

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE GRIETAS EN CHASIS FLOTA DE  
CAMIONES 793 CATERPILLAR DE LA MINA PRIBBENOW DE DRUMMOND

JOSE AUGUSTO BONILLA JOSEPA  
RAÚL PEÑALOZA POLO



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2018

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE GRIETAS EN CHASIS FLOTA DE  
CAMIONES 793 CATERPILLAR DE LA MINA PRIBBENOW DE DRUMMOND

JOSE AUGUSTO BONILLA JOSEPA  
RAÚL PEÑALOZA POLO



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

Director: OSCAR GALINDO GAMEZ  
Magíster en Ingeniería

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA

2018

## **AGRADECIMIENTOS**

Nuestros más sinceros agradecimientos están dirigidos a la institución y a sus distinguidos docente que han depositado en nosotros, sus conocimientos incrementando nuestras capacidades intelectuales y profesionalismo ético, adquiriendo nuevas herramientas que implantaremos en el sector minero siendo el área de mantenimiento una de las más significativas, los cuales forjaron nuestros resultados de nuestra investigación para llevarlo a la aplicación del éxito de nuestro proyecto

## **DEDICATORIAS**

A Dios todo poderoso por brindarme la oportunidad de otro triunfo personal, darme salud, sabiduría e entendimiento para alcanzar mis objetivos, a mi madre, esposa e hijos por brindarme su apoyo incondicional día a día y han sido mi mayor motivación en este camino.

**José agosto Bonilla Josepa**

Agradezco a Dios, a mi esposa e hijos quienes han sido el pilar de motivación para alcanzar los objetivos trazados.

**Raúl Peñaloza Polo**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	14
1. DRUMMOND LTD, MINA PRIBBENOW	15
1.1 HISTORIA Y EVOLUCION	18
1.2 MISIÓN	20
1.3 VISIÓN	20
1.4 POLÍTICA DE SEGURIDAD, SALUD EN EL TRABAJO Y AMBIENTE	20
1.5 ESTRUCTURA - MARCO ORGANIZACIONAL	21
1.6 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
1.7 OBJETIVOS	24
1.7.1 Objetivo General	24
1.7.2 Objetivos Específicos	24
1.8 JUSTIFICACIÓN	25
2. MARCO TEÓRICO	26
2.1 LA EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	26
2.2 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO	30
2.3 TIPOS Y NIVELES DE MANTENIMIENTO	30
2.4 ENFOQUE HACIA LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO	31
2.4.1 Máxima disponibilidad	32
2.4.2 Mínimo costo	32
2.4.3 Conservación de los activos físicos (máquinas, equipos y sistemas)	32
2.4.4 Conservación de la energía	32
2.4.5 Conservación del medio ambiente	33
2.4.6 Higiene y seguridad	33
2.4.7 Implicación del Personal	33
2.5 TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO ESTRUCTURALES “PREDICTIVO”	34
2.6 LAS CAUSAS DE DEFECTOS Y DETERIORO	35

2.7 PRUEBAS DE TIPO PREVENTIVO	37
3. FACTORES ESTRUCTURAL Y TÉCNICOS DEL CAMIÓN 793	39
4. METODOLOGIA PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE GRIETAS	42
4.1. ANALISIS INFORMACIÓN	42
4.1.1 Recolección de Información	42
4.1.2 Históricos de base de datos Peoplesoft	43
4.1.3 Evaluación de la Información recopilada	43
4.1.4 ¿Por qué de estas reparaciones parciales y totales?	45
4.1.5 Revisión de Procesos – Inspección y Reparación	47
4.1.6 Verificación de procedimiento de reparación	51
4.1.7 Jerarquías de equipos	52
5. OPTIMIZACION DE PROCESOS-DETERMINACION	53
5.1 CREACIÓN DEL GRUPO INTERDISCIPLINARIO	53
5.2 IMPLEMENTACIÓN DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	56
5.3 ESTÁNDAR COSTOS DE REPARACIÓN POR LONGITUD	58
5.4 INCLUSIÓN DE EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS	59
6. SEGUIMIENTO Y CONTROLES	60
6.1 PROCEDIMIENTOS DE REPARACIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN	60
6.2 DILIGENCIAMIENTO DE AUDITORÍAS (SEGURIDAD)	62
6.3 ESTÁNDAR DE HERRAMIENTAS	63
6.4 CALIDAD DE LA REPARACIÓN (CONTROL TEMPERATURA)	65
6.5 APLICACIÓN DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	66
7. CONCLUSIONES	69
BIBLIOGRAFIA	70

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Panorámica Mina Pribbenow - La Loma - Cesar	15
Figura 2. Panorámica Mina Pribbenow - La Loma - Cesar	16
Figura 3. Panorámica Puerto Drummond - Santa Marta	17
Figura 4. Organigrama – Marco Organizacional	21
Figura 5. Camión de acarreo 793 de Caterpillar	22
Figura 6. Cambio en las Técnicas de Mantenimiento	29
Figura 7. Expectativas y Evolución del Mantenimiento	29
Figura 8. Áreas Críticas de Grietas en el Chasis	35
Figura 9. Causas de Defectos y Deterioro	36
Figura 10. Evidencias Fotográficas de Grietas Chasis 1	37
Figura 11. Evidencias Fotográficas de Grietas Chasis 2	38
Figura 12. Evidencias Fotográficas de Grietas Chasis 3	38
Figura 13. Camión Minero CAT	39
Figura 14. Componente Motor	40
Figura 15. Hoja de Ruta Inspección	41
Figura 16. Imagen CMMS Oracle “PeopleSoft”	42
Figura 17. Históricos de base PeopleSoft	43
Figura 18. Top Problem de la Flota Camiones Cat	43
Figura 19. Impacto de las Grietas sobre MTBS y MTTR	44
Figura 20. Analisis Confiabilidad Vs Reparaciones Grietas	45
Figura 21. Partes del Chasis Camion CAT	46
Figura 22. Costos Reparacion 2014-2016	46
Figura 23. Grafica Pie Chart Estado Actual por sistemas	47
Figura 24. Imagen de Problemas Encontrados 1	48
Figura 25. Imagen de Problemas Encontrados 2	49
Figura 26. Imagen de Problemas Encontrados 3	49
Figura 27. Imagen de Problemas Encontrados 4	50
Figura 28. Imagen de Problemas Encontrados 5	50
Figura 29. Imagen de Problemas Encontrados 6	51
Figura 30. Grupo interdisciplinario	53
Figura 31. Identificación de áreas y coordenadas criticas del chasis	54
Figura 32. Codificación de Grietas en CMMS	54
Figura 33. Formato de Inspeccion Grietas	55
Figura 34. Implementación de ensayos no Destructivos	56

Figura 35. ensayos con ultrasonido y partículas magnéticas	56
Figura 36. inspeccionar volumétrica	57
Figura 37. Procedimientos de reparación durante la ejecución	60
Figura 38. Formato de Auditorias	62
Figura 39. Imagen de Estándar de Herramientas 1	63
Figura 40. Imagen de Estándar de Herramientas 2	63
Figura 41. Imagen de Estándar de Herramientas 3	64
Figura 42. Imagen de Estándar de Herramientas 4	64
Figura 43. Calidad de la Reparación (Control Temperatura)	65
Figura 44. Aplicación de ensayos No destructivos	66
Figura 45. Flujograma Proceso Reparacion Grieta	67
Figura 46. Criterios de Reparacion Grietas	67

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Modelo de clasificación para cada equipo x sistemas	52
Tabla 2. Estándar costos de reparación por longitud	58

## RESUMEN

**TITULO: PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE GRIETAS EN CHASIS FLOTA DE CAMIONES 793 CATERPILLAR DE LA MINA PRIBBENOW DE DRUMMOND \***

**AUTOR(ES): JOSE AUGUSTO BONILLA JOSEPA, RAÚL PEÑALOZA POLO \*\***

**PALABRAS CLAVES:** Mantenimiento, Confiabilidad, Disponibilidad, Modelo de Criticidad, Diagrama de Pareto, Grietas.

### **DESCRIPCION O CONTENIDO:**

Lo que sigue pretende ser un resumen sucinto del desarrollo de un programa de mantenimiento de grietas en el chasis del camión 793 de Caterpillar de la mina Pribbenow de Drummond. La metodología utilizada consistió en la recolección de información, histórica de base de datos especificaciones técnicas del fabricante, entrando así a evaluar los procesos de inspección, reparaciones jerarquía de equipos críticos y en consecuencia definir procesos en áreas críticas estructurales (Grietas) que afectan los costos de tiempos de reparación de los camiones.

El trabajo aquí desarrollado describe también la creación de grupos interdisciplinarios: técnicos, supervisores e inspectores para identificar áreas y coordenadas críticas del chasis. Con la implementación de formatos de inspección y la aplicación de ensayos no destructivos, se definió las codificaciones de grietas en el CMMS (Peoplesoft). Llegando a este punto, se proporcionan criterios de reparación estructural, asegurando que el equipo, continúe cumpliendo las funciones para las cual fue diseñado.

Además, también hemos incorporado un componente fundamental en los estándares de tarifa fija de costos de reparación por longitud y ubicación. Hay, por supuesto, temas puntuales que se pueden y se deben mencionar, como la existencia de hallazgos que permitieron establecer la parametrización de la vida de los chasis y cuáles de ellos presentan mayor grado de obsolescencia e inversión de costos, conllevando a su remplazo.

---

\*Monografía

\*\* Facultad de ingeniería Físico Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.

Director: Oscar Galindo Gámez - Magíster en Ingeniería

## SUMMARY

**TITLE: CRANE MAINTENANCE PROGRAM IN CHASSIS TRUCK FLEET 793 CATERPILLAR DE LA MINA PRIBBENOW DE DRUMMOND \***

**AUTHOR (S): JOSE AUGUSTO BONILLA JOSEPA, RAÚL PEÑALOZA POLO \*\***

**KEYWORDS:** Maintenance, Reliability, Availability, Criticality Model, Pareto Diagram, Cracks.

### **DESCRIPTION OR CONTENT:**

The following is intended to be a succinct summary of the development of a crack maintenance program on the Caterpillar 793 truck chassis at Drummond's Pribbenow mine. The methodology used consisted in the collection of information, historical database of technical specifications of the manufacturer, thus entering to evaluate the inspection processes, repairs hierarchy of critical equipment and consequently define processes in critical structural areas (Cracks) that affect costs of repair times for trucks.

The work developed here also describes the creation of interdisciplinary groups: technicians, supervisors and inspectors to identify areas and critical coordinates of the chassis. With the implementation of inspection formats and the application of non-destructive tests, the cracking codes were defined in the CMMS (Peoplesoft). At this point, structural repair criteria are provided, ensuring that the equipment continues to perform the functions for which it was designed.

In addition, we have also incorporated a fundamental component in fixed-rate standards for repair costs by length and location. There are, of course, specific issues that can and should be mentioned as the existence of findings that allowed to establish the parameterization of the life of the chassis and which of them present a greater degree of obsolescence and cost investment, leading to its replacement.

---

\*Monograph

\*\* Faculty of Mechanical Physics. Specialization in Maintenance Management.

Director: Oscar Galindo Gámez - Master in Engineering

## INTRODUCCION

En la mina Drummond el movimiento de material estéril y de carbón es realizado por 250 camiones 793 de Caterpillar, estos tienen varias etapas de servicios, muchos de estos equipos experimentan grietas severas por fatiga en varias zonas después de un corto tiempo productivo aproximadamente a las 20.000 horas.

Este proyecto sin duda tendrá una enorme trascendencia, está concebido como un programa de mantenimiento táctico bien estructurado y sistemático, que busca la disminución del tiempo de reparación, incrementar la disponibilidad y reducir los altos costos mantenibilidad de los equipos.

Además, también hemos incorporado un componente fundamental en los estándares de tarifa fija “Flate Rate<sup>1</sup>” de costos de reparación en longitud y ubicación.

Algunos otros datos importantes que se deben considerar incluyen: mapa de toma de decisiones, control de calidad en reparación y trazabilidad post reparación, formatos de inspección y la aplicación de ensayos no destructivos. En este sentido, podemos establecer la parametrización de la vida de los chasis

Básicamente esa situación ha ocasionado una caída total del 22% en los costos de reparación si se compara los años anteriores.

Además, de todo lo expuesto no podemos pasar por alto la existencia de una amplia biografía que se aporta para alcanzar los objetivos trazados.

Este trabajo de grado constituye el requisito final de la formación del aspirante al Grado de Especialización en Gerencia de Mantenimiento y su aprobación viene a convertirse en un requerimiento necesario para el otorgamiento de dicho grado.

---

<sup>1</sup>Se define como tarifa plena acordada por costo de reparación

## 1. DRUMMOND LTD, MINA PRIBBENOW

**Figura 1. Panorámica Mina Pribbenow - La Loma - Cesar**



Fuente: Google Maps

Durante la década de 1980, Drummond adquiere los derechos mineros de importantes reservas de carbón en el norte de Colombia, cerca de La Loma, Cesar, e inicia su explotación a mediados de la década de 1990.

Las características de nuestro carbón se comparan favorablemente con las de otros carbones térmicos comercializados a nivel internacional. De los carbones que se exportan actualmente desde Colombia, el carbón térmico de Drummond tiene uno de los niveles más bajos de azufre y de ceniza. Este carbón cumple con las regulaciones internacionales de azufre, y también es muy bajo en emisiones de óxidos de nitrógeno<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> DRUMMOND LTD. Informe De Sostenibilidad 2011. [en línea], Citado el 8 de octubre de 2015. Disponible en Internet: <http://www.drummondLtd.com>

Nuestra operación minera en Colombia incluye las minas a cielo abierto Pribbenow y El Descanso, ubicadas en la cuenca de carbón del Cesar. En la actualidad contamos con reservas de aproximadamente 2 mil millones de toneladas de carbón en nuestros proyectos La Loma, El Descanso, Rincón Hondo, Similoa y Cerro largo; los dos primeros en explotación y los tres últimos se encuentran en el proceso de licenciamiento ambiental.

Una fuerte inversión en infraestructura productiva nos ha permitido crecer en nuestras exportaciones de carbón colombiano, desde un millón de toneladas en 1995 a aproximadamente 32.6 millones de toneladas en 2016<sup>3</sup>.

**Figura 2. Panorámica Mina Pribbenow - La Loma - Cesar**



Fuente: Mina Pribbenow Vista Aérea

---

<sup>3</sup> DRUMMOND LTD. Informe De Sostenibilidad 2011. [en línea], Citado el 8 de octubre de 2015. Disponible en Internet: <http://www.drummondLtd.com>.

Drummond tiene una concesión portuaria del gobierno colombiano, Puerto Drummond, un puerto marítimo en el mar Caribe, en Ciénaga, Magdalena. Este terminal marítimo fue diseñado para cargar barcos de todos los tamaños y opera como una instalación de alta capacidad de almacenamiento y carga.

**Figura 3. Panorámica Puerto Drummond - Santa Marta**



Fuente: Puerto Drummond Vista Aérea

El 31 de marzo de 2014 iniciamos operaciones portuarias con el primer embarque de carbón a través del sistema de cargue directo. Con dos cargadores de buques, Puerto Drummond tiene una capacidad instalada de 60 millones de toneladas al año. La transformación del puerto, en el que se invirtieron US\$360 millones, incluyó la construcción del sistema de cargue directo y la expansión del patio de almacenamiento de carbón, entre otras obras<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> DRUMMOND LTD. Informe De Sostenibilidad 2011. [en línea], Citado el 8 de octubre de 2015. Disponible en Internet: <http://www.drummondltd.com>

El muelle cuenta con sistemas de drenaje, contención y manejo de aguas industriales, supresión de polvo y aspersión de agua. Además, el Puerto tiene certificaciones en seguridad industrial y salud ocupacional OHSAS 18001, ISO 14001 y seguridad física y protección portuaria BASC y PBIP.

Actualmente, en Puerto Drummond, podemos almacenar hasta 800.000 toneladas de carbón. Este carbón es almacenado según sus características de calidad, lo que nos permite, en el momento del embarque, preparar mezclas que satisfacen los requerimientos de calidad de cada uno de nuestros clientes.

## **1.1 HISTORIA Y EVOLUCION**

En 1935 comienza H.E. Drummond Coal Company en Sipsey, Alabama, como un proveedor de carbón para granjas y hogares. El señor Drummond toma un préstamo por 300 dólares de Walker County Bank en Jasper, Alabama, usando tres mulas como garantía.

Con el tiempo, en 1956 con la muerte de H.E. Drummond en 1956, sus hijos se hicieron cargo de la compañía, siguiendo con los objetivos y la visión que su padre tenía. Segal Drummond es nombrado vicepresidente de ventas y finanzas. La empresa es financiada a través de un pago de seguro de vida de 50.000 dólares y 240.000 dólares de un préstamo para asociaciones empresariales pequeñas.

Entre 1960-1970: La producción anual pasa de 200.000 toneladas anuales a 1.500.000 toneladas anuales. Drummond compra Kellerman Mining Co. y se establece el primer acuerdo comercial con Japón. De ahí que, ante este panorama, en 1963 se menciona la existencia de Carbón entre La Jagua y La Loma<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> DRUMMOND LTD. Informe De Sostenibilidad 2011. [en línea], Citado el 8 de octubre de 2015. Disponible en Internet: <http://www.drummondltd.com>

Ya desde entonces en 1970 Drummond entró en el mercado del carbón de exportación y se convirtió rápidamente en un líder de la industria

Tiempo después, Drummond Ltd. es fundada y suscribe su primer contrato minero de carbón en Colombia

Seguidamente, Drummond establece sus operaciones en Colombia e inicia la construcción de la mina y el puerto. La primera producción de carbón se registra en 1995.

Poco después, (1997) suscribe su segundo contrato para la exploración y explotación de carbón, El Descanso, proyecto con más de 1.700 millones de toneladas de reservas.

Pero muy pronto, año 2003 Drummond adquiere tres nuevas áreas de carbón en el país: Rincón Hondo, Similoa y Cerrolargo. (Reservas totales adquiridas durante ese año: 162 millones de toneladas<sup>6</sup>).

Más tarde, en el 2004 Drummond entra en la exploración de gas metano en mantos de carbón (en inglés: Coal Bed Methane, CBM) en la cuenca del Cesar: Contrato La Loma y adquiere los derechos de CBM en asocio con Ecopetrol para explorar el Bloque Guajira Río Ranchería. En el año 2008 el Ministerio del Medio Ambiente otorgó la licencia ambiental.

Fue así como, en el 2011 ITOCHU Coal Americas, Inc. se convierte en socio del 20% de las operaciones de Drummond en Colombia

2012 Drummond inicia la fase de producción del contrato El Descanso

---

<sup>6</sup> DRUMMOND LTD. Informe De Sostenibilidad 2011. [en línea], Citado el 8 de octubre de 2015. Disponible en Internet: <http://www.drummondltd.com>

## **1.2 MISIÓN**

Ser el productor de carbón a largo término, más seguro, confiable y productivo a bajo costo en el mundo

## **1.3 VISIÓN**

Obtener el carbón, de manera segura, confiable, productiva y cuidando el ambiente con el mejor recurso humano.

## **1.4 POLÍTICA DE SEGURIDAD, SALUD EN EL TRABAJO Y AMBIENTE**

Es política de DRUMMOND LTD - COLOMBIA (DLTD) conducir sus operaciones de exploración, extracción y transporte de carbón e hidrocarburos asociados de manera segura, manteniendo el sistema integrado de gestión, orientado a proteger y conservar el ambiente, la salud y la vida de sus empleados, contratistas, subcontratistas, visitantes y comunidades relacionadas.

Para el cumplimiento de esta política, DRUMMOND LTD COLOMBIA asegura los recursos necesarios y se compromete con las siguientes acciones:

Considera el cuidado de la salud, la seguridad y el ambiente como un valor primordial para el desarrollo de todas sus actividades.

Identifica y evalúa peligros de forma permanente para aplicar los controles requeridos a fin de proteger la salud y la vida de los empleados, contratistas, subcontratistas, visitantes y comunidades.

Implementa controles operacionales con el objetivo de prevenir, mitigar y compensar adecuadamente los impactos ambientales.

Garantiza el cumplimiento de la legislación aplicable en materia de ambiente, seguridad y salud en el trabajo, como también las obligaciones establecidas por

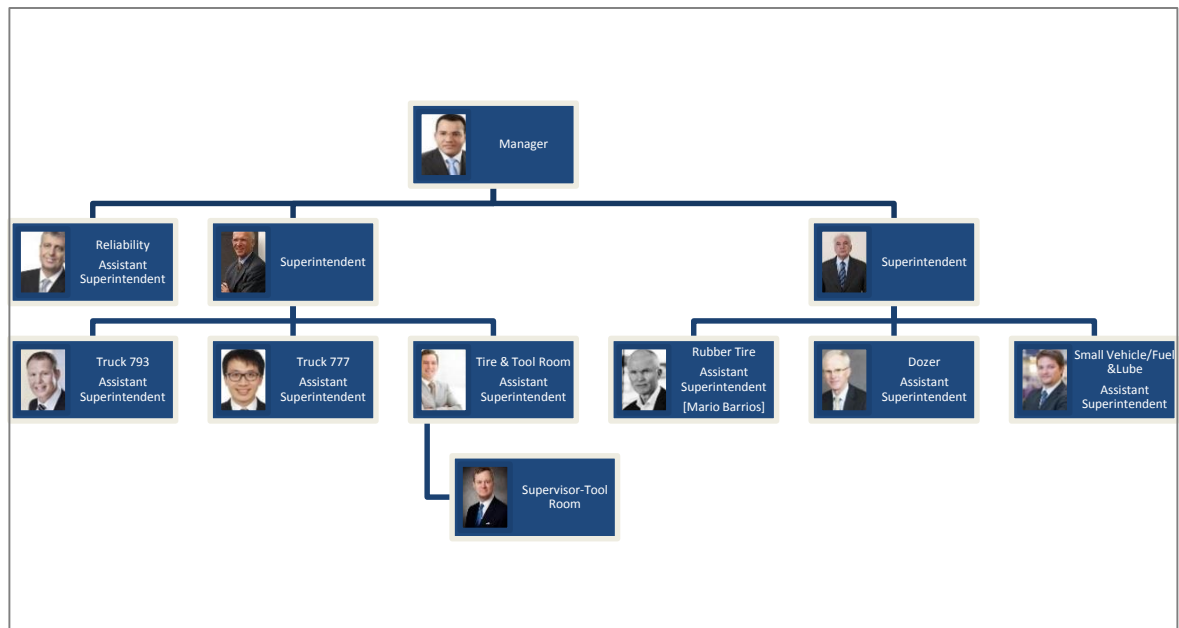
las autoridades reguladoras y otros compromisos que la organización suscriba voluntariamente.

Administra responsablemente los procedimientos de trabajo, brindando entrenamiento y evaluando el desempeño, para comprometer a los empleados, contratistas, subcontratistas y proveedores, en el cumplimiento de los programas de ambiente, seguridad y salud en el trabajo establecidos.

Responde rápida y efectivamente a los accidentes y emergencias que puedan resultar de las operaciones, coopera con organizaciones industriales y agencias gubernamentales autorizadas y realiza las notificaciones oportunas a las autoridades pertinentes en cada caso.

## 1.5 ESTRUCTURA - MARCO ORGANIZACIONAL

Figura 4. Organigrama – Marco Organizacional



Fuente: El Autor

## 1.6 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia es el primer productor de carbón de América Latina y el décimo del planeta. Es el cuarto exportador a nivel mundial (después de Indonesia, Australia y Rusia), con reservas probadas por más de 7.000 millones de toneladas y reservas potenciales por 17.000 millones de toneladas.

**Figura 5. Camión de acarreo 793 de Caterpillar**



Fuente: Extracción Carbón Mina Pribbenow Camión 793

El precio del carbón ha venido en picada en los últimos años, como consecuencia de la caída de la economía mundial, su abundante oferta y la competencia del gas natural, que tiene los precios más bajos en diez años. Varios países, en especial Estados Unidos, han comenzado a sustituir, utilizando gas en lugar de carbón, dado que es la fuente de energía más barata y con menos gases efecto invernadero.

Todo esto ha hecho que el precio del carbón se cotice hoy en los mercados internacionales a US\$86 la tonelada, una dura caída desde los US\$150 donde se encontraba hace dos años. Ese desplome en los precios ha traído consecuencias

nefastas para muchos jugadores en la industria. Algunos han tenido que cerrar minas y otros se han visto obligados a reacomodar sus operaciones, despidiendo a miles de trabajadores en el proceso<sup>7</sup>.

La actividad económica global permanece frágil y con riesgo de estancarse. La industria del carbón en Colombia se resiste en bajar los precios ya que las empresas han llevado hasta el límite sus gastos de operación, como el uso más eficiente de la maquinaria y los contratos de renegociación<sup>8</sup>.

A pesar de la reducción de costos, las empresas pronto tendrán que tomar decisiones en el largo plazo en sus gastos, con implicaciones para la futura producción.

En este sentido, es muy importante el desarrollo de una nueva estrategia de mantenimiento basada en reducción de costos y en optimización de reparación que permita aumentar los niveles de rentabilidad financiera, mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos mineros.

---

<sup>7</sup> REVISTA DINERO. El elegido sí afectará a Colombia. [en línea], Citado el 11/6/2012 6:00:00 AM. Disponible en Internet: <http://www.dinero.com/internacional/articulo/el-elegido-si-afectara-colombia/163329>

<sup>8</sup> REVISTA PORTAFOLIO. Colombia espera producir 85,5 millones de toneladas de carbón este año. [en línea], Citado el 21 Abril 21 DE 2016 - 01:15 P.M. Disponible en Internet: <http://www.portafolio.co/economia/colombia-producira-85-millones-toneladas-carbon-2016-494519>

## 1.7 OBJETIVOS

**1.7.1 Objetivo General** El objetivo de este proyecto es desarrollar un programa de mantenimiento de grietas para optimizar la vida de elementos estructurales (Chasis) del camión 793 Caterpillar de la mina de carbón Pribbenow de Drummond<sup>9</sup>.

### 1.7.2 Objetivos Específicos

- Fundamentar conceptos y principios de mantenimiento con el fin de aplicarlos en el camión 793 de Caterpillar en la mina Pribbenow de Drummond.
- Determinar los factores estructurales y técnicos del camión 793 de Caterpillar.
- Definir procesos, equipos y áreas críticas estructurales (Grietas) que afectan los costos y tiempos de reparación.
- Proporcionar los criterios de reparación del chasis para optimizar el rendimiento estructural del camión de acuerdo a las conclusiones obtenidas en análisis.

---

<sup>9</sup> Drummond Company, Inc. y sus filiales extraen carbón en Colombia a través de su participación en el 80 por ciento de Drummond International, LLC, una sociedad con una filial de ITOCHU Corporation, creada en octubre de 2011

## 1.8 JUSTIFICACIÓN

Actualmente los costos de reparación de un chasis 793 Caterpillar sobrepasan los 95.600 USD incluyendo mano de obra calificada, este rubro se encuentra ubicado en un 33 % del total del presupuesto anual de la flota.

Uno de los aspectos que despierta mayor inquietud es el indicador del MTBF<sup>10</sup> con un insoslayable descenso de 72.6 horas promedio, siendo esto desfavorable para la estrategia de mantenimiento. En este sentido, no podemos olvidar otro indicador importante el MTTR<sup>11</sup> este se ubica con 27 horas promedio de reparación y trae como consecuencia baja disponibilidad y altos costos de reparación. Valga como verbigracia para observar, que solamente 5 camiones en reparación por grieta equivalen a 2 puntos de la disponibilidad general de la flota.

En este orden de ideas, resulta indispensable incrementar los niveles de rentabilidad financiera de la empresa, por medio de programas internos que ayuden a la preservación de los activos productivos y de esta manera mitigar los tiempos de reparación sumado al impacto negativo que se tiene en estos momentos en los indicadores de efectividad y calidad.

Además, hay que tener en cuenta el efecto inmediato que tendrá este proyecto sobre la operación. Con este trabajo de enfoque técnico busca proporcionar los criterios y elementos para el mejoramiento del proceso de la reparación y de la identificación de las áreas críticas estructurales del camión 793 de Caterpillar<sup>12</sup>.

También podemos subrayar que académicamente este proyecto puede utilizarse como soporte investigativo para futuros nuevos trabajos. El resultado será una respuesta o solución a problemas concretos.

---

<sup>10</sup> Mean Time Between Failure: tiempo de operación promedio entre paradas de la máquina

<sup>11</sup> Medium Time To Repair: es el tiempo promedio que toma reparar algo después de una falla.

<sup>12</sup> Camión Minero Caterpillar Engine Model Cat® 3516B HD EUI

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 LA EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO**

La historia de mantenimiento acompaña el desarrollo Técnico-Industrial de la humanidad. Al final del siglo XIX, con la mecanización de las industrias, surgió la necesidad de las primeras reparaciones.

Hasta 1914, el mantenimiento tenía importancia secundaria y era ejecutado por el mismo personal de operación o producción.

La historia de mantenimiento acompaña el desarrollo Técnico-Industrial de la humanidad. Al final del siglo XIX, con la mecanización de las industrias, surgió la necesidad de las primeras reparaciones.

Con el advenimiento de la primera guerra mundial y de la implantación de la producción en serie, fue instituida por la compañía Ford-Motor Company, fabricante de vehículos, las fabricas pasaron a establecer programas mínimos de producción y, en consecuencia, sentir la necesidad de crear equipos de que pudieran efectuar el mantenimiento de las máquinas de la línea de producción en el menor tiempo posible.

Así surgió un órgano subordinado a la operación, cuyo objetivo básico era la ejecución del mantenimiento, hoy conocida como mantenimiento correctivo.

Esa situación mantuvo hasta la década del año 30, cuando en función de la segunda guerra mundial, y de la necesidad de aumentar la rapidez de la producción, la alta administración industrial se preocupó, no solo en corregir fallas, sino evitar que estos ocurriesen, y el personal técnico de mantenimiento, pasó a desarrollar el proceso del mantenimiento preventivo, de las averías que,

juntamente con la corrosión, completaban el cuadro general de mantenimiento como de la operación o producción.

Por el año de 1950, con el desarrollo de la industria para atender a los esfuerzos de la post-guerra, la evolución de la aviación comercial y de la industria electrónica.

Los gerentes de mantenimiento observan que, en muchos casos, el tiempo de parada de la producción, para diagnosticar las fallas, era mayor, que la ejecución de la reparación.

Aquí da lugar a seleccionar un equipo de especialistas para componer un órgano de asesoramiento a la producción que se llamó «Ingeniería de Mantenimiento» y recibió los cargos de planear y controlar el mantenimiento preventivo y analizar causas y efectos de las averías.

Las principales referencias que existen en diversa bibliografía sobre los tipos de mantenimiento llevados a cabo, han concluido, de común acuerdo entre muchos autores, en establecer durante el siglo xx tres grandes etapas que, aunque no tienen una frontera clara entre ellas desde el punto de vista temporal, sí pueden dar una clara idea de cuál ha sido la evolución de las técnicas y organizaciones que se han ido implementando durante dicho siglo<sup>13</sup>.

El hecho de que no exista una frontera clara entre unas etapas y otras se debe a varios factores. El fundamental es que cada sector de la industria ha evolucionado de forma diferente.

Por poner un ejemplo, la aeronáutica ha ido siempre muy por delante del sector industrial, naval y ferroviario. En el sector de la aviónica es donde se han

---

<sup>13</sup> GONZALEZ FERNANDEZ, Francisco Javier. Teoría y Práctica Del Mantenimiento Industrial Avanzado, Editorial: Fund. Confemetal, 2003. 525 p. ISBN: 9788496169036.

experimentado las primeras tecnologías predictivas, los primeros sistemas de monitorización, etc.

Por tanto, lo que aparece en la siguiente figura es más aplicable a sectores llamémosles convencionales que al susodicho de la aviación<sup>14</sup>.

Se ha convenido en que la evolución del mantenimiento durante el siglo xx ha tenido tres etapas, a las que llamaremos, a partir de ahora, Primera, Segunda y Tercera Generación.

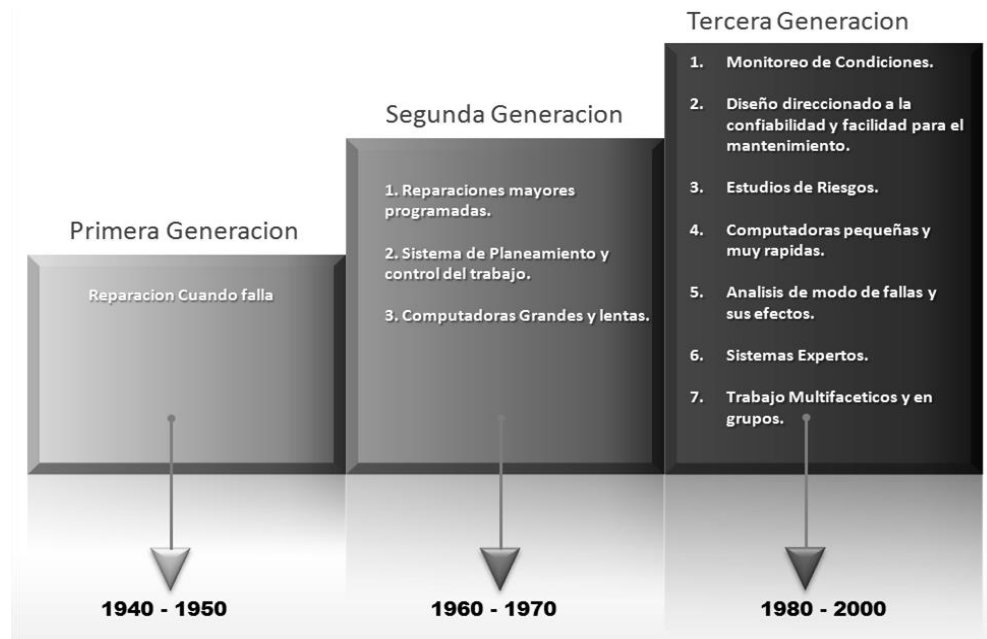
Pasemos a desarrollarlas con la ayuda de la siguiente figura 6, que contempla en la parte inferior los objetivos que de forma generalizada se han ido marcando las Empresas a lo largo de los decenios expuestos y, en la parte superior, los medios con que, también de forma generalizada, han utilizado (o siguen utilizando) para intentar alcanzar dichos objetivos<sup>15</sup>.

---

<sup>14</sup> Ibidem, p.29.

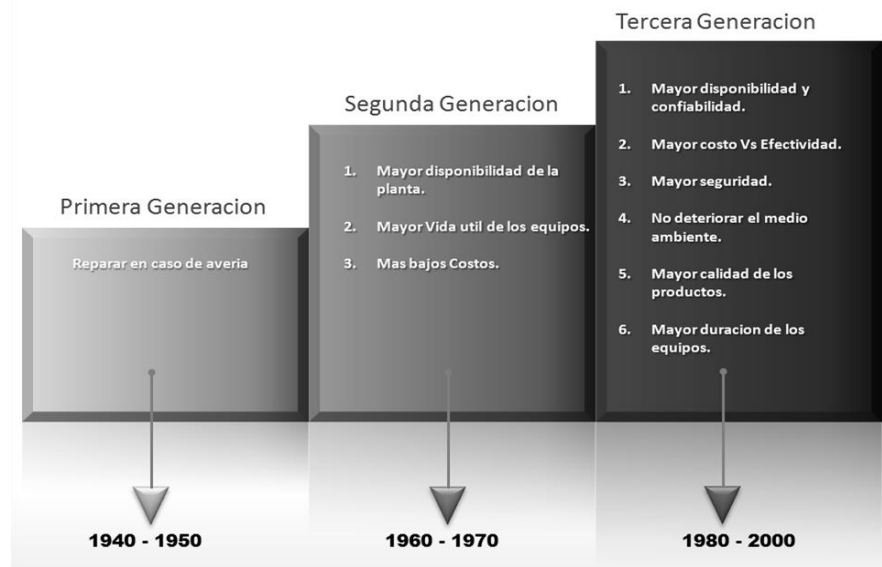
<sup>15</sup> GONZALEZ FERNANDEZ, Francisco Javier. Teoría y Práctica Del Mantenimiento Industrial Avanzado, Editorial: 2003. Fund. Confemetal, 525 p. ISBN: 9788496169036.

**Figura 6. Cambio en las Técnicas de Mantenimiento**



Fuente: GONZALEZ FERNANDEZ, Francisco Javier. Teoría y Práctica Del Mantenimiento Industrial Avanzado, Editorial: Fund. Confemetal , 2003. 525 p. ISBN: 9788496169036.

**Figura 7. Expectativas y Evolución del Mantenimiento**



Fuente: GONZALEZ FERNANDEZ, Francisco Javier. Teoría y Práctica Del Mantenimiento Industrial Avanzado, Editorial: Fund. Confemetal. 525 p. ISBN: 9788496169036.

## **2.2 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO**

El mantenimiento<sup>16</sup> es el sustantivo correspondiente al verbo mantener; la función concreta de mantenimiento es sostener la funcionalidad y el cuerpo de un objeto o aparato productivo para que cumpla su función de producir bienes o servicios.

La principal función del mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo.

Bajo esta premisa se puede entender la evolución del área de mantenimiento al atravesar las distintas épocas, acorde con las necesidades de sus clientes, que son todas aquellas dependencias o empresas de procesos o servicios que generan bienes reales o intangibles mediante la utilización de estos activos para producirlos<sup>17</sup>.

## **2.3 TIPOS Y NIVELES DE MANTENIMIENTO**

Principalmente el mantenimiento puede ser aplicado de tres formas:

Mantenimiento correctivo: (o reparación) es la respuesta al fallo del equipo con el fin de devolverlo a un estado de funcionamiento

Mantenimiento preventivo: es el que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno.

---

<sup>16</sup> Según la Real Academia Española, se define mantenimiento como “el conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente.”

<sup>17</sup> MORA GUTIÉRREZ, Luis Alberto. 2009. Mantenimiento Planeación, ejecución y control. Ciudad de México: Alfaomega, 2009. 528 p. ISBN: 978-958-682-769-0

Mantenimiento predictivo: es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo.

## **2.4 ENFOQUE HACIA LAS ACCIONES DE MANTENIMIENTO**

Todo trabajo de mantenimiento no planeado y no programado incrementa en un 20% la probabilidad de generar defectos por mano de obra, operación o materiales.

Si a esto le sumamos que un trabajo no planeado y no programado incrementa su duración en un 57% con respecto a un trabajo planeado y programado<sup>18</sup>.

El mantenimiento está relacionado con la rentabilidad a través de la productividad de los equipos y el gasto de explotación. Los trabajos de mantenimiento elevan el nivel de rendimiento de los equipos y sus disponibilidad, pero al mismo tiempo incrementa los gastos de explotación.

El objeto de un departamento de mantenimiento industrial debe ser la consecución del equilibrio óptimo entre estos factores, esto es el balance que maximice la contribución del departamento a la rentabilidad<sup>19</sup>.

Los objetivos de mantenimiento deben alinearse con los de la empresa y éstos deben ser específicos y estar presentes en las acciones que realice el área. Estos objetivos serán los que mencionamos a continuación<sup>20</sup>:

---

<sup>18</sup> MORA GUTIÉRREZ, Luis Alberto. Mantenimiento Planeación, ejecución y control. Ciudad de México: Alfaomega, 2009. 528 p. ISBN: 978-958-682-769-0.

<sup>19</sup> SILVA ARDILA, Pedro. Confiabilidad en la Práctica, Primera Edición. Medellín. 2014, 153 p.

### **2.4.1 Máxima disponibilidad**

- Asegurar máxima disponibilidad y fiabilidad de los sistemas, instalaciones, máquinas y equipos.
- Reparar las averías en el menor tiempo posible.

### **2.4.2 Mínimo costo**

- Reducir los mantenimientos correctivos.
- Manejo óptimo de stock.
- Manejarse dentro de costos anuales regulares.

### **2.4.3 Conservación de los activos físicos (máquinas, equipos y sistemas)**

- Realizar las reparaciones en las máquinas, equipos e instalaciones, pensando en mantener la vida útil de los mismos.
- Tener presente al realizar la programación de los mantenimientos, la fiabilidad de los activos.

### **2.4.4 Conservación de la energía**

- Conservar en buen estado las instalaciones auxiliares.
- Eliminar paros y puestas de marcha continuos.
- Controlar el rendimiento de los equipos

---

<sup>20</sup> TORRES, Leandro Daniel, Gestión integral de activos físicos y mantenimiento. ed. - Alfaomega Grupo Editor Argentino, 2015. 516 p. ISBN: 978-987-160-966-6.

#### **2.4.5 Conservación del medio ambiente**

- Mantener las protecciones en aquellos equipos que pueden producir fugas contaminantes.
- Evitar averías en equipos e instalaciones correctoras de poluciones<sup>21</sup>.

#### **2.4.6 Higiene y seguridad**

- Mantener las protecciones de seguridad en los equipos para evitar accidentes.
- Adiestrar al personal sobre normas para evitar los accidentes.
- Asegurar que los equipos funcionen en forma adecuada.

#### **2.4.7 Implicación del Personal**

- Obtener la participación del Personal para poder implementar el TPM y RCM.
- Implicar a los trabajadores en las técnicas de calidad<sup>22</sup>.

¿Por qué debemos gestionar la función mantenimiento? ¿No es más fácil y más barato acudir a reparar un equipo cuando se averíe y olvidarse de planes de mantenimiento, estudio de fallas, sistemas de organización, que incrementan notablemente la mano de obra indirecta? Veamos por qué es necesario gestionar el mantenimiento:

Porque la competencia obliga a rebajar costes. Por tanto, es necesario optimizar el consumo de materiales y el empleo de mano de obra. Para ello es imprescindible

---

<sup>21</sup> TORRES, Leandro Daniel, Gestión integral de activos físicos y mantenimiento. ed. - Alfaomega Grupo Editor Argentino, 2015. 516 p. ISBN: 978-987-160-966-6.

<sup>22</sup> Ibidem, p.29.

estudiar el modelo de organización que mejor se adapta a las características de cada planta; es necesario también analizar la influencia que tiene cada uno de los equipos en los resultados de la empresa, de manera que dediquemos la mayor parte de los recursos a aquellos equipos que tienen una influencia mayor; es necesario, igualmente, estudiar el consumo y el stock de materiales que se emplean en mantenimiento; y es necesario aumentar la disponibilidad de los equipos, no hasta el máximo posible, sino hasta el punto en que la indisponibilidad no interfiera en el Plan de Producción<sup>23</sup>.

Porque los departamentos necesitan estrategias, directrices a aplicar, que sean acordes con los objetivos planteados por la dirección. Porque los departamentos necesitan estrategias, directrices a aplicar, que sean acordes con los objetivos planteados por la dirección.

## **2.5 TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO ESTRUCTURALES “PREDICTIVO”**

A la hora de realizar reparación y reforzar construcciones metálicas, se debe proceder sistemáticamente, es decir el alcance de los defectos, deterioro y las causas de los mismos.

Después de establecer y llevar las medidas que convengan<sup>24</sup>.

Todo refuerzo de componentes y piezas que no sean sistemáticos da lugar a nuevos defectos y deterioros.

La siguiente figura se describe cada área crítica donde se producen las grietas más frecuentes en el camión 793 Caterpillar<sup>25</sup>.

---

<sup>23</sup> GARCIA GARRIDO, Santiago. Mantenimiento Organización y gestión integral de mantenimiento. Madrid España: Editorial RENOVETEC 2009 Vol. 4. 321 p. ISBN: 84-7978-548-9.

<sup>24</sup> TEREX, Germany Gmbh & Co KG, Manual Técnico mantenimiento Soldadura 100 p.

## Figura 8. Áreas Críticas de Grietas en el Chasis

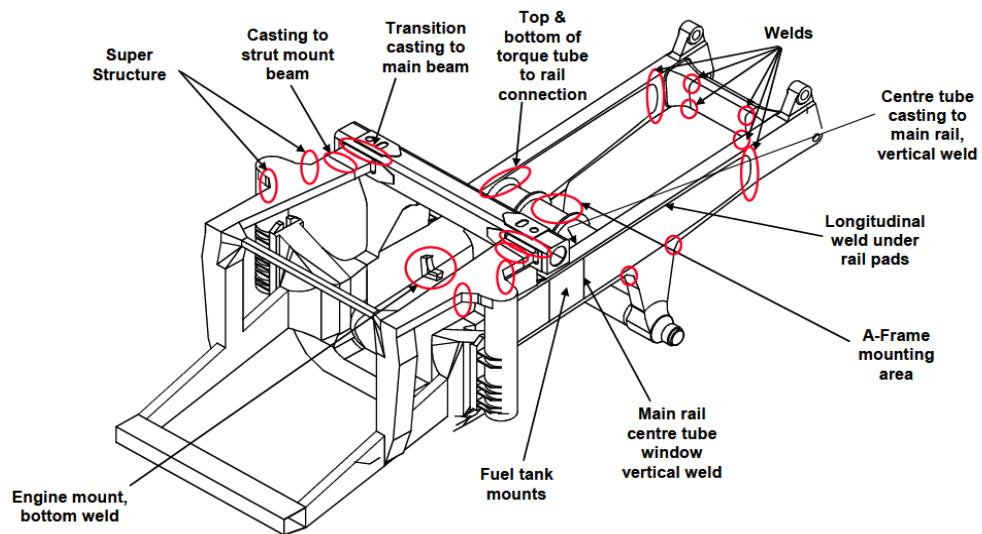


Figure 3.1: Areas on chassis which have experienced failures/fatigue cracking

Fuente: [Libro] MAINTENANCE TECHNOLOGY INSTITUTE, Optimisation Of Structural Performance Of Trucks, ACARP PROJECT C13043 March 2006. 151 p.

## 2.6 LAS CAUSAS DE DEFECTOS Y DETERIORO

Puede haber numerosas causas:

Dimensionado: Enfoque erróneo relativo a las cargas y tipos de carga a esperar, faltas de dimensionado y de estructuración, materiales de construcción inadecuada.

---

<sup>25</sup> MAINTENANCE TECHNOLOGY INSTITUTE, Optimisation Of Structural Performance Of Trucks, ACARP PROJECT C13043 March 2006. 151 p.

**Figura 9. Causas de Defectos y Deterioro**



Fuente: MAINTENANCE TECHNOLOGY INSTITUTE, Optimisation Of Structural Performance Of Trucks, ACARP PROJECT C13043 March 2006. 151 p.

**Fabricación:** Entalladura mecánica y metalúrgicas, errores de mediciones, cambio de materiales y defectos de materiales<sup>26</sup>.

**Accidentes:** Accidentes ocurridos durante el transporte.

---

<sup>26</sup> TEREX, Germany Gmbh & Co KG, Manual Técnico mantenimiento Soldadura 100 Pg.

**Figura 10. Evidencias Fotográficas de Grietas Chasis 1**



Fuente: MAINTENANCE TECHNOLOGY INSTITUTE, Optimisation Of Structural Performance Of Trucks, ACARP PROJECT C13043 March 2006. 151 p.

## **2.7 PRUEBAS DE TIPO PREVENTIVO**

Las pruebas o reconocimiento de tipo preventivo son conocidos en el área médico-Técnica. Los facultativos nos enseñan que los pequeños focos infecciosos pueden eliminarse recurriendo a una invención quirúrgica de poca consideraciones, siempre que sean reconocidos a tiempos<sup>27</sup>.



---

<sup>27</sup> TEREX, Germany Gmbh & Co KG, Manual Técnico mantenimiento Soldadura 100 p.

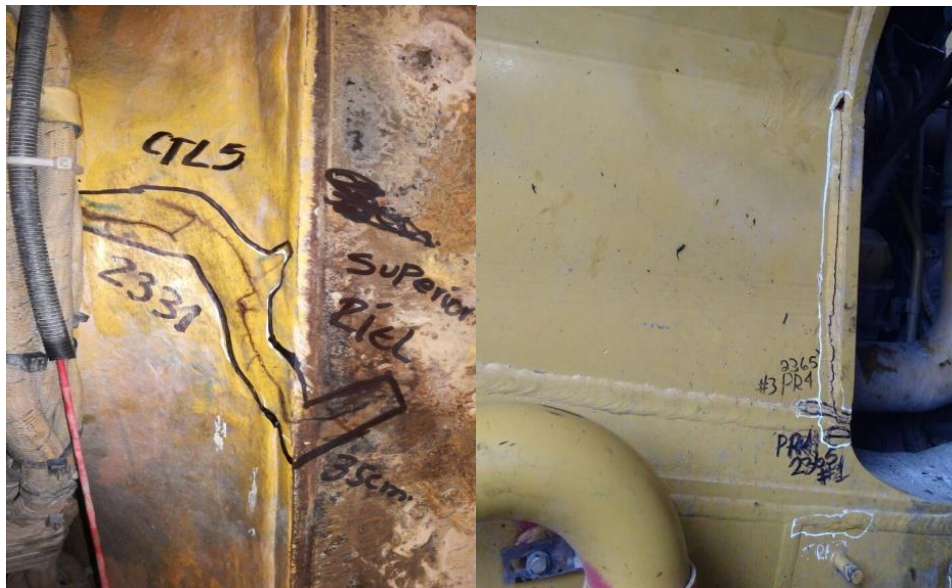
**Figura 11. Evidencias Fotográficas de Grietas Chasis 2**



Fuente: MAINTENANCE TECHNOLOGY INSTITUTE, Optimisation Of Structural Performance Of Trucks, ACARP PROJECT C13043 March 2006. 151 p.

Las grietas y otros defectos pueden averiguarse mediante los siguientes procedimientos: Penetración de Color “Tinta penetrante”, Método polvo magnético, Inspección de Ultrasonido.

**Figura 12. Evidencias Fotográficas de Grietas Chasis 3**



Fuente: MAINTENANCE TECHNOLOGY INSTITUTE, Optimisation Of Structural Performance Of Trucks, ACARP PROJECT C13043 March 2006. 151 p.

### 3. FACTORES ESTRUCTURAL Y TÉCNICOS DEL CAMIÓN 793

Los camiones mineros grandes Cat<sup>28</sup> contribuyen a construir la industria minera moderna y, hoy en día, transportan más de la mitad del material (rocas y minerales, carbón y arenas bituminosas) de las minas de todo el mundo.

**Figura 13. Camión Minero CAT**

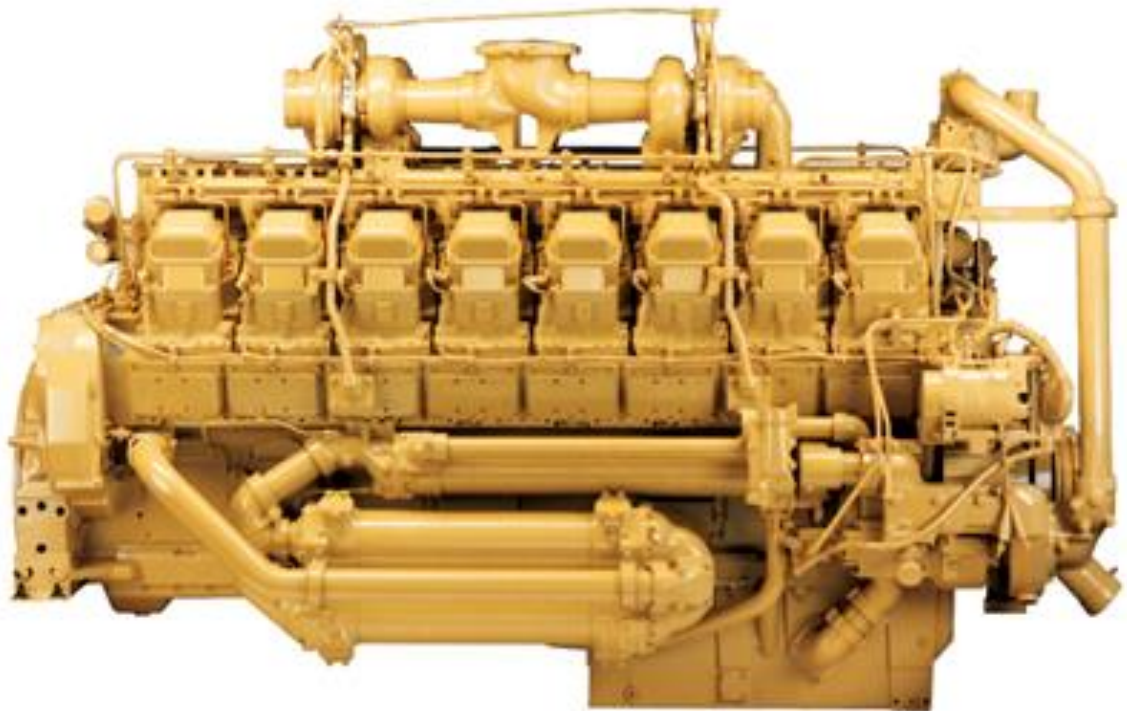


---

<sup>28</sup> Caterpillar Inc.

El Camión CAT está equipado con un motor 3516B HD EUI29 diésel de 4 tiempo y 16 cilindros en V con turbo compresión en serie y post-enfriamiento, además consta de inyectores unitarios para un consumo adecuado de combustible; un motor es un conjunto de piezas móviles y fijas capaz de convertir la energía química de un combustible en energía mecánica.

**Figura 14. Componente Motor**



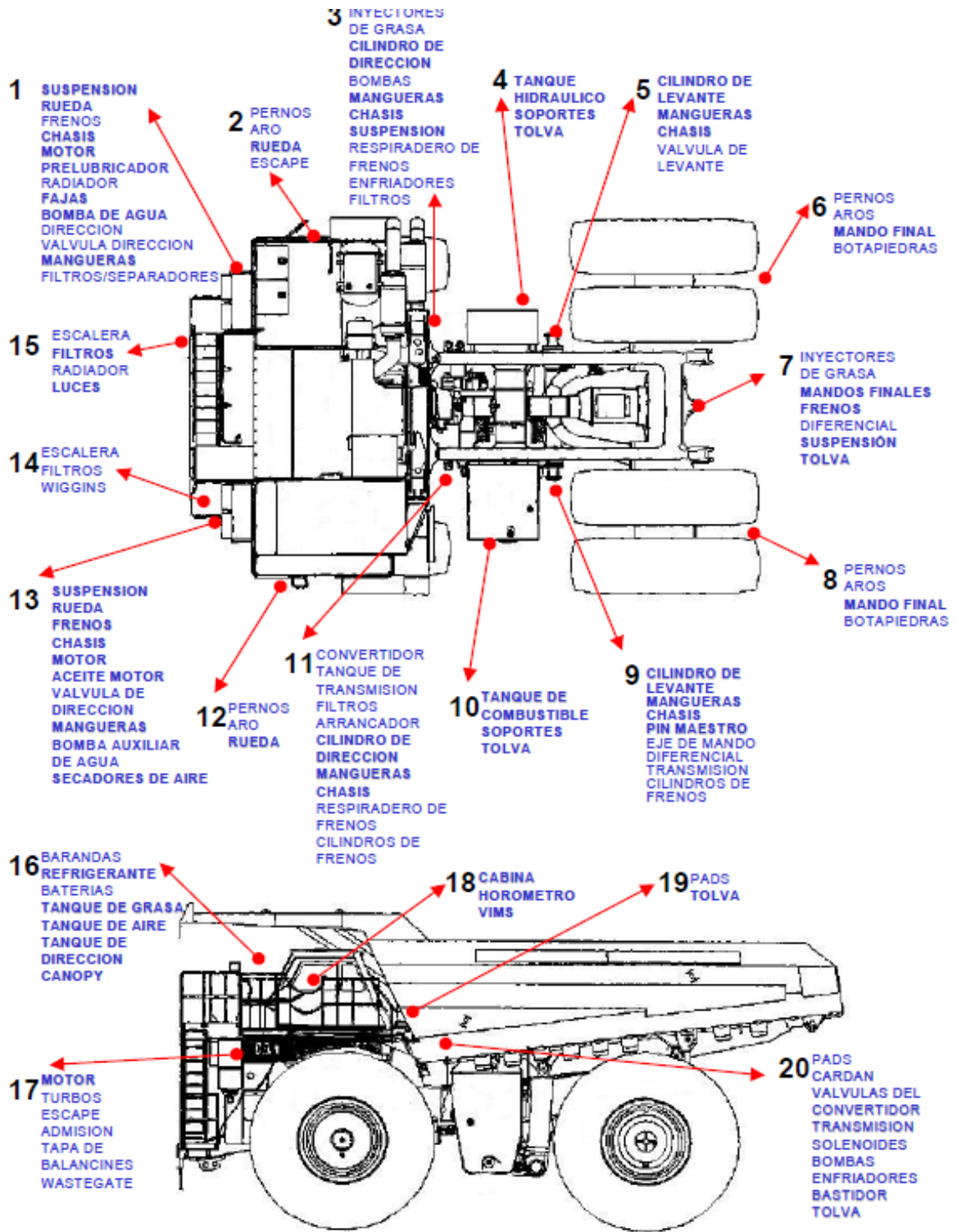
Fuente: MiningCat®, 2014

El mando final es el último sistema reductor de la máquina, ¿por qué reductor? esto significa que al reducir la velocidad proveniente de la transmisión, aumenta el torque, y esto lo logra gracias a un conjunto de engranajes, este es llamado conjunto planetario.

---

<sup>29</sup> Sistema de entrega de combustible EUI

Figura 15. Hoja de Ruta Inspección



Fuente: Material Estudiante Ferreyros Sep 03

## 4. METODOLOGIA PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE GRIETAS

### 4.1. ANALISIS INFORMACIÓN

**4.1.1 Recolección de Información** Los registros de Información digital quedaron a cargo del CMMS 30 sistema computarizado y administrado por Oracle 31 “PeopleSoft” y el intervalo de fechas utilizado comprendido entre el mes de enero del 2014 y diciembre del 2016. Peoplesoft suministró información histórica, igualmente reseñas de los tipos de mantenimientos preventivos y correctivos ejecutados a cada uno de camiones.

El registro sistemático y riguroso de la información facilito poner en orden el cúmulo de información, sintetizando tal manera que su recopilación fuese ágil y eficiente.

Figura 16. Imagen CMMS Oracle “PeopleSoft”

The screenshot displays the Oracle PeopleSoft CMMS interface for a Work Order. The main form includes the following fields and sections:

- Work Order:** 0000283432
- Description:** Fuga por sello de union del TK de direccion, (4) gotas. JOSE R. HENAO
- Created On:** 10/18/2017 2:46AM
- By:** Boliano, Jairo
- Required Start:** 10/18/2017
- End:** 10/18/2017
- WO Duration:** 6.00 Hours
- WO Status:** Open / Abierta
- Approval Status:** Approved
- WO Type:** Backlog orders
- Service Unit:** [Empty]
- Priority:** M\_Proximo PM (Cualquiera)
- Service Request:** [Empty]
- Shop:** PL\_BAJA\_PM
- Asset Unit:** 3084M
- Asset ID:** M02250
- Asset Location:** MINAPRIB
- Asset Details:** DLT0, SAT 793C Overburden Truck, Mina Pribbenow

The **Work Order Tasks** table is as follows:

*Sequence	*Description	*Asset ID	Status	Problem Group	Descr	Problem	Descr	Cause	Descr	Task Duration (Hrs)	Resolution
1	10 Fuga por sello de union del TK	M02250	Sched / BK-Gre	4300	Sistema de Direccion	4332	Tanque de Direccion	410	Fuga / Leak	6.00	

Fuente: PeopleSoft

<sup>30</sup> Sistema de Mantenimiento Computarizado. También conocido por las siglas GMAO.

<sup>31</sup> Compañía especializada en el desarrollo de soluciones de nube y local. Oracle tiene sede en la localidad California de Redwood City

**4.1.2 Históricos de base de datos Peoplesoft** Estos registros permiten respaldar los hallazgos y condiciones del sistema, consintió en visualizar eventos repetitivos (frecuencia), categorizar sobre qué aspectos se debe trabajar de manera inmediata sobre los equipos.

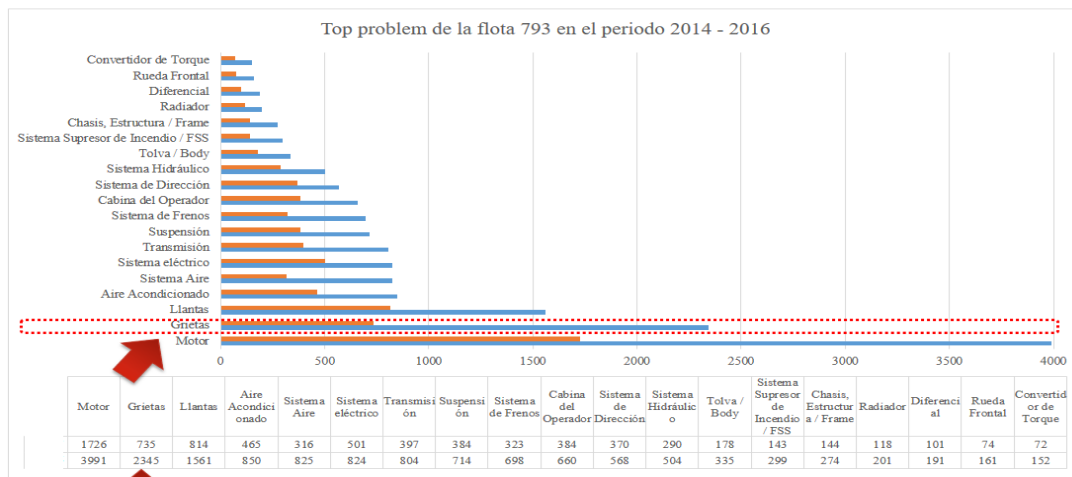
**Figura 17. Históricos de base PeopleSoft**

Asset ID	Model Shop	Prioridad	Fecha down	Mig	Fecha Operativo	Down Mag	Work Order	Task N	Long Descr	Descr	Inicio Tarea	Fin
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	7/30/2017 15:00		8/5/2017 1:30	130	0000269125	1	UB: TPH7		7/30/2017 15:00	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	7/30/2017 15:00		8/5/2017 1:30	130	0000269125	2	R&I - Reparacion de cabina: Programa de tr	08/01/2017: Se reviza cabina por ruidos y de	7/30/2017 15:00	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	7/30/2017 15:00		8/5/2017 1:30	130	0000269125	3	Fabricar tapizado de cabina pate inferior	8/4/2017TRABAJO REALIZADO POR SERVIVIR	8/4/2017 18:30	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	7/30/2017 15:00		8/5/2017 1:30	130	0000269125	4	Instalar guardas pate inferior de la cabina		8/12/2017 20:00	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	7/30/2017 15:00		8/5/2017 1:30	130	0000269125	5	Reparar plataforma y barandas lado LH de	08/04/17: Se hace limpieza a la cabina, se ir	8/4/2017 6:00	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	7/30/2017 15:00		8/5/2017 1:30	130	0000269125	6	Cambiar todos los cauchos de la cabina ( p	P/s Cant Descripción del servicio y	8/4/2017 14:00	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	7/30/2017 15:00		8/5/2017 1:30	130	0000269125	7	Cambio de puerta LH de la cabina.		8/3/2017 8:00	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	7/30/2017 15:00		8/5/2017 1:30	130	0000269125	8	Inspección de llantas.	08/03/2017: Se desmonta puerta LH de cabi	8/4/2017 20:00	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	7/30/2017 15:00		8/5/2017 1:30	130	0000269125	9	Evaluar fuga de aire por el switch de freno	de parqueo (cambio de switc P/N 160-2445).	8/4/2017 23:30	
M02250	793	FIELD	8/5/2017 15:10		8/5/2017 16:55	1	0000270440	1	UB: 7-60		8/5/2017 15:10	
M02250	793	FIELD	8/5/2017 15:10		8/5/2017 16:55	1	0000270440	2	CHM. // Alta Temperatura de Dirección. Se	cambio sensor de temperatura psp 97622	8/5/2017 15:10	
M02250	793	FIELD	8/5/2017 15:10		8/5/2017 16:55	0	0000270537	1	Realizar inspección PreFM: Descarga de VIMS	& ET (Estado De Producto) + Tomar muestr	8/6/2017 19:00	
M02250	793	TRUCK SHOM_EquipoDown(OrdenPrincipa)	8/8/2017 21:00		8/9/2017 22:16	25	0000270936	1	UB: Borengo Area		8/8/2017 21:00	
M02250	793	TRUCK SHOM_EquipoDown(OrdenPrincipa)	8/8/2017 21:00		8/9/2017 22:16	25	0000270936	2	Evaluar por entrada de ruido y vibración en	la cabina (Se revisó la cabina P/5 65-351, Se	8/8/2017 21:00	
M02250	793	TRUCK SHOM_EquipoDown(OrdenPrincipa)	8/8/2017 21:00		8/9/2017 22:16	25	0000270936	3	Revisión de llantas		8/9/2017 21:40	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	8/13/2017 8:00		8/14/2017 19:55	35	0000271538	1	UB: Bulevard		8/13/2017 8:00	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	8/13/2017 8:00		8/14/2017 19:55	35	0000271538	2	PM C / Hrs Motor 3465 / Alta Confiabilidad	(Avg 3m) > 129.1	8/13/2017 9:00	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	8/13/2017 8:00		8/14/2017 19:55	35	0000271538	3	Realizar Lista de Chequeo, Fase 1, Fase 2	y Fase 3	8/13/2017 9:00	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	8/13/2017 8:00		8/14/2017 19:55	35	0000271538	4	Realizar pautas de la 51 a 80 (Adjuntar	Fotografías de la Inspección Filtros & Tapones f	8/13/2017 12:00	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	8/13/2017 8:00		8/14/2017 19:55	35	0000271538	5	Realizar Actualización de Mapa de Grietas,	adjuntar el formato diligenciado en Attech	8/14/2017 3:00	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	8/13/2017 8:00		8/14/2017 19:55	35	0000271538	6	Realizar pautas de la 80 a 99		8/13/2017 14:00	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	8/13/2017 8:00		8/14/2017 19:55	35	0000271538	7	Realizar pautas de la 100 a 139		8/13/2017 15:00	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	8/13/2017 8:00		8/14/2017 19:55	35	0000271538	8	Realizar pautas de la 140 a 151		8/13/2017 16:00	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	8/13/2017 8:00		8/14/2017 19:55	35	0000271538	9	Realizar pautas electricas de la 152 a 160		8/13/2017 14:00	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	8/13/2017 8:00		8/14/2017 19:55	35	0000271538	10	Realizar pautas de la 184 a 189		8/14/2017 10:00	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	8/13/2017 8:00		8/14/2017 19:55	35	0000271538	11	Pautas PM Sevidrio	Trabajo realizado por SERVIVIRDIOS en 13/C	8/13/2017 14:00	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	8/13/2017 8:00		8/14/2017 19:55	35	0000271538	12	Pautas PM Aire Caribe	08/13/2017 PM A/C -- se realizo revision d	8/13/2017 20:00	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	8/13/2017 8:00		8/14/2017 19:55	35	0000271538	13	Pautas PM TecnoFuego		8/13/2017 13:00	
M02250	793	PL_BAIA_P1M_EquipoDown(OrdenPrincipa)	8/13/2017 8:00		8/14/2017 19:55	35	0000271538	14	Pautas PM Alarma Anti-Sueño		8/14/2017 3:00	
M02250	793	TRUCK SHOM_EquipoDown(OrdenPrincipa)	8/16/2017 10:20		8/19/2017 1:15	63	0000272200	1	UB: TP #2		8/16/2017 10:20	
M02250	793	TRUCK SHOM_EquipoDown(OrdenPrincipa)	8/16/2017 10:20		8/19/2017 1:15	63	0000272200	2	R&I - Ruido excesivo en la cabina del oper	08/16/17: Se revisa equipo por fuga de gase	8/16/2017 10:20	
M02250	793	TRUCK SHOM_EquipoDown(OrdenPrincipa)	8/16/2017 10:20		8/19/2017 1:15	63	0000272200	3	Fuga por seal lip al yoke de la transmision	08/18/17: Se corrige fuga por Seal Lip del Yo	8/17/2017 18:00	
M02250	793	TRUCK SHOM_EquipoDown(OrdenPrincipa)	8/16/2017 10:20		8/19/2017 1:15	63	0000272200	4	A/C no funciona		8/18/2017 6:00	
M02250	793	FIELD	8/19/2017 16:20		8/20/2017 4:40	12	0000272808	1	UB: C-4-110		8/19/2017 16:20	

Fuente: PeopleSoft

**4.1.3 Evaluación de la Información recopilada**

**Figura 18. Top Problem de la Flota Camiones Cat**



A partir de estos resultados podemos interpretar, en primer lugar, que las grietas en el chasis, representan uno de los sistemas “Top Problem”

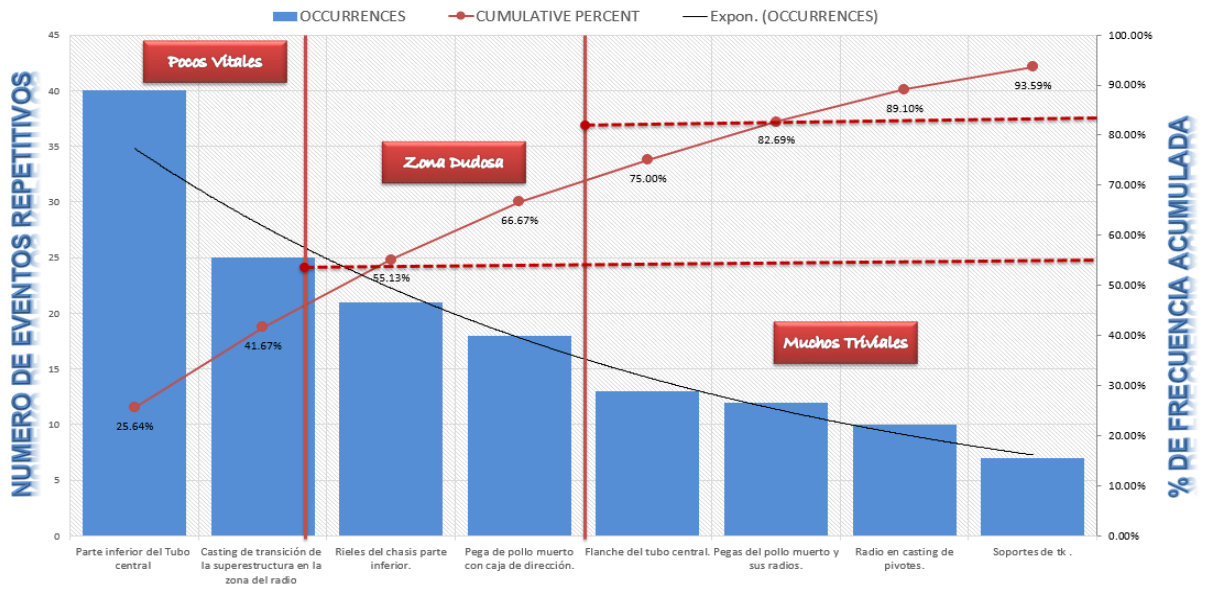
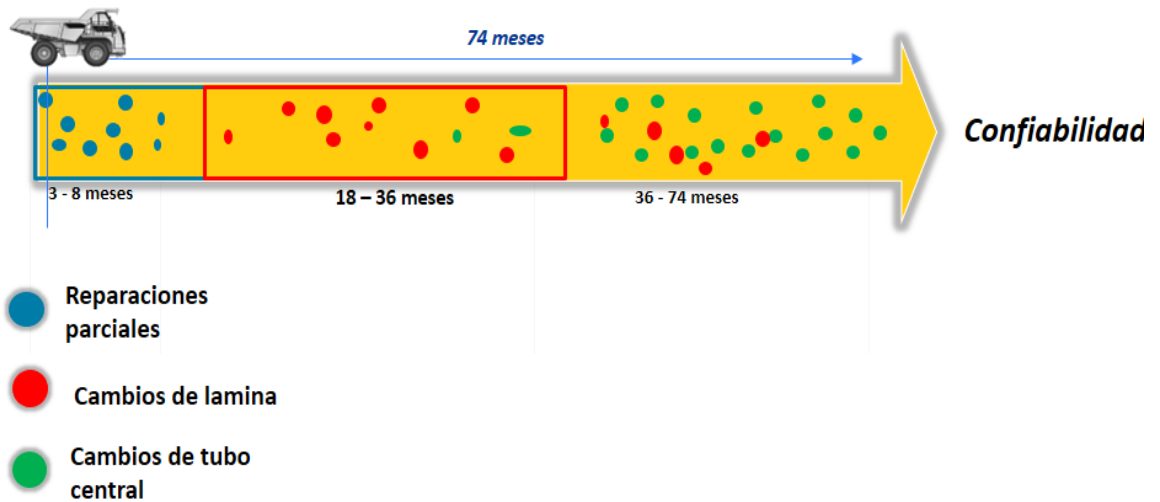


Figura 19. Impacto de las Grietas sobre MTBS y MTTR

Mes	793									Grietas				
	BK Grietas en Chasis Total	BK Grietas en Chasis Cmp HH	BK Grietas en Chasis Gen HH	Hrs Scheduled	Hrs Op Camiones	Hrs Down Camiones	Llamadas Camiones	MTBS Camiones	MTTR Camiones	Ejecutaron	Llamadas	Hrs Down Camion	MTTR	MTTR Ejecucion
Jun-15	12787	784	3176	10906	7619	2262	113	67.43	20.02	582	27	30303	1122.3	52
Jul-15	55152	5363	8162	123311	79675	26063	1055	75.52	24.70	563	25	9341	373.6	17
Aug-15	65431	6945	4490	112085	69956	25134	958	73.02	26.24	369	19	5180	272.6	14
Sep-15	47065	5483	4598	117106	75123	26102	898	83.66	0.00	391	22	65290	2967.7	167
Oct-15	50029	6397	3962	121601	75171	27945	949	79.21	29.45	355	21	4709	224.2	13
Nov-15	36576	3340	3922	5995	2639	1191	72	36.65	16.54	288	23	3164	137.6	11
Dec-15	41580	4218	2614	120333	79136	26836	1051	75.30	25.53	206	14	3242	231.6	16
Jan-16	30529	3460	2542	104042	67928	22228	891	76.24	24.95	137	10	1223	122.3	9
Feb-16	28585	3644	3712	104422	68104	21228	971	70.14	21.86	175	27	1061	39.3	6
Mar-16	26477	3142	3246	112398	72892	22238	983	74.15	22.62	368	13	2451	188.5	7
Apr-16	30440	3068	3367	101201	64616	19588	864	74.79	22.67	379	16	2146	134.1	6
May-16	23872	2300	2412	98402	63879	17699	896	71.29	19.75	124	21	690.5	32.9	6
Jun-16	24823	1230	1600	102137	69262	18301	830	83.45	22.05	193	20	1424	71.2	7
Jul-16	31306	2203	2263	141682	94753	26436	1112	85.21	23.77	196	27	2183	80.9	11
Aug-16	24516	2015	1865	143760	90249	26137	1249	72.26	20.93	115	24	1084	45.2	9
Sep-16	34382	1993	1691	144000	87043	26530	1155	75.36	22.97	157	27	1247	46.2	8
Oct-16	27727	2840	2375	150809	87707	30130	1177	74.52	25.60	195	27	2661	98.6	14
Nov-16	27655	1196	1686	146705	83806	30128	1247	67.21	24.16	156	19	1006	52.9	6
Dec-16	31015	2480	1362	150689	99515	31891	1260	78.98	25.31	150	37	1344	36.3	9
Jan-17	12477	470	788	150144	102456	31493	1236	82.89	25.48	133	33	792	24.0	6
Feb-17	22061	1921	1328	144696	97089	32366	1185	81.93	27.31	159	34	1518	44.6	10
Mar-17	22294	1549	1384	161675	101658	35568	1206	84.29	29.49	95	26	1862	71.6	20
Apr-17	25727	1622	1976	156228	100227	35944	1199	83.59	29.98	183	27	1649	61.1	9
May-17	19974	1705	1421	157716	95372	31083	1145	83.29	27.15	92	21	649	30.9	7
Jun-17	10555	314	642	57492	37231	12082	435	85.59	27.77	73	7	559	79.9	8

Fuente: Archivos Confiabilidad Flota Camiones CAT

**Figura 20. Analisis Confiabilidad Vs Reparaciones Grietas**



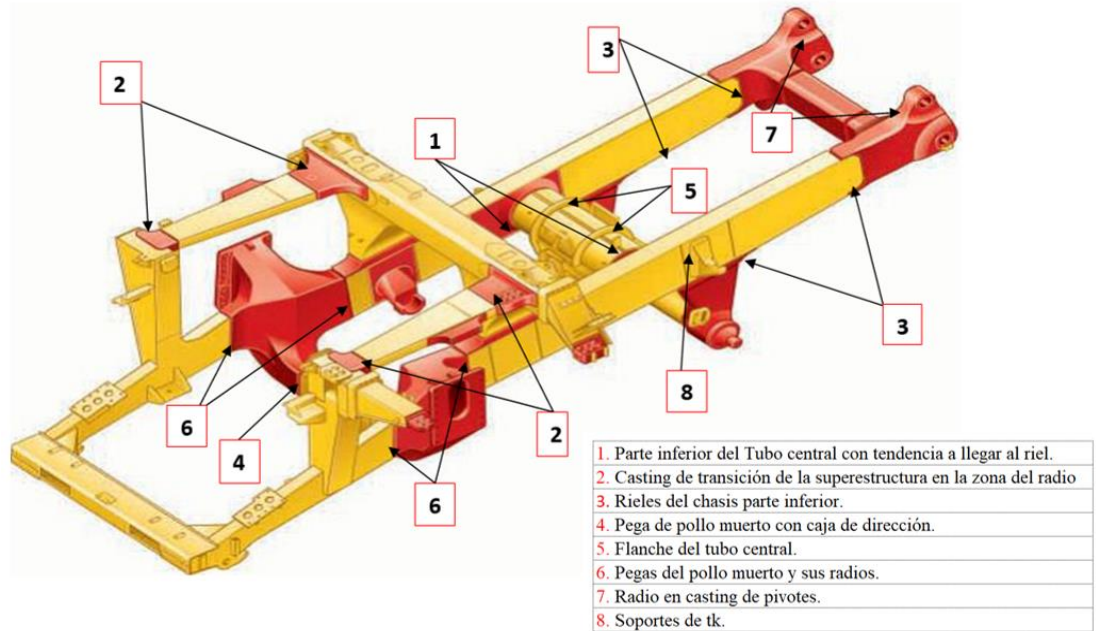
Fuente: Archivos Confiabilidad Flota Camiones CAT

**4.1.4 ¿Por qué de estas reparaciones parciales y totales?** Son varios los aspectos que se pueden incluir en este frente. Primero, claramente se encontró que las reparaciones parciales no eran confiables, debido a la baja calidad y falta de control los seguimientos por reparación.

Según el manejo historial y según tendencia los chasis a los cuales se les interviene con reparación parciales son los equipos propensos a generar una nueva parada por el mismo concepto, los equipos que son sometidos a cambios de lámina y tubo central son equipos que nos brindan una mayor confiabilidad.

Teniendo en cuenta este contexto, es importante mencionar que las probabilidades de las reparaciones parciales, conllevar a realizar reparaciones más adelantas el requerimiento de mucho más recurso en horas/Hombre, herramientas, afectando la baja disponibilidad y los altos costos de reparación.

**Figura 21. Partes del Chasis Camión CAT**



Fuente: Archivos Confiabilidad Flota Camiones CAT

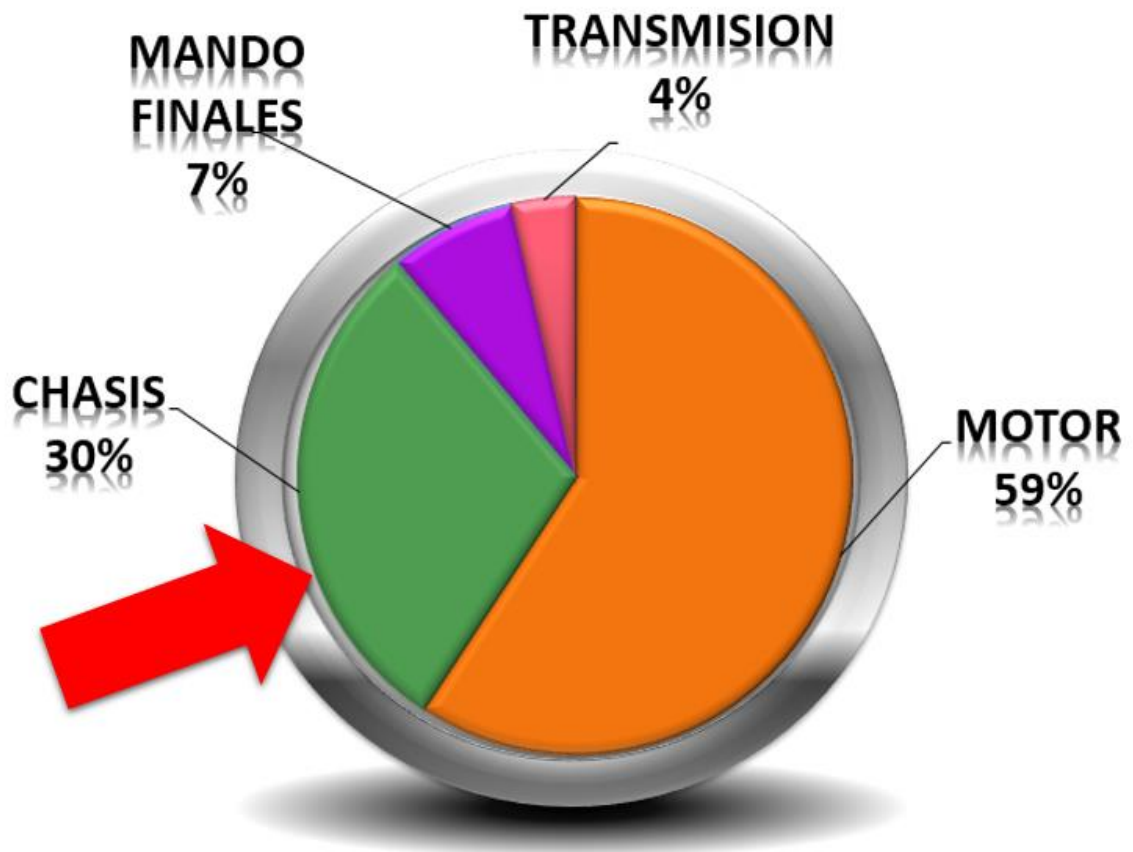
**Figura 22. Costos Reparación 2014-2016**

**LABORES FACTURADAS EN FLOTA 793 2014 -2015 - 2016**

MESES	2014		2015	
	GRIETAS	MAQUINADO	GRIETAS	MAQUINADO
ENERO	\$ 98,143,584.00	\$ 88,994,409.00	\$ 65,881,272.00	\$ 28,345,428.00
FEBRERO	\$ 120,854,781.00	\$ 60,142,434.00	\$ 134,310,268.00	\$ 87,702,899.00
MARZO	\$ 135,048,816.00	\$ 59,320,485.00	\$ 118,082,357.00	\$ 91,074,655.00
ABRIL	\$ 152,014,408.00	\$ 112,413,305.00	\$ 120,085,325.00	\$ 45,921,281.00
MAYO	\$ 115,582,320.00	\$ 85,059,356.00	\$ 102,478,563.00	\$ 38,745,956.00
JUNIO	\$ 98,684,320.00	\$ 105,899,087.00	\$ 100,254,785.00	\$ 47,859,632.00
JULIO	\$ 68,132,736.00	\$ 75,580,696.00	\$ 99,875,025.00	\$ 60,752,548.00
AGOSTO	\$ 68,200,328.00	\$ 107,682,301.00	\$ 201,685,452.00	\$ 54,338,807.00
SEPTIEMBRE	\$ 88,267,920.00	\$ 94,452,352.00	\$ 187,181,849.00	\$ 51,053,498.00
OCTUBRE	\$ 59,278,184.00	\$ 72,467,951.00	\$ 135,506,796.00	\$ 61,467,018.00
NOVIEMBRE	\$ 101,252,816.00	\$ 106,234,437.00	\$ 133,038,957.00	\$ 135,956,046.00
DICIEMBRE	\$ 169,317,960.00	\$ 98,354,287.00	\$ 18,211,001.00	\$ 44,975,285.00

Fuente: Archivos Confiabilidad Flota Camiones CAT

Figura 23. Grafica Pie Chart Estado Actual por sistemas



Fuente: Archivos Confiabilidad Flota Camiones CAT

#### 4.1.5 Revisión de Procesos – Inspección y Reparación

Problemas encontrados: En todos los trabajos donde se estaba utilizando torno portátil, las sujeciones de los llamados “cubos” de soporte de las chumaceras se encontraban en condiciones sub-estándar.

**Figura 24. Imagen de Problemas Encontrados 1**



Fuente: Archivos Confiabilidad Flota Camiones CAT

En todos ellos no hay un estándar de fijación o soporte a la máquina, son sujetos con soldadura utilizando tornillos, pernos y tuercas de diferentes formas y tamaños.

Los cordones de soldadura no tienen una medida establecida ni calculada que ofrezcan una resistencia óptima.

**Figura 25. Imagen de Problemas Encontrados 2**



Fuente: Archivos Confiabilidad Flota Camiones CAT

**Figura 26. Imagen de Problemas Encontrados 3**



Fuente: Archivos Confiabilidad Flota Camiones CAT

**Figura 27. Imagen de Problemas Encontrados 4**



Fuente: Archivos Confiabilidad Flota Camiones CAT

**Figura 28. Imagen de Problemas Encontrados 5**



Fuente: Archivos Confiabilidad Flota Camiones CAT

Chumaceras y componentes de los grupos de tornos portátiles en mal estado, carros de avance de los grupos de tornos con mal funcionamiento. Sólo trabajando en una sola dirección y fuera de operación

**Figura 29. Imagen de Problemas Encontrados 6**



Fuente: Archivos Confiabilidad Flota Camiones CAT

Línea de aire en mal estado. La mayoría de arneses para trabajo en altura con fecha de inspección antigua.

**4.1.6 Verificación de procedimiento de reparación** Ahora bien, para iniciar el análisis es necesario destacar algunos aspectos que se encontraron: no se encontró indicadores de gestión y seguridad, planes de entrenamiento, personal certificados (Soldadores e Inspectores), herramientas estándar, ausencias de procedimientos, programa de inspección y seguimiento de reparación.

#### 4.1.7 Jerarquías de equipos

Tabla 1. Modelo de clasificación para cada equipo x sistemas

Factores Evaluacion		NIVEL DE CONSECUENCIA SI EL EQUIPO FALLA		
		NIVEL 1_ (A) Critico	NIVEL 2_ (B) Medio	NIVEL 3_(C) Bajo
<b>Seguridad</b>	Riesgo para personas	La falla de Equipo afecta seriamente a la gente	La falla del Equipo causa Riesgo para la Gente.	No hay Consecuencia
<b>Ambiental</b>	Riesgo para el Ambiente	La Falla del Equipo afecta Seriamente al Ambiente	La Falla del equipo Causa Riesgo al Ambiente	No hay Consecuencia
<b>Calidad</b>	Efectos de la Falla en la calidad del producto	La Falla Afecta calidad, Generando producto fuera de especificaciones o afecta seriamente los Ingresos	La Falla Genera Variaciones de Calidad y Afecta Ingresos	No hay afección al Producto y/o a los Ingresos
<b>Ocupacion</b>	Rata de Utilizacion del Equipo	El Equipo es requerido 24 Horas por Días.	El Equipo es usado de medio a Un Día.	El Equipo es Usado Ocasionalmente
<b>Produccion</b>	Efecto de la Falla sobre el procesos de Producción	La falla del Equipo causa la Interrupción total de la Producción	La Falla Causa Parada del Sistema o Reducción de producción	Existe Repuesto para el Equipo o es muy barato reparar la falla
<b>Frecuencia</b>	# de fallas en un Periodo	Muchas Paradas debido a fallas /Mas de Una Cada Seis(6) meses	Parada Ocasional/ Una(1) cada 6 meses	No Frecuentemente(Menos de una(1) al Año
<b>Costos</b>	Cantidad de Dinero Involucrada para reparar la falla	Costos de Reparación y tiempo son muy Altos	Costos y tiempo de reparación son Altos	Costos y tiempo de reparación son Significativos

Fuente: Archivos Confiabilidad Flota Camiones CAT

## 5. OPTIMIZACION DE PROCESOS-DETERMINACION

### 5.1 CREACIÓN DEL GRUPO INTERDISCIPLINARIO

Se conformó un grupo interdisciplinario de técnicos soldadores, ingenieros, planeadores e inspectores que tienen como objetivo definir el plan de trabajo que se ejecutara en los equipos intervenidos para evitar generar desviaciones en el proceso de evaluación del chasis, despejes y corrección.

**Figura 30. Grupo interdisciplinario**



Fuente: Archivo Evidencias Fotográficas

Es relevante mencionar el esfuerzo denodado y comprometido que demostraron los integrantes del grupo en aportan al proceso de mejora continua, para alcanzar el más alto nivel de calidad. Además, de todo lo expuesto también podemos subrayar que durante las reuniones del grupo se obtuvieron propuestas de mejoramiento y políticas a la seguridad y protección del medio ambiente.

**Figura 31. Identificación de áreas y coordenadas críticas del chasis**



Fuente: Archivo Evidencias Fotográficas

**Figura 32. Codificación de Grietas en CMMS**



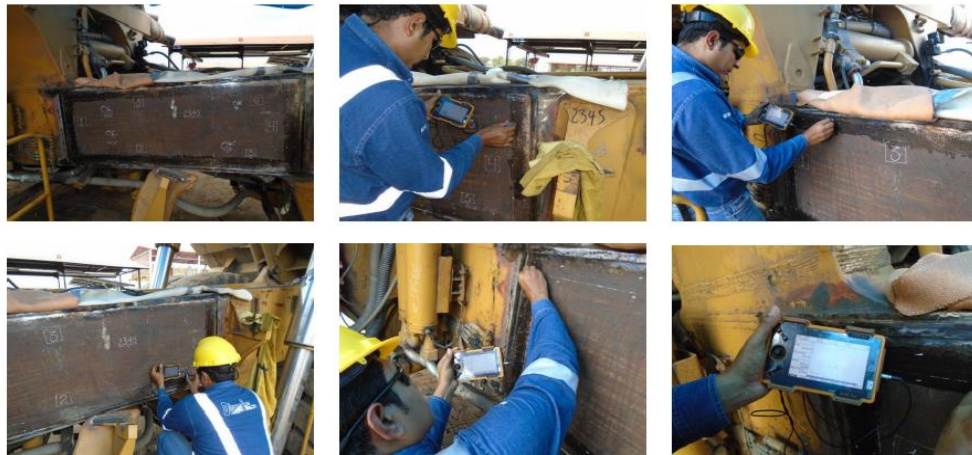
Fuente: Archivo Evidencias Fotográficas



## 5.2 IMPLEMENTACIÓN DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Se implementó la evaluación con partículas magnéticas a las reparaciones de grietas en la flota de camiones. Esto se hizo con el fin de mejorar la calidad en la recepción de los trabajos realizados por nuestro personal, contando con elementos de protección como la full face.

**Figura 34. Implementación de ensayos no Destructivos**



La implementación de ensayos con ultrasonido y partículas magnéticas garantiza una evaluación más completa en la estructura del chasis para identificar profundidad y espesor de las grietas en proceso de evaluación.

**Figura 35. Ensayos con ultrasonido y partículas magnéticas**



Además, de lo señalado anteriormente, la implementación de ensayos con ultrasonido y partículas magnéticas garantiza una evaluación más completa en la estructura del chasis para identificar profundidad y espesor de las grietas en proceso de evaluación.

**Figura 36. Inspección volumétrica**

TIPO DE EQUIPO	G.E USM-GO	TIPO DE LAMINA	A572
TIPO DE PALPADOR	MWB 70-4 70°	ESPESOR	16mm
FRECUENCIA	4MHz	TIPO DE JUNTAS	FILETE A TOPE MEDIA V 45°
ACOPLANTE	CAT 9U-7981 METICELULOSA	SUPERFICIE	BUENA
EXTENSION DEL ENSAYO	FACE A	TECNICA	UNIDAD ECO



Fuente: Archivo Evidencias Fotográficas

Desde un punto de vista más preciso, Las principales ventajas de este ensayo son: elevada sensibilidad de detección, poca dependencia de la geometría de la pieza, bastando el acceso a una sola cara, posibilidad de inspeccionar volumétricamente el material, rapidez del examen y resultado inmediato y la utilización de equipos portátiles.

### 5.3 ESTÁNDAR COSTOS DE REPARACIÓN POR LONGITUD

El siguiente cuadro muestra el resultado de las longitudes, ubicaciones y tiempo de reparación requeridos para la ejecución de trabajos de soldaduras en la flota de camiones.

Tabla 2. Estándar costos de reparación por longitud

		WELDING SHOP CAT		
		LONG 2cm-7cm	LONG 8cm-15cm	LONG 15 adelante
CODIGO	GRIETAS	HORAS	HORAS	HORAS
CTL4	(Center Cross Tube) Tubo central parte inferior LH	5	DEPENDEN DE ENSAYOS	
CTL5	(Center Cross Tube) tubo central parte superior LH	5	DEPENDEN DE ENSAYOS	
CTR4	(Center Cross Tube) Tubo central RH parte inferior	5	DEPENDEN DE ENSAYOS	
CTR5	(Center Cross Tube) Tubo central RH parte superior	5	DEPENDEN DE ENSAYOS	
FRR6	(Frame Rail) chasis Riel parte interna RH	5	DEPENDEN DE ENSAYOS	
AML1	(A Frame Mount) Flanche de tubo central LH	5	8	11
AMR1	(A Frame Mount) Flanche de tubo central RH	5	8	11
DT1R	(Down Tube) tubo inferior de baja RH	5	8	11
EML1	(Engine Mount) soporte trasero de Motor LH	5	8	11
EMR1	(Engine Mount) Soporte trasero de Motor RH	5	8	11
FRL3	(Frame Rail) chasis Riel parte interna LH trasera	5	8	11
FRL6	(Frame Rail) chasis Riel parte interna LH	5	8	11
FRL7	(Frame Rail) chasis Riel parte externa trasera LH	5	8	11
FRL8	(Frame Rail) chasis Riel parte interna LH	5	8	11
FRL9	(Frame Rail) chasis Riel parte externa LH	5	8	11
FRR3	(Frame Rail) chasis Riel parte trasera externa RH	5	8	11
FRR7	(Frame Rail) chasis Riel parte externa RH	5	8	11
FRR8	(Frame Rail) chasis parte interna trasera RH	5	8	11
FTL3	(Foundry Transition) Casting superestructura trasero LH	5	8	11
FTR3	(Foundry Transition) Casting superestructura trasero RH	5	8	11
RCT1	(Rear Cross Tube) pega de tubo trasero	5	8	11
SRL1	(Support for Hoist) Soporte de cilindro de levante LH	5	8	11
SHR1	(Support for Hoist) Soporte de cilindro de levante RH	5	8	11
SSL7	(Strup support) pollo muerto externo LH	5	8	11
SSR7	(Strup support) pollo muerto externo RH	5	8	11
STF1	(Tank Support Fuel) soporte TQ combustible LH	5	8	11
STH1	(Tank Support Hydraulic) Soporte TQ hidraulico RH	5	8	11
SUL4	(Superestructura) viga LH superestructura	5	8	11
PFL2	(Front Pedestal) delantero LH	5	8	11
PFR2	(Front pedestal) delantero RH	5	8	11
TCL4	(Tail Casting) Pivote de tolva LH	5	8	11
TCR4	(Tail Casting) pivote de tolva R	5	8	11
TCR5	(Tail Casting) casting de cola parte inferior	5	8	11
SSL6	(Strup support) pollo muerto interno inferior LH	5	8	11
SSL8	(Strup support) pollo muerto interno superior LH	5	8	11

Fuente: Archivos Confiabilidad Flota Camiones CAT

Los valores anteriormente acordados, se modificarán si y solo si al momento de identificar el alcance es mucho mayor o requiere de cambio de secciones, taladrados, o reparaciones de grietas en x, se llegará a un acuerdo con la persona encargada del equipo o proceso, suministrando un informe que evidencie, recomendaciones y su alcance.

Los Flat Rate<sup>32</sup> de cambios de láminas no se les recogerá firma por parte de welding, solo si el refuerzo y el riel inferior presentan partiduras y supera más de 5 grietas en el mismo sector. Las grietas en los flaches de tubo central no se incluyen en esta Propuesta.

Los ensayos, los planes de despejes y acompañamientos realizados en los equipos que se encuentren en proceso por soldadura no generan cobros adicionales estos controles hacen parte del control de calidad.

El proceso de control otorga el beneficio de realizar 2 controles post reparación después de someter el equipo a cambios de lámina.

#### **5.4 INCLUSIÓN DE EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS**



Antes de cada ejecución de grietas se debe dejar registrado en los formatos la evaluación de la condición actual de chasis indicando el área afectada y que requiere intervención.

---

<sup>32</sup> Se define como tarifa plena acordado por reparación

## 6. SEGUIMIENTO Y CONTROLES

### 6.1 PROCEDIMIENTOS DE REPARACIÓN DURANTE LA EJECUCIÓN

Se hace necesaria la implementación de un procedimiento de reparación donde están incluidos aspectos de seguridad y técnicos que garanticen que todos los ejecutores realicen las reparaciones alineadas a la calidad cumpliendo con los estándares del fabricante.

**Figura 37. Procedimientos de reparación durante la ejecución**

	PROCEDIMIENTO PARA EL CAMBIO DE LÁMINA EN CHASIS DE CAMIONES.	
	Código: PST AG05-1	Vigencia: 25-11-2014
	Página: 2 de 6	

#### 2. OBJETIVO

Definir las actividades e instrucciones a desarrollar para cambio de lámina en chasis de camiones, aplicando el paso a paso del procedimiento; brindando un trabajo seguro, eficiente y de óptima calidad, que cumpla con las exigencias y satisfacción del cliente.

#### 3. RESPONSABILIDADES

##### 3.1. ES RESPONSABILIDAD DEL TÉCNICO

- 3.1.1. Elaborar AST (Análisis Seguro de Tareas) y evaluar todo su entorno de trabajo mediante el mismo.
- 3.1.2. Informar al inicio de actividades al supervisor del área.
- 3.1.3. Usar herramientas conformes para la operación, de no tenerlas solicitarlas en el Tool Room.
- 3.1.4. Coordinar su labor con la(s) persona(s) que se encuentran laborando en el equipo antes de intentar realizar cualquier movimiento o prueba en el mismo.
- 3.1.5. Diligenciar permiso de trabajo en altura si se requiere.
- 3.1.6. Se debe notificar al supervisor de turno y/o cliente que se ha terminado la labor; para completar documentación para entrega de equipo.
- 3.1.7. Registrar las horas hombres reales de las tareas en la Orden de Trabajo (OT).
- 3.1.8. Informar de toda anomalía encontrada tanto en el procedimiento o en el entorno para su corrección.

##### 3.2. ES RESPONSABILIDAD DEL SUPERVISOR

- 3.2.1. Verificar la correcta elaboración y valoración por parte del personal técnico de la tarea en el AST.
- 3.2.2. Verificar que el personal técnico este trabajando con herramientas estándar de lo contrario suspender la operación hasta corregir la situación.

#### 4. GENERALIDADES

- 4.1. Al terminar el procedimiento, se debe limpiar el área de trabajo, eliminando cualquier residuo en el piso y equipo, traslade los desechos y depositelo de acuerdo a la normativa ambiental.
- 4.2. No olvidar herramientas ni equipos de soportes en el área.

Fuente: Archivos Confiabilidad Flota Camiones CAT

Sin duda algunos, de los aspectos más relevantes dentro del procedimiento de reparación de grietas son:

- Realizar una buena limpieza en las zonas donde se encuentran las grietas, eliminar grasas, aceites, pintura, oxido, humedad y cualquier tipo de contaminante.
- Dependiendo de la configuración geométrica de la pieza en la zona donde se encuentra ubicada la grieta, espesor de la pieza, accesibilidad de un solo lado o de ambos lados, posición en la que se deba soldar, forma en que se presente la grieta, ubicación de la grieta etc. Determinar la mejor alternativa para hacer la reparación y el diseño de la junta. (Procedimiento ajustado al caso específico).
- Colocar riostras y backing si es necesario.
- Hacer precalentamiento entre 150°C y 200°C antes de des carbona y antes de aplicar la soldadura.
- Hacer remoción completa de la grieta, utilizando proceso Arco-Aire .
- Hacer limpieza superficial con disco de pulidora, piedra con motortool, hasta dejar superficie brillante removiendo completamente la capa de carbón.
- -Hacer tintas penetrantes para chequear que la superficie esté lista para poder proceder a la reparación.
- Controlar la temperatura de precalentamiento durante el proceso de la aplicación de la soldadura.
- Verificar si la grieta quedo bien reparada aplicando ensayos no destructivos

## 6.2 DILIGENCIAMIENTO DE AUDITORÍAS (SEGURIDAD)

Los procesos de auditoria en seguridad buscan garantizar el uso todos los elementos de protección personal, procedimientos seguros, herramientas estándar, áreas limpias y ordenadas, en este ejemplo se muestra al técnico soldador que se realiza un cambio de lámina en un camión 793 con el procedimiento y uso de plataforma para realizar un trabajo a una altura mayor a 1.50mts controlando los riesgos de caída de un nivel superior.

Figura 38. Formato de Auditorias

INFORME INSPECCION SUPERVISOR LIDER DE SEGURIDAD																									
Codigo:			Vigencia:																						
Pagina 1 de 1																									
FECHA:	DIC.31.DE.2016	ENFASIS DE AUDITORIA:	AST, ORDEN Y ASEO	CALIFICACION:	9.7																				
LIDER DE SEGURIDAD:	JOSE BONILLA	COACH:	WILLIAM VARGAS																						
AREA	RES. AREA	HALLAZGO ENCONTRADO	CIERRE DE LA ACCION	TAREA REALIZADA:																					
WELDING SHOP		 <p>Descripcion del Hallazgo: Se encontro RACK de cilindros de gases en area de reunion de camiones</p>	<p>FOTOGRAFIA</p> <p>ESTADO ACCION: ABIERTA (x) CERRADA ( )</p>	<p>ENTIFICACION DE RIESGOS</p> <table border="1"> <tr> <td>Riesgos identif. trabajo</td> <td>Controles identif. Trabajador</td> </tr> <tr> <td>Riesgos Adicionales</td> <td>Controles Adicionales</td> </tr> <tr> <td>Riesgos en el AST</td> <td>Controles en el AST</td> </tr> <tr> <td>Eficacia de la identificación</td> <td>Eficacia del control</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Descripcion Riesgos Adicional:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Descripcion control Adicional:</td> </tr> </table>		Riesgos identif. trabajo	Controles identif. Trabajador	Riesgos Adicionales	Controles Adicionales	Riesgos en el AST	Controles en el AST	Eficacia de la identificación	Eficacia del control	Descripcion Riesgos Adicional:		Descripcion control Adicional:									
				Riesgos identif. trabajo	Controles identif. Trabajador																				
Riesgos Adicionales	Controles Adicionales																								
Riesgos en el AST	Controles en el AST																								
Eficacia de la identificación	Eficacia del control																								
Descripcion Riesgos Adicional:																									
Descripcion control Adicional:																									
Observaciones Generales:																									
AREA	RES. AREA	HALLAZGO ENCONTRADO	CIERRE DE LA ACCION	TAREA REALIZADA:																					
PLAYA				<p>ENTIFICACION DE RIESGOS</p> <table border="1"> <tr> <td>Riesgos identif. trabajo</td> <td>13</td> <td>Controles identif. Trabajador</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Riesgos Adicionales</td> <td>3</td> <td>Controles Adicionales</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Riesgos en el AST</td> <td>14</td> <td>Controles en el AST</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>Eficacia de la identificación</td> <td>0.8</td> <td>Eficacia del control</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Descripcion Riesgos Adicional: Izaje de cargas, Materiales Peligrosos, Se...</td> <td colspan="2">Descripcion control Adicional: Uso de epp, mantener comunicación con el equipo de...</td> </tr> </table>		Riesgos identif. trabajo	13	Controles identif. Trabajador	14	Riesgos Adicionales	3	Controles Adicionales	3	Riesgos en el AST	14	Controles en el AST	17	Eficacia de la identificación	0.8	Eficacia del control	0.8	Descripcion Riesgos Adicional: Izaje de cargas, Materiales Peligrosos, Se...		Descripcion control Adicional: Uso de epp, mantener comunicación con el equipo de...	
				Riesgos identif. trabajo	13	Controles identif. Trabajador	14																		
Riesgos Adicionales	3	Controles Adicionales	3																						
Riesgos en el AST	14	Controles en el AST	17																						
Eficacia de la identificación	0.8	Eficacia del control	0.8																						
Descripcion Riesgos Adicional: Izaje de cargas, Materiales Peligrosos, Se...		Descripcion control Adicional: Uso de epp, mantener comunicación con el equipo de...																							
Observaciones Generales:																									



### 6.3 ESTÁNDAR DE HERRAMIENTAS

Figura 39. Imagen de Estándar de herramientas 1



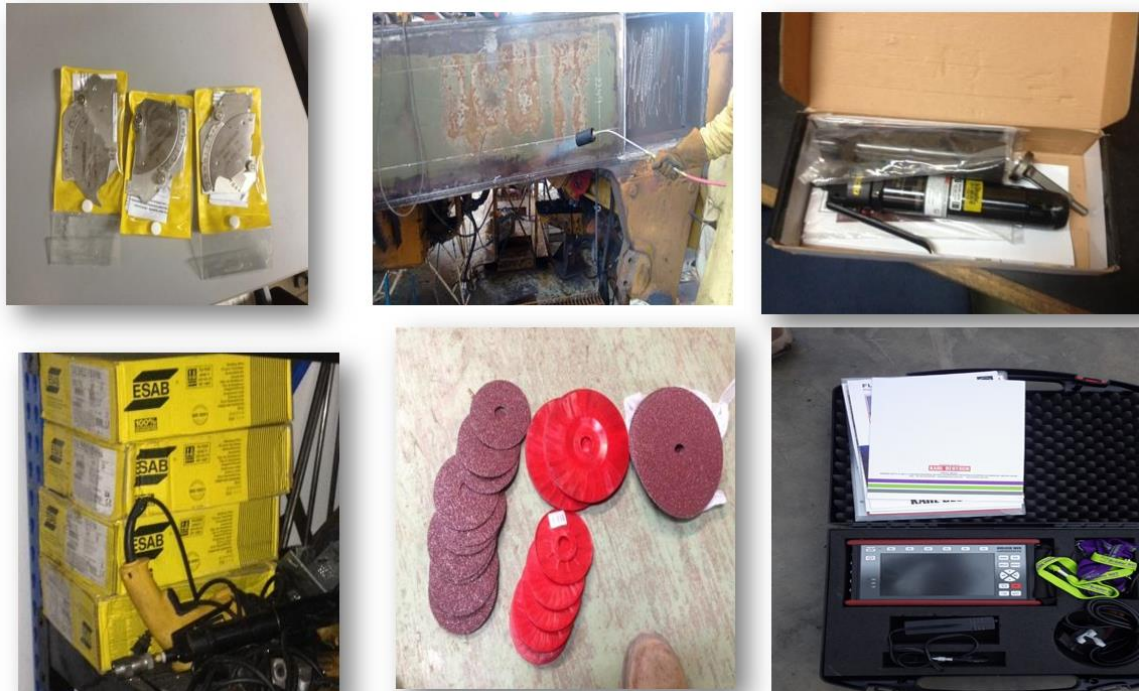
Para garantizar trabajos de calidad se cuenta con 4 tornos portátil, (2) en tráiler (1) eléctrico, con soportes tipo araña y potencia de 10HP, Bombas con caudal 10PGM.Presion Max: 2000 PSI , MAQUINAS DE SOLDADURA MARCA:LINCOLN MODELO: AIR VANTAGE 500 COD

Figura 40. Imagen de Estándar de herramientas 2



Escariadoras, pirómetro, pistolas de temperatura, galgas para controles de soldadura Bridge Cam Y Biseles en chasis, ultrasonido y yugo magnético. Máquina automática BUG-O SISTEM WPO 1100, calentador turbo máster de propano

**Figura 41. Imagen de Estándar de Herramientas 3**



**Figura 42. Imagen de Estándar de Herramientas 4**



Fuente: Archivos Confiabilidad Flota Camiones CAT

## 6.4 CALIDAD DE LA REPARACIÓN (CONTROL TEMPERATURA)

Unos de los retos en el proceso de reparación es poder control los excesos o ausencia de temperatura precalentamiento entre 150°C y 200°C antes de des carbona y antes de aplicar la soldadura en el material de chasis para garantiza la efectiva penetración de la soldadura o apertura de la grieta, con el uso de pirómetro y pistolas térmicas en el área afectadas mantenemos el control en un 95%.

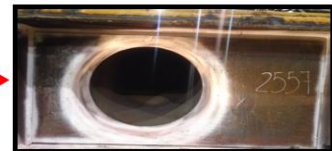
Figura 43. Calidad de la Reparación (Control Temperatura)

EMPLO: 2557		ESTADO: REPARADO		Página 1					
MODELO: 793D		FECHA FINAL DE REPARACIÓN: 18 de julio de 2015							
N°	INDICACION	LOGO	DEFECTO	CONTROL DE TEMPERATURA	EVIDENCIA DE ENSAYOS END	W.O.			
1	FTL3 (Fondo Tronchón) Grietas reparadas trasero LH	18				158861			
2	PL8 (Base Pedestal) Tronco Superior RH	18				158859			
3	PL8 (Base Pedestal) Tronco superior LH	18				158860			
4	SSL7 (Chapa soporte) pollo muerto anterior LH	18				158858			
N°	INDICACION	LOGO	DA	GR	MM	PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES	CIERCA	COMPONENTE
6	CSR8	CSR8	2	25	27	2 SOLDAR LA 1	DESPUES DE LA 1RA Y 2da PASADA DE LA SOLDADURA SE OBSERVO NECESARIO ABRIR VENTANA PARA REALIZAR UNA BUENA REPARACION		

El día 18 de julio de 2015 se reparan las grietas:

SSL7	PMEL: Grieta externa en pollo muerto LH	3
PR5	C26R: Grietas en pedestal trasero RH	10
PL8	C25LS: Grieta en pedestal parte superior LH	6
FTL3	C32L: Grieta superestructura superior LH	10
SC1	C31R: Grieta en soporte de cilindro de enfriamiento	4

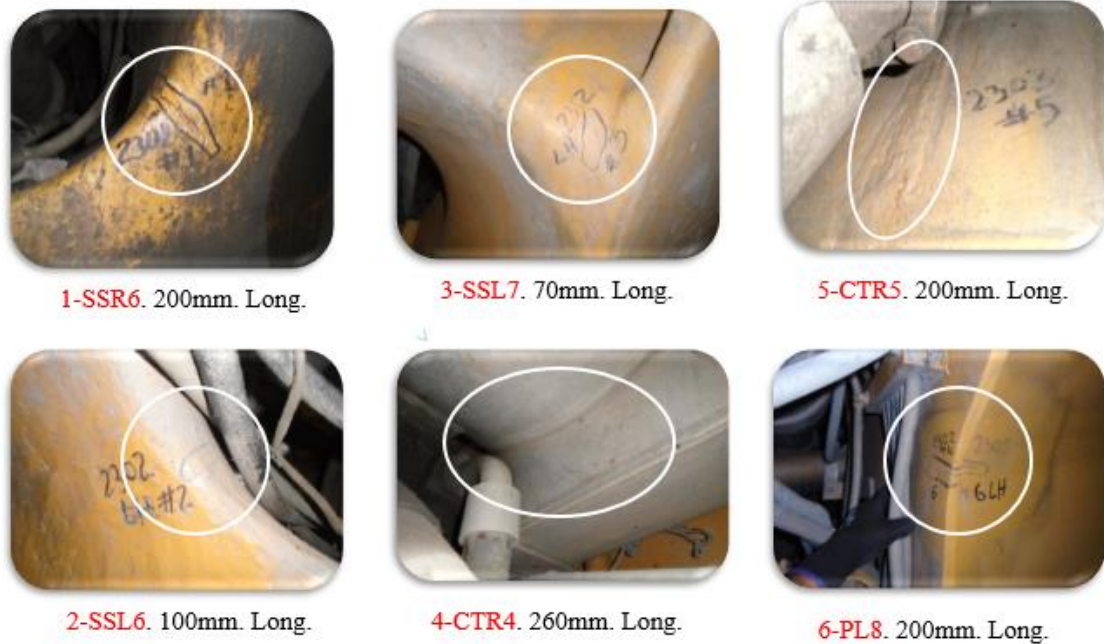
Y la grieta CTR5 fue realizada por el método de cambio de lamina.



Fuente: Archivos Confiabilidad Flota Camiones CAT

## 6.5 APLICACIÓN DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Figura 44. Aplicación de ensayos No destructivos



Fuente: Archivos Confiabilidad Flota Camiones CAT

Hacer limpieza superficial con disco de pulidora, piedra con motortool, hasta dejar superficie brillante removiendo completamente la capa de carbón. Hacer tintas penetrantes para chequear que la superficie esté lista para poder proceder a la reparación. Se realiza ensayo con tintas penetrantes para verificar que la grieta ha desaparecido en su totalidad.



Grupo de grietas de reparaciones moderadas que presentan la característica principal que ocasionalmente puedan generar un daño en la estructura del chasis, para reparar estas grietas se necesita despejes leves. La reparación de las grietas depende de la longitud y profundidad de la misma, intervención a partir de los cm de longitud indicados en la tabla.

Grupo de grietas de reparaciones severas que presentan la característica principal que compromete zonas de alto esfuerzo en la estructura del chasis, para reparar estas grietas se necesita desmontar componentes mayores y menores. Estas reparaciones se realizan en CBR o en cambio de componentes. La reparación de las grietas depende de la longitud y profundidad de la misma. Reparar a partir de los cm de longitud indicados en la tabla.

Grupo de grietas críticas que presentan la característica principal que puedan generar o es muy probable un daño catastrófico en la estructura del chasis, por lo que requiere intervención inmediata a partir de los cm de longitud indicados en la tabla

Grupo de grietas leves que presentan la característica principal que es poco probable que puedan generar un daño en la estructura del chasis, por lo que el equipo puede trabajar y mantenerse con su programa de inspección. Reparar a partir de los cm de longitud indicados en la tabla.

## 7. CONCLUSIONES

A continuación, se presenta una recapitulación de los resultados del análisis del programa de mantenimiento de grietas en chasis flota de camiones 793 Caterpillar de la mina Pribbenow de Drummond:

Como conclusión general, cabe señalar que se ha logrado de forma satisfactoria el Objetivo General inicialmente propuesto en este proyecto donde se logró definir procesos, áreas críticas, en los equipos que afectan los costos y tempos de reparación.

El seguimiento de reparación y control fue estructurado, de tal manera que se priorizada el uso de procedimientos de reparación durante la ejecución, diligenciando auditorias de seguridad, implementado herramientas especializadas y aplicando ensayos No destructivos.

Los avances conseguidos fueron impresionantes. Quizás lo más significativo fue la elaboración de tablas de criterio, que permitieron consolidar procesos en inspección, reparación, control de calidad y pos reparación.

Gracias a la gestión implementada en trabajos de grietas el indicador MTBF logro ubicarse de 72.6 horas promedio a 81.2 horas promedio, mejorando la confiabilidad de los equipos. Sin embargo, no ha sido una tarea fácil.

Por último, pero no menos importante, los hallazgos permitieron establecer la parametrización de la vida de los chasis que presentan mayor grado de obsolescencia e inversión de costos, conllevando a su remplazo.

## BIBLIOGRAFIA

A.KELLY, M.J. HARRIS MJ. Gestión de Mantenimiento. Madrid España: Editorial REPSOL 1998 Vol. 1. 1-58 p

GARCIA GARRIDO, Santiago. Mantenimiento Organización y gestión integral de mantenimiento. Madrid España: Editorial RENOVETEC 2009 Vol. 4. ISBN: 84-7978-548-9 321 p.

GONZALEZ FERNANDEZ, Francisco Javier. Auditoria de Mantenimiento e Indicadores de Gestión. Madrid Esp: Ed. FC 2004. 259 p.

GONZALEZ FERNANDEZ, Francisco Javier. Teoría y Práctica Del Mantenimiento Industrial Avanzado, Editorial: Fund. Confemetal ISBN: 9788496169036, 2003. 525 p.

GONZÁLEZ FRANCISCO Javier - Fernández Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión / ed. ARTEGRAF S.A.. - Madrid : Fundación CONFEMETAL, 2004. - Primera : pág. 260. - ISBN: 84-96169-36-7.

GUTIÉRREZ STRAUSS, Ana María. Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional, Colombia Editorial Imprenta Nacional de Colombia 2011.178 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Editorial: Norma 2 ed. Bogotá: INCONTEC, 1998.p 1-27 (NTC 4490)

JEZDDIMIR Knezevic. Mantenimiento. Madrid España: Editorial ISDEFE- 1996 Vol. 1. 92-101-114-124 p.

KALMAR INDUSTRIES INC, Work Shop Manual DRF 450 65S5, November 13 Del 2006. 1105 p.

MAINTENANCE TECHNOLOGY INSTITUTE, Optimisation Of Structural Performance Of Trucks, ACARP PROJECT C13043 March 2006. 151 p.

MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento Estratégico. Medellín: Editorial AMG- 2009. 19-45 p.

MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Mantenimiento Planeación, Ejecución Y Control. Medellín: Editorial Alfaomega 2009. 528 p.

MORA GUTIERREZ, Luis Alberto. Metodología de Mantenimiento Proactivo. Medellín: 1991. 133 p.

MOUBRAY John Mitchell, II RCM. Reliability Centred Maintenance - Second Edition. Aladon Limited, 2004. pág. 433. ISBN 09539603-2-3.

NACHLAS, Joel A. Fiabilidad. Madrid España: Editorial ISDEFE -Noviembre 1995 Vol. 1. 17-19-45 p.

PRANDO, Raúl R. Manual de Gestión de Mantenimiento. El salvador: Editorial PIEDRA SANTA 1996 Vol. 1. 27-28-29-35-37 p.

REY SACRISTAN, Francisco. Hacia la Excelencia en Mantenimiento. Madrid España: Editorial TGP HOSHIN 1996 Vol. 1. 1-52 p.

Silva Ardila Pedro/Orrego Barrera Juan. Confiabilidad en la Práctica, Primera Edición. Medellín. 2014 , pág. 153.

TAYLOR BIG RED, TS9968-9973\_R0210 Maintenance Manual, febrero 16 del 2012. 370 p. 370 p.

TEREX, Germany Gmbh Co KG, Manual Técnico mantenimiento Soldadura 100 p.

TORRES, Leandro Daniel, Gestión integral de activos físicos y mantenimiento. ed.  
- Alfaomega Grupo Editor Argentino, ISBN: 978-987-160-966-6, 2015. 516 p.