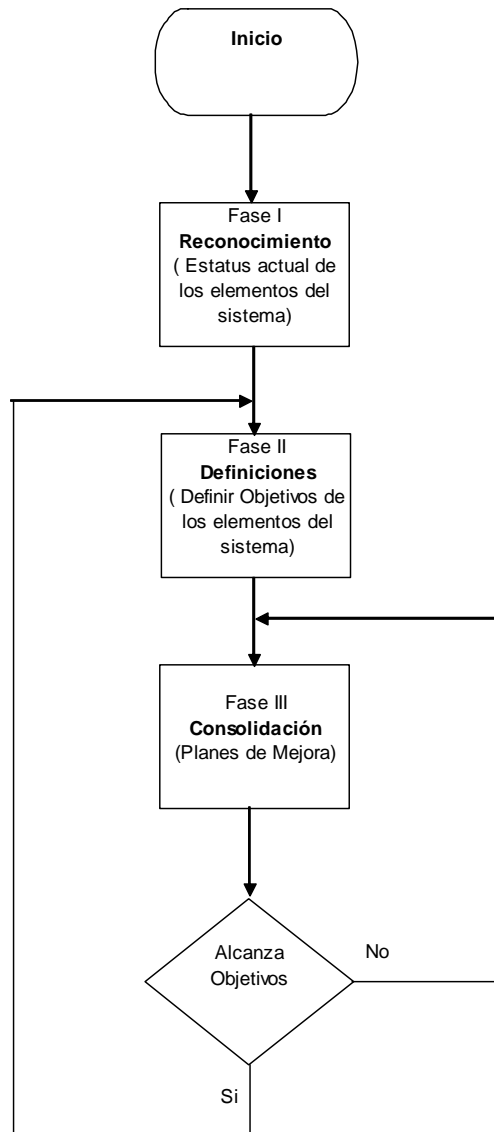
El proceso de mejoramiento debe ser una cultura del equipo de trabajo de mantenimiento donde deben involucrar a todo el personal e ir siempre en la búsqueda de mejorar la disponibilidad de los equipos a través del mejoramiento de la confiabilidad y la mantenibilidad, con unos costos competitivos. Algunos puntos a tener en cuenta son:

- Comunicación periódica al personal
- Análisis de falla mensual
- Tableros de control
- Objetivos y metas a corto, mediano y largo plazo
- Implantar nuevas prácticas de mejoramiento
- Modificar o invertir en equipos más eficientes.

## 4. IMPLEMENTACION

El proceso de implementación del modelo gerencial de mantenimiento es muy sencillo, consta prácticamente de tres fases; la fase I de reconocimiento, la fase II donde se definen los parámetros establecidos por el modelo y finalmente la fase III de consolidación donde se fortalece el sistema de mantenimiento y se plantean los planes de mejora continua para alcanzar las metas propuestas en el corto y mediano plazo.

Figura 32. Flujograma básico del proceso de Implementación



En la Figura 32 se observa el diagrama básico para implementar y operar el modelo de mantenimiento. Como se observa el planteamiento del sistema es muy sencillo una vez reconocido cada uno de los componentes de los elementos básicos del sistema se hace un diagnóstico inicial para posteriormente definir la estructura de los elementos, como son el recurso humano, los procesos y los equipos. En esta fase la estructura de la información cobra importancia ya que partimos de la base inicial para comenzar a realizar mediciones de los indicadores y con planes de mejora buscamos la eficiencia del sistema de mantenimiento.

En la Figura 33 se encuentra la descripción de las acciones más relevantes a tener en cuenta en cada uno de los elementos básicos del sistema en la fase I. El objetivo principal de esta fase es hacer un diagnóstico total de los componentes de que consta cada uno de los elementos del sistema para determinar el punto de partida, en esta fase es importante determinar los puntos más débiles para fortalecerlas en la siguiente fase de definiciones.

Figura 33. Fase I Reconocimiento

Fase I	Elemento del Sistema	Descripción
Reconocimiento	Recurso Humano	Estructura Actual de Recurso Humano
		Estudiar las normas legislativas de seguridad ocupacional de esa flota
		Analizar las debilidades en temas de capacitación
		Estatus actual de proveedores terceros
	Proceso	Auditar el proceso de Mantenimiento Preventivo, Correctivo y Predictivo
		Hacer auditorias de estatus actual de planeación Mantenimiento
		Determinar estado actual de gestión de repuestos
		Auditar el proceso ambiental definir punto de partida
	Equipo	Calcular el porcentaje de utilización de los activos
		Inventario de Flota
		Estatus actual de rendimiento de combustible
		Calcular longevidad de la flota
	Información	Convertir la información a Indicadores del modelo
		Indicadores iniciales de gestión de llantas
		Indicadores iniciales de gestión de combustible
		Sistema de Información Actual
		Sistema de análisis de falla utilizado
		Estructura de la información técnica

En la Figura 34 muestra la fase de definición, la fase II. Esta fase es la más importante ya que es donde se implementa específicamente el modelo de mantenimiento estructurando cada uno de los componentes básico, se definen o modifican los procesos relacionados con mantenimiento, se definen los indicadores de mantenimiento a seguir así como sus objetivos en el mediano y largo plazo.

Figura 34. Fase II Definiciones

Fase II	Elemento del Sistema	Descripción
Definiciones	Recurso Humano	Estructura del Recurso Humano (Roles)
		Programar Reuniones del personal (Diaria, Semanal, Mensual), informar planes
		Definir programa de capacitación de acuerdo a diagnóstico inicial
		Formar equipos de trabajo para responsabilidades
		Programar actividades de integración con integración grupo familiar
		Definir programa a seguir de seguridad industrial, objetivo Cero Accidentes.
		Involucrar a los contratistas con políticas de la empresa
	Proceso	Definir los procesos del modelo
		Proceso de Operación
		Proceso Logístico
		Proceso de MP, Mco, Mpvo
		Proceso para inversiones
		Proceso para compra de materiales y repuestos
		Proceso de inventarios
	Equipo	Proceso Ambiental
		Programa Renovación Flota
		Definir indicadores de utilización del activo y su objetivo
		Definir indicador de rendimiento de combustible y su objetivo
		Plan de actualización tecnológica de acuerdo a diagnóstico
		Definir plan contingente para equipos desechados
	Información	Definir las actividades a realizarse con personal propio y en outsourcing
		Definir el software a utilizar o la base de datos
		Estructurar la información aprovechando la previa
		Indicadores de llantas y objetivos
		Indicadores de combustible y objetivos
		Indicadores de Mantenimiento y objetivos
		Establecer estructura de informes periódicos
	Establecer pareto de fallas mensuales	
Organizar y estructurar la información técnica		

Figura 35. Fase III Consolidación y Planes de Mejora

Fase III	Elemento del Sistema	Descripción
Consolidación, Planes de Mejora	Recurso Humano Proceso Equipo Información	Consiste en establecer metas a corto, mediano y largo plazo con el fin de consolidar y alcanzar los objetivos propuestos en cada uno de los elementos del sistema de mantenimiento.

La fase III de la implementación, como se muestra en la Figura 35. Llamado Fase de consolidación y Planes de Mejora, está relacionado con los planes de trabajo con el fin de mejorar los indicadores de mantenimiento. También esta fase tiene relación con el mantenimiento del sistema. Es decir cada vez que se

logre alcanzar un objetivo de un indicador se debe colocar un valor más alto para continuar cíclicamente su mejora. En caso de no lograr alcanzar el objetivo propuesto se debe replantear las acciones hasta lograr mejorar los resultados del proceso.

## 5. CONCLUSIONES

- Hay cinco factores que influyen en los costos de mantenimiento de las flotas de transporte de carga los cuales son: 1. Frecuencia de mantenimiento, 2. Estilo de operador, 3. Selección adecuada del vehículo, 4. Tipo de actividad de la empresa de transporte y 5. Programa de renovación de flota.
- La estructura de costos propuesta para administrar el mantenimiento de las flotas de transporte de carga se basa en cinco puntos: 1. Costo de mano de obra, 2. Costo de repuestos, 3. Costo por grupo de vehículos según, modelo, tipo y marca, 4. El costo total y 5. Los costos unitarios basados en los kilómetros recorridos o por hora de operación.
- Los cinco grupos principales de indicadores para la gestión del mantenimiento de flotas son: 1. Indicadores de costos, 2. Indicadores de planeación, 3. indicadores de confiabilidad, 4. indicadores de falla y 5. indicadores operativos.
- Los indicadores más importantes para mantenimiento son, el indicador de mantenibilidad y el de confiabilidad. La combinación de los dos indicadores nos da el indicador de disponibilidad.
- La administración de repuestos para flotas de transporte debe buscar la mínima inversión de capital con el fin de bajar los costos financieros.
- Las variables principales para administrar las llantas son: primero el indicador de costos unitario por kilómetro recorrido, segundo el indicador de índice de reencauche y por último el análisis de falla de llantas.
- El combustible representa el 43% de los costos totales variables en flotas de transporte por ello al igual que las llantas se debe hacer un adecuado manejo de control en inventario y rendimiento.
- Toda empresa de transporte debe tener un programa de renovación de flotas y las variables principales a tener en cuenta para la decisión de cambio de equipos son los costos unitarios de mantenimiento y la disponibilidad.
- El modelo gerencial de mantenimiento hace partícipe al personal técnico en la obtención de resultados para mejorar los equipos de transporte.
- El modelo gerencial de mantenimiento estructura el plan para intervenir los vehículos de tal manera que se puedan clasificar por tipo de mantenimiento entre rutinas de alta frecuencia hasta inspecciones especializadas de baja frecuencia y por tipos de componentes de los vehículos.
- El Modelo gerencial de mantenimiento consta de tres elementos básicos; el recurso humano, los procesos y los equipos. La Información debe ser el ente que interrelaciona los tres elementos básicos del sistema de mantenimiento. La cultura de mejora continua debe ser parte integral e infinita el sistema de mantenimiento.
- Todo modelo gerencial de mantenimiento debe tener una política de mejora continua en el caso del modelo propuesto se trata de llevar estadística con el

apoyo de diagramas de Pareto con el fin de determinar los problemas más críticos que afectan el mantenimiento para tomar acciones y se sugiere que se haga por lo menos mensualmente.

## BIBLIOGRAFIA

ALBARRACIN, Pedro Ramón. Mantenimiento Predictivo Análisis de Aceite. Seminario: Universidad Industrial de Santander, 2005. 75 p.

BLANCO MELÉNDEZ, Francisco de Jesús. Programa de mantenimiento preventivo para maquinaria Diesel. Cartagena, 2002, Monografía (Especialista en Gerencia de Mantenimiento). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica

BOTERO BOTERO, Ernesto. Mantenimiento Preventivo. Seminario UIS, 2005. 157 p.

CERRO GONZALEZ, Jose Luis y Otros. Aplicación de las teorías gerenciales en el mantenimiento. Cartagena, 2000, 119 p. Monografía (Especialista en Gerencia de Mantenimiento). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.

CUATRECASAS ARBÓS, Lluís. Total Productive Maintenance. Barcelona: Gestión 2000, 2000. 311 p.

GONZÁLEZ BOHORQUEZ, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Seminario: Universidad Industrial de Santander, 2004. 147 p.

GONZALEZ JAIMES, Isnardo. Seminario II: Universidad Industrial de Santander, 2005.

GUERRA MANTILLA, Ricardo y otros. Diseño de un Modelo de Gestión para Mantenimiento bajo Norma ISO 9000 Versión 2000. Bogotá, 2002, Monografía (Especialista en Gerencia de Mantenimiento). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica

MENDOZA REINA, Libardo, CHACÓN CALDERON, Carlos Raúl. Gerencia de Mantenimiento Proactivo basado en análisis de aceite para Motores de Maquinaria Pesada en Minería. Bucaramanga, 2002, 76 p. Monografía (Especialista en Gerencia de Mantenimiento). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.

MORA GUITIERREZ, Alberto. Mantenimiento Estratégico para Empresas Industriales o de Servicios. Medellín: AMG, 2005. 306 p.

<http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/Transporte>

[http://www.dnp.gov.co/paginas\\_detalle.aspx?idp=199](http://www.dnp.gov.co/paginas_detalle.aspx?idp=199)

<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/fin/adminven.htm>

<http://www.mintransporte.gov.co/Servicios/Biblioteca/documentos/Documentos.htm>

## ANEXO 1

### **Términos en la Industria del Transporte.**

De acuerdo al Ministerio de Transporte, la ley 769 de 2.002 (6 de agosto) por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre se definieron los siguientes términos para identificar los componentes relacionados a la industria del transporte de carga.

- ❑ Año del modelo: Año que asigna el fabricante o ensamblador al modelo del vehículo, de acuerdo con la declaración de despacho para consumo.
- ❑ Chasis: Conjunto de elementos que proporcionan soporte a todas las partes del vehículo mediante un bastidor.
- ❑ Modelo del vehículo: Referencia o código que asigna la fábrica o ensambladora a una determinada serie de vehículos.
- ❑ Semirremolques: Vehículo sin motor, a ser halado por un automotor sobre el cual se apoya y le transmite parte de su peso. Dotado con un sistema de frenos y luces reflectivas.
- ❑ Vehículo de servicio particular: Vehículo automotor destinado a satisfacer las necesidades privadas de movilización de personas, animales o cosas.
- ❑ Vehículo de servicio público: Vehículo automotor homologado, destinado al transporte de pasajeros, carga o ambos por las vías de uso público mediante el cobro de una tarifa, porte, flete o pasaje.

Resolución del Ministerio de Transporte N. 13791 del 21 de diciembre del año 1.988:

- ❑ Tara de un vehículo: peso de un vehículo desprovisto de carga, con su equipo auxiliar habitual y dotación completa de agua, combustible y lubricantes.

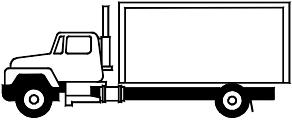
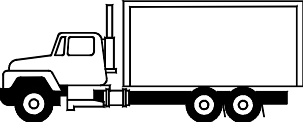
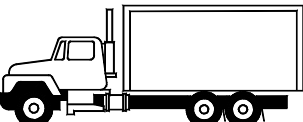
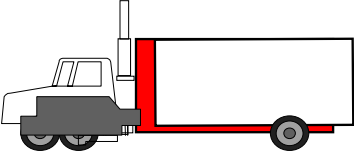
Norma técnica colombiana NTC 4788 del 30-08-2000:

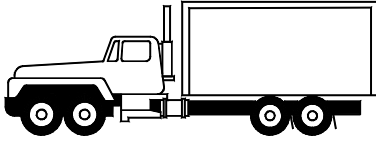
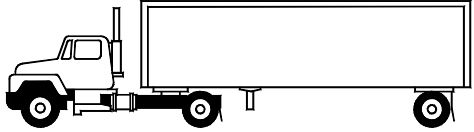
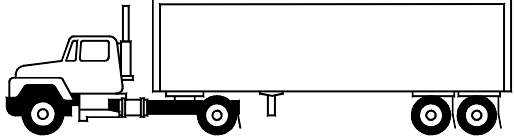
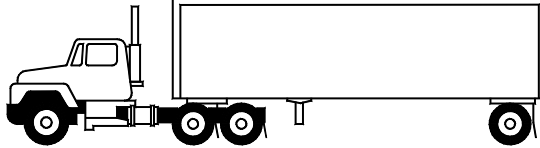
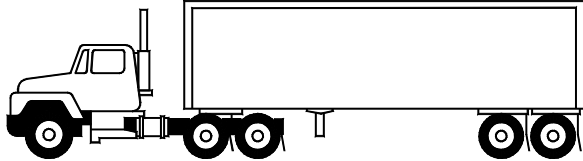
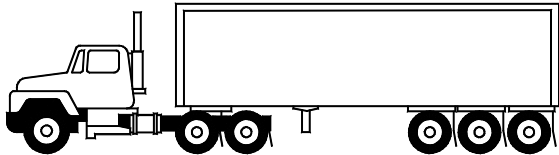
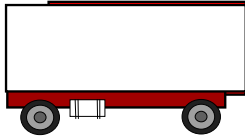

- ❑ Camión: Vehículo automotor que por su tamaño y designación se usa para transportar carga. Tiene un peso bruto vehicular superior a cinco toneladas y puede halar un remolque.
- ❑ Peso bruto vehicular (PBV): Peso de un vehículo en condiciones de marcha más el máximo de carga que puede transportar.
- ❑ Remolque: Vehículo no motorizado halado por una unidad tractora, la cual no le transmite peso verticalmente.
- ❑ Tractocamión: Vehículo automotor destinado a halar un semirremolque, equipado con acople adecuado para tal fin.
- ❑ Vehículo articulado: vehículo integrado por una unidad tractora y un semirremolque o uno o más remolques.

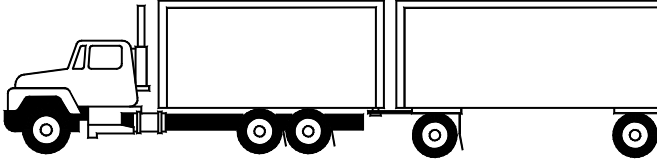
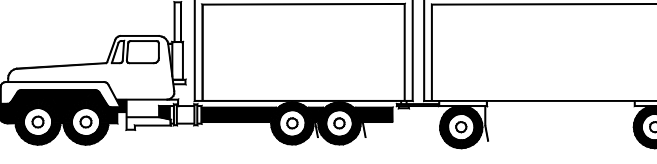
### Denominación de los Vehículos de Carga con base en las Disposición de los Ejes.

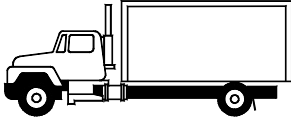
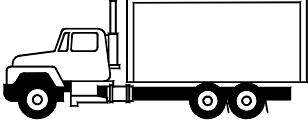
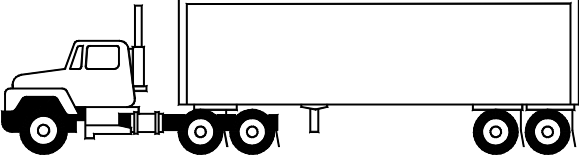
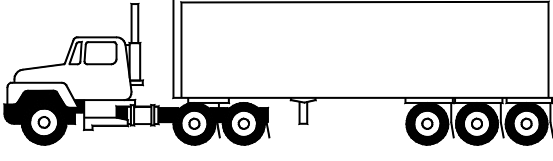
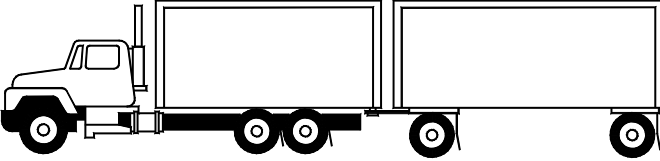
El ministerio de transporte ha clasificado los vehículos de transporte de carga de acuerdo a la disposición de sus ejes como se observa en la Figura 1.

Configuración Tipo de Vehículo de Carga

CONFIGURACIÓN	ESQUEMA DEL VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN
C2		Camión rígido de dos ejes. Camión sencillo.
C3		Camión rígido de tres ejes.
C3 Tándem trasero mixto		Camión rígido de tres ejes.
C3 Tándem direccional		Camión rígido de tres ejes.

CONFIGURACIÓN	ESQUEMA DEL VEHÍCULO	DESCRIPCIÓN
C4		Camión rígido de cuatro ejes.
C2S1		Tractocamión de dos ejes con semirremolque de un eje.
C2S2		Tractocamión de dos ejes con semirremolque de dos ejes.
C3S1		Tractocamión de tres ejes, con semirremolque de un eje.
C3S2		Tractocamión de tres ejes, con semirremolque de dos ejes.
C3S3		Tractocamión de tres ejes, con semirremolque de tres ejes.
R2		Remolque.
C2 R2		Camión de dos ejes con remolque de dos ejes.

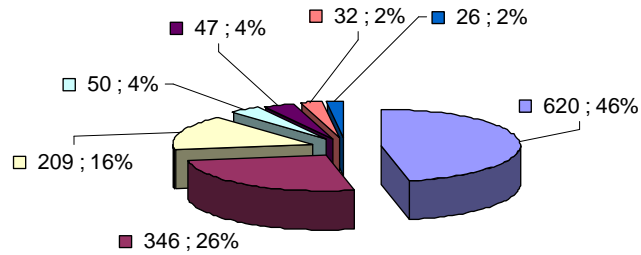
C3 R2		Camión de tres ejes, dobletroque, con remolque de tres ejes.
C4 R2		Camión de cuatro ejes, con remolque de dos ejes.

C2		Camión rígido de dos ejes. Camión sencillo.
C3		Camión rígido de tres ejes.
C3S2		Tractocamión de tres ejes, con semirremolque de dos ejes.
C3S3		Tractocamión de tres ejes, con semirremolque de tres ejes.
C3 R2		Camión de tres ejes, dobletroque, con remolque de dos ejes.

## ANEXO 2

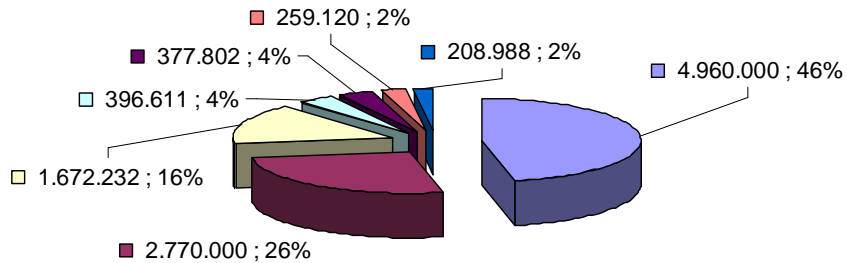
Costos Unitarios variables y totales fijos para vehículos de especificación C3 Y CS según el ministerio de transporte.

Costos Variable Unitario en (\$/km) de Mantenimiento Vehículo C3  
Ministerio de Transporte 2003



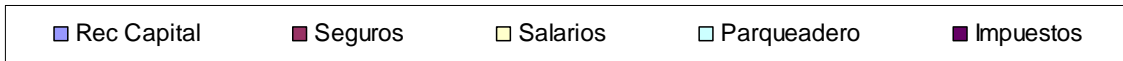
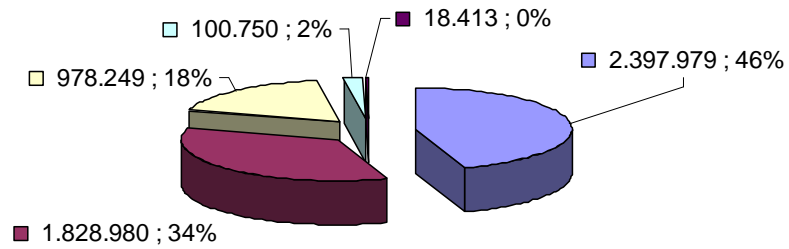
■ Combustible ■ Reparaciones ■ Llantas ■ Imprevistos ■ Lubricantes ■ Lavado-engrase ■ Filtros

Costos Variable Total en (\$) de Mantenimiento Vehículo C3  
Ministerio de Transporte ( Para 8000km/mes) 2003

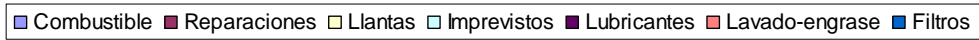
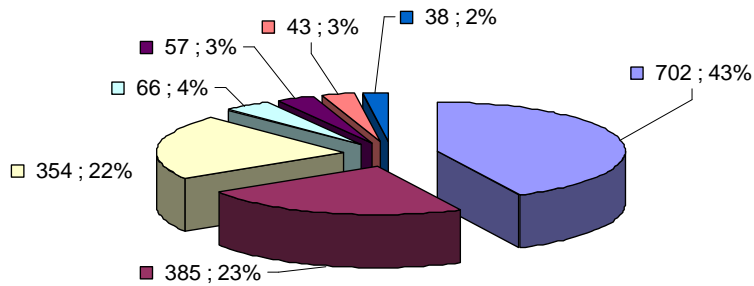


■ Combustible ■ Reparaciones ■ Llantas ■ Imprevistos ■ Lubricantes ■ Lavado-engrase ■ Filtros

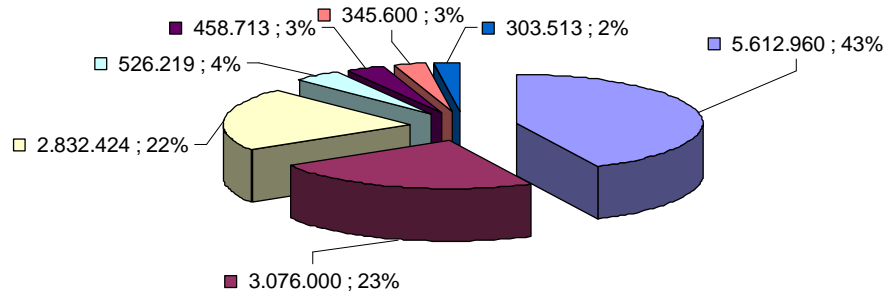
Costos Fijo Total en (\$) de Mantenimiento Vehículo C3  
Ministerio de Transporte ( Para 8000km/mes) 2003



Costos Variable Unitario en (\$/km) de Mantenimiento Vehículo CS  
Ministerio de Transporte 2003

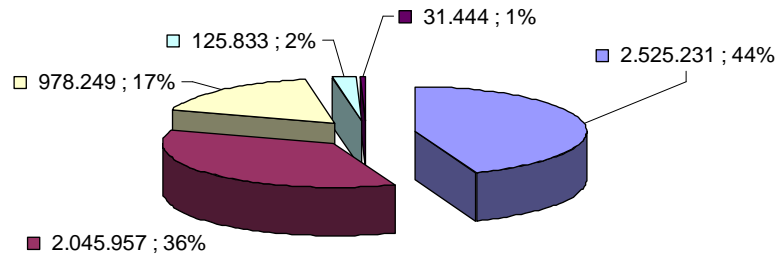


Costos Variable Total en (\$) de Mantenimiento Vehículo CS  
Ministerio de Transporte ( Para 8000km/mes) 2003



■ Combustible ■ Reparaciones ■ Llantas ■ Imprevistos ■ Lubricantes ■ Lavado-engrase ■ Filtros

Costos Fijo Total en (\$) de Mantenimiento Vehículo CS  
Ministerio de Transporte ( Para 8000km/mes) 2003



■ Rec Capital ■ Seguros ■ Salarios ■ Parqueadero ■ Impuestos

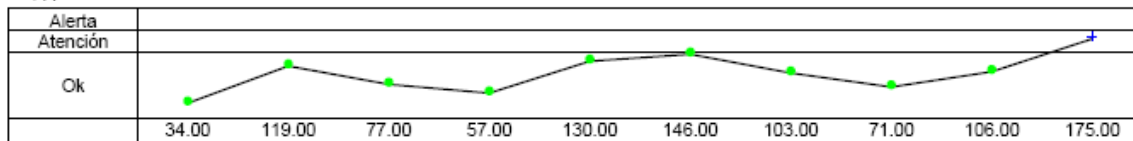
### ANEXO 3

Ejemplo de Análisis de Aceite

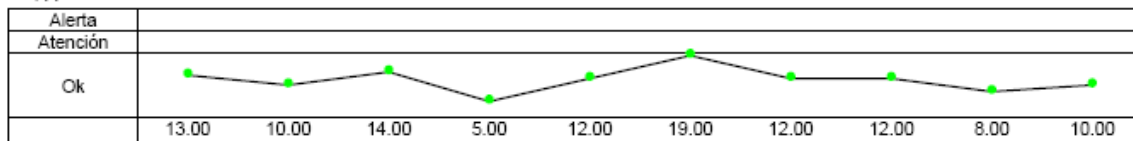
<b>ExxonMobil</b> EXXONMOBIL DE COLOMBIA				FILE N° 26574			SERVICIO TÉCNICO			
CLIENTE: CEMEX TRANSPORTE Contacto: OFER RODRIGUEZ Cargo: DIRECTOR MTTO Dir: KM 25 VIA IBAGUE ESPINAL				EQUIPO: CAMION MACK 2001			COMPONENTE: MOTOR ID: 434 CR3279 MARCA: MACK MODELO: E7350 E-TECH			
ASESOR: WALTER BECK				TELÉFONO:			CIUDAD: IBAGUE			
N° lab.	10288	19616	23465	30659	5802	34081	870	6559	12409	19664
Lubricante	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX	MX
Muestreo	19/04/02	23/07/02	03/09/02	11/11/02	09/02/03	30/09/03	05/01/04	20/02/04	06/04/04	08/06/04
Recibo	25/04/02	29/07/02	04/09/02	13/11/02	25/02/03	21/10/03	13/01/04	24/02/04	14/04/04	08/06/04
Reporte	11/06/04	11/06/04	11/06/04	11/06/04	11/06/04	11/06/04	11/06/04	11/06/04	11/06/04	11/06/04
Motor KILOMETROS	155873.00	190517.00	199440.00	228375.00	263569.00	292727.00	332078.00	347698.00	369825.00	0.00
Aceite KILOMETROS	13000.00	20000.00	20000.00	8000.00	10000.00	15000.00	15000.00	15000.00	20000.00	0.00
Relleno GALONES	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00

**Pruebas a equipos:**

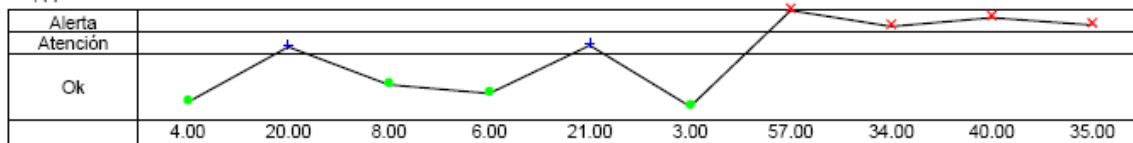
Fe, ppm



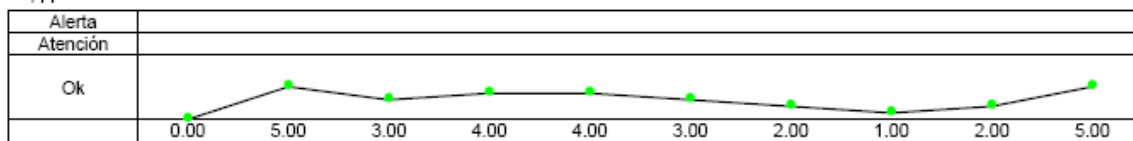
Cu, ppm



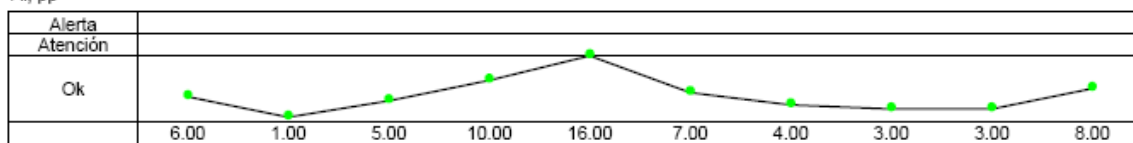
Pb, ppm



Cr, ppm



Al, pp



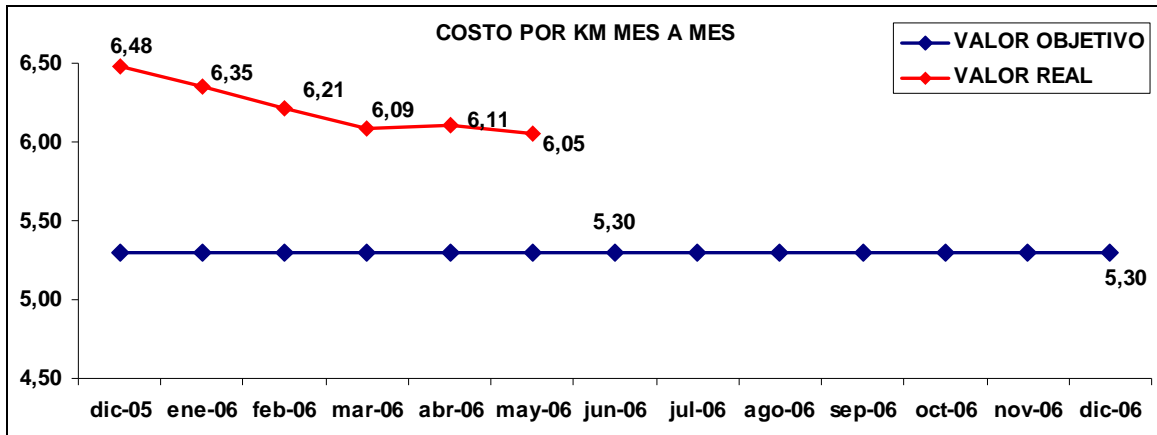
Fuente: Muestra de programa Lubescan de ExxonMobil.

Guía de Análisis de Aceite para determinar la fuente de la contaminación

Elemento	Motor	Aceite	Contaminación
Hierro	Camisas Anillos Cadena de distribución Cigüeñal		
Plomo	Cojinetes (diesel)		Combustible
Cobre	Cojinetes (diesel) Bielas		
Estaño	Cojinetes (gasolina) bielas árbol de levas		
Cromo	Anillos		
Molibdeno	Anillos	MoS <sub>2</sub>	
Aluminio	Pistones cojinetes (gasolina)		
Níquel	Válvulas		
Silicio	Pistones		Polvo anticongelante
Calcio		Detergente	
Magnesio		Detergente	
Sodio		Antioxidante	Anticongelante
Zinc		Antidesgaste	
Fósforo		Antidesgaste	
Boro			Anticongelante
Hollín			Combustión
Dilución			Inyección
Agua			fugas, condensación

## ANEXO 4

Ejemplo de Control de Costo por kilómetro de llanta

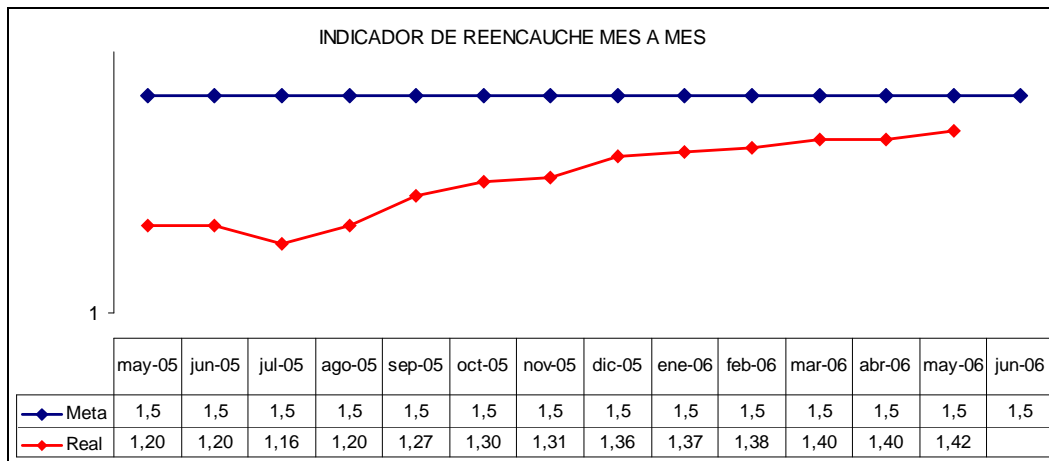


Fuente: Resultados en Flota administrada

Ejemplo de Cálculo y Seguimiento al Índice de Reencauche

	No. Llantas	Indicador	X Factor
<b>NUEVAS</b>	1146	0	0
R 1	275	1	275
R 2	128	2	256
R 3	25	3	75
<b>Total</b>	428		606

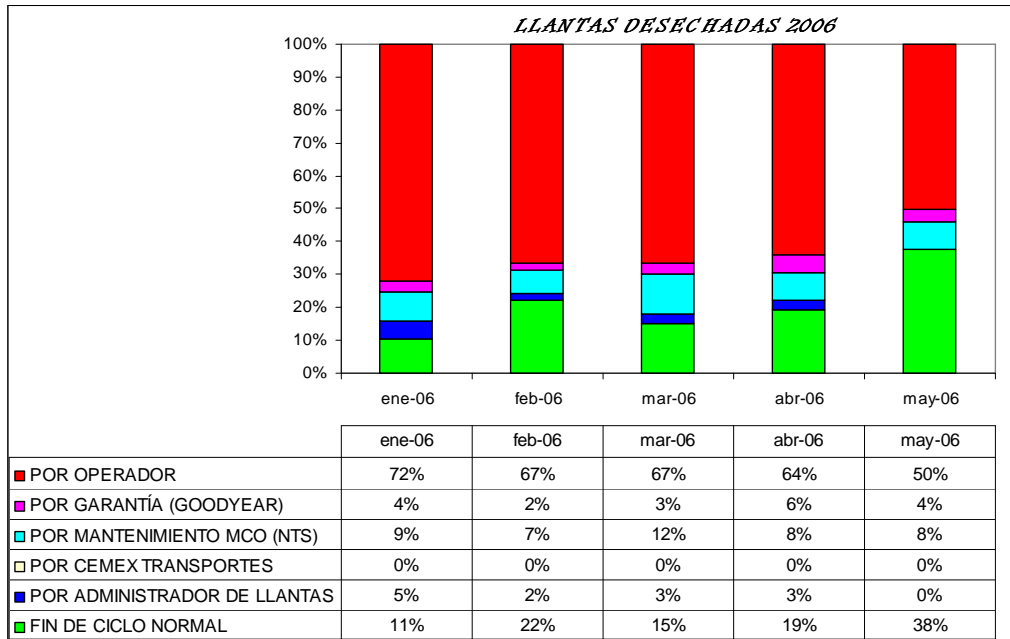
**INDICADOR DE REENCAUCHE**      **1,42**<sup>1</sup>



Fuente: Resultados en Flota administrada

<sup>1</sup> R1, R2 y R3 Indica el número de reencaches que ha tiene la llanta; es decir R2 indica que la llanta está en su segundo reencauche.

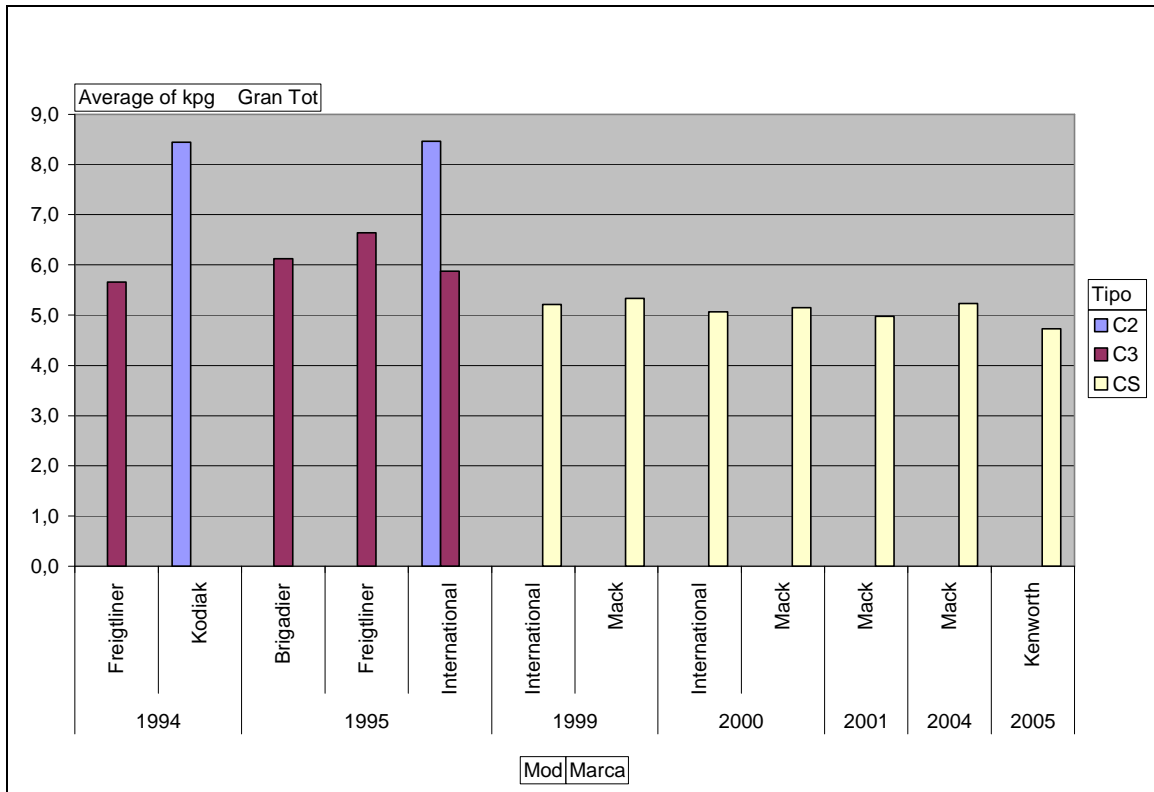
## Ejemplo de Análisis de falla en llantas



Fuente: Resultados en Flota administrada

## ANEXO 5

Ejemplo de control y estudio de rendimiento de combustible



Fuente: Resultados en Flota administrada