

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DETERMINACIÓN DE LA CAUSA DE FALLA DE UN MOTOR
CATERPILLAR C175-16, MEDIANTE EL MÉTODO DE ANÁLISIS
DE FALLAS**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

FERNANDO SOLARI LOAYZA

PROMOCIÓN 2 009-I

LIMA-PERÚ

2 013

ÍNDICE

PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.	3
CAPÍTULO II DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO BASE DE ANÁLISIS DE FALLAS.	6
2.1 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE FALLAS-AFA.	6
2.2 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS DE FALLAS	15
2.2.1 Proceso de Reparaciones en el Centro de Reparación de Componentes de Ferreyros S.A	15
2.2.2 Proceso de Análisis de Falla en el Área de Análisis de Fallas de Ferreyros S.A.	16
CAPÍTULO III IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS DE TRABAJO.	20

3.1 ASPECTOS PRELIMINARES	20
3.1.1 Clientes más importantes en el Sector Minería a Nivel Nacional.	20
3.1.2 Introducción de la Nueva Serie de Camión Minero Caterpillar 793F al Mercado Nacional.	21
3.1.3 Mantenimiento Basado en la Confiabilidad, aplicado en la Compañía Minera Antamina S.A.	21
3.1.3.1 Resumen del Contexto Operacional Actual de los Camiones Caterpillar 793F.	22
3.1.3.2 Distribución de Fallas en la Vida Útil de los Camiones Mineros.	23
3.1.3.3 Mantenimiento Predictivo Aplicado al Motor del Camión HT56.	24
3.1.3.4 Mantenimiento Proactivo a Aplicar al Motor del Camión HT56.	32
3.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.	32
3.3 HIPÓTESIS DE TRABAJO.	33
 CAPITULO IV MARCO TEÓRICO.	
4.1 ADMINISTRACIÓN DEL ANÁLISIS DE FALLAS.	34

4.2	FUNDAMENTOS DE LA INSPECCIÓN VISUAL.	43
4.3	FUNDAMENTOS DE DESGASTES.	63
4.4	FUNDAMENTOS DE FRACTURAS.	78
4.5	FUNDAMENTOS DE DESGASTES EN LOS COJINETES DEL MOTOR.	102
4.6	SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL MOTOR CATERPILLAR C175-16.	134
 CAPÍTULO V DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.		
5.1	APLICACIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS DE FALLAS DE CATERPILLAR.	142
5.1.1	Aplicación de los 5 Primeros Pasos del Método de Análisis de Fallas.	146
5.1.2	Recomendaciones Producto del Resultado del Análisis de Fallas.	174
5.2	VERIFICACIÓN DEL RESULTADO DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO CON LA PRUEBA DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA POR BARRIDO.	175

5.3 ESTIMADO DE COSTOS PRODUCTO DE LA FALLA. 178

5.3.1 Estimado de Costos de Mantenimiento. 178

5.3.2 Estimado de Costos por Pérdidas de Producción. 180

CONCLUSIONES.

RECOMENDACIONES.

BIBLIOGRAFÍA.

APÉNDICE.

PRÓLOGO

En el presente informe se expone la aplicación del Método de Análisis de Fallas en el motor Caterpillar C175-16 del camión Caterpillar 793F identificado como camión HT56 perteneciente a la Compañía Minera Antamina S.A., con la obtención de la causa raíz de la falla. Para ello se han desarrollado 5 capítulos los cuales contienen lo siguiente:

CAPÍTULO I: Este capítulo contiene la Introducción, donde se incluyen los antecedentes, el objetivo principal, los objetivos específicos, la justificación, los alcances y las limitaciones.

CAPÍTULO II: Este capítulo contiene la Descripción del Método Base de Análisis de Fallas, donde se incluye una introducción al Análisis de Fallas y la breve descripción de la aplicación del método de Análisis de Fallas

CAPÍTULO III: Este capítulo contiene la identificación del problema y el planteamiento de la hipótesis de trabajo, donde se desarrollan algunos aspectos preliminares, luego se hace la identificación del problema y el planteamiento de la hipótesis de trabajo.

CAPÍTULO IV: Este capítulo contiene el Marco Teórico, donde se desarrolla la administración del Análisis de Fallas, los Fundamentos de la Inspección Visual, los Fundamentos de Desgastes, los Fundamentos de Fracturas, los Fundamentos de

Desgastes en los Cojinetes del Motor, y finalmente información sobre el sistema de lubricación del motor Caterpillar C175-16.

CAPÍTULO V: Este capítulo contiene el desarrollo de la solución al problema identificado en el capítulo III, la aplicación del Método de Análisis de Fallas, la verificación del resultado de la aplicación del Método de Análisis de Fallas con la prueba de microscopía electrónica por barrido y la estimación de costos producto de la falla.

El presente informe resulta de utilidad debido a que:

- a. Cumple con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico-Electricista.
- b. Muestra la aplicación práctica del Método de Análisis de Fallas en el campo de la Ingeniería Mecánica correspondiente al Mantenimiento de Maquinaria Pesada,
- c. Determina la causa raíz de la falla y las recomendaciones pertinentes, aportando en la optimización de los procesos de mantenimiento, para los clientes de la empresa Ferreyros S.A. donde desempeño el cargo de Analista de Fallas.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La economía del país tiene un crecimiento anual sostenido en promedio del 6% del PBI en los últimos 15 años, lo que se ha reflejado en un crecimiento de los sectores de minería y construcción haciendo que la demanda de maquinarias y equipos también se incremente. Esto trae como consecuencia natural el ingreso de nuevos competidores al mercado y con ello la necesidad de Ferreyros S.A. con su representada Caterpillar Inc. de incrementar su competitividad a fin de mantener y consolidar su liderazgo en ventas de maquinaria pesada para los sectores de minería y construcción, en el que actualmente tiene aproximadamente el 65% de participación en el mercado.

Una manera de agregar valor a las maquinarias y equipos es mediante la mejora de su confiabilidad, y esto se obtiene implementando el uso de la herramienta del Análisis de Fallas que nos da el Mantenimiento Proactivo, logrando así que los productos rindan de acuerdo a lo esperado, y que de ocurrir problemas estos se solucionen de manera eficaz y eficiente.

El objetivo principal del presente trabajo es encontrar la causa raíz de la falla del motor Caterpillar C175-16 perteneciente al camión HT56 de la flota de camiones Caterpillar

793F de la Compañía Minera Antamina S.A., mediante la aplicación del método de Análisis de Fallas con la finalidad de evitar la recurrencia de la falla.

Los objetivos específicos contemplados son los siguientes:

- a. Aplicación de Método de Análisis de Fallas, luego de identificado el problema a analizar se realizarán los pasos de la metodología planteada encontrando la causa raíz de la falla del motor y brindando las recomendaciones pertinentes a fin de que no se repita el mismo tipo de falla.
- b. Verificación del Resultado de la Aplicación del Método de Análisis de Fallas con la prueba de Microscopía Electrónica por Barrido, luego de hallada la causa raíz de la falla del motor con la aplicación del Método de Análisis de Fallas; ésta será corroborada mediante la realización de la Prueba de Microscopía Electrónica por Barrido, validándose así el resultado del Método de Análisis de Fallas.
- c. Estimación de Costos Producto de la Falla, constituidos por costos tanto de mantenimiento, como por pérdidas de producción en los que se incurre por el suceso de la falla, los que se evitaran luego de la aplicación de las recomendaciones del Análisis de Fallas realizado al motor.

La realización del presente trabajo se justifica dado que se minimizará el nuevo tipo de falla catastrófica detectado en los motores C175-16 de los camiones Caterpillar 793F de la flota de la Compañía Minera Antamina S.A. ,lo que en su momento, ocasionó una caída considerable del indicador de disponibilidad mecánica del camión, así como elevados costos de mantenimiento, consiguiéndose mediante la Aplicación del Método

de Análisis de Fallas, identificar la causa raíz de dicha falla y dar las recomendaciones necesarias para que este evento, no deseado, no se vuelva a repetir.

El presente trabajo concluye con la presentación de la causa raíz de la falla del motor C175 del camión HT56, luego de haberlo consistenciado teniendo en consideración que se trata de una falla de interés por su repercusión comercial y económica, aplicando los cinco primeros pasos del método de Análisis de Fallas propuesto, con lo que se encontrará la causa raíz de dicha falla del motor y que finalmente se realizará la prueba de Microscopía Electrónica de Barrido con lo que se confirmará la causa raíz hallada, siendo un resultado coherente con el método.

Los recursos que se han empleado son los siguientes:

- La bibliografía y materiales de referencia utilizados, son las proporcionadas por el fabricante del motor analizado, que es Caterpillar Inc.
- Las herramientas utilizadas para el Análisis de Falla y las actividades propias de taller son las utilizadas en el Centro de Reparación de Componentes de Ferreyros S.A.
- La falla estudiada corresponde al motor C175 del camión HT56 de la flota de camiones mineros de la Compañía Minera Antamina S.A.
- La prueba de Microscopía Electrónica de Barrido se solicitó y realizó en la Planta de Fabricación de Motores Caterpillar en Lafayette, Indiana, USA.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO BASE DE ANÁLISIS DE FALLAS.

2.1 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE FALLAS-AFA.

El análisis de fallas es interesante y da satisfacción cuando uno descubre que fue lo que causó un problema inesperado y recomendó oportuna y eficazmente la medida para corregirlo.

A los clientes no les gusta que reparamos los "síntomas" o los "efectos" sino que encontremos la verdadera causa u origen del problema de las fallas. Tampoco les gusta que se les envíe una factura por reparación de una avería ocurrida en una fecha temprana, como tampoco entienden porque la falla fue responsabilidad de ellos.

Cuando se quejan, es porque frecuentemente tienen necesidades insatisfechas, las cuales llamamos comúnmente "problemas".

El propósito de la herramienta de análisis de fallas es ayudarnos a fortalecer nuestra aptitud para analizar fallas y mejorar nuestra efectividad con los clientes.

Durante el desarrollo de un curso completo de Análisis de Fallas normalmente se tocan los tópicos siguientes:

- Introducción al Análisis de Fallas
- Administración del Análisis de Fallas
- Metalurgia
- Principios de las Fracturas
- Principios del Desgaste
- Inspección Visual
- Aplicación de los Principios Básicos de los Componentes.

En el marco teórico del Capítulo 4 trataremos entre otros, los principios básicos de administración del análisis de falla, los fundamentos de inspección visual y, los principios básicos del desgaste y de las fracturas, las cuales se pueden aplicar a todos los productos y a todos los clientes en todas las partes del mundo.

Este método nos recalcará siempre la importancia de pensar de una manera ordenada antes de comenzar un análisis y también recalcará la importancia de trabajar con orden durante el análisis del problema y esto nos ayudará a continuar pensando ordenadamente sobre lo que vamos a hacer seguidamente.

Las maquinarias y equipos trabajan en variedad de aplicaciones, las cuales son más numerosas cada día y se usan en todas las naciones del mundo. Pero en todas partes, la competencia está siempre presente y es muy agresiva por lo que los clientes comparan constantemente el valor de los productos de sus principales proveedores con el valor de los productos de la competencia. Debemos, por tanto, continuar encontrando las maneras de ofrecer a los clientes un valor superior si es que vamos a superar a la competencia. Cuando los clientes notan que los productos que ofrecemos tienen el mejor valor, alcanzamos nuestra meta general

de aumentar las ventas de productos, repuestos y servicios. Si deseamos que los clientes continúen comprando nuestros productos, estos deben rendir de acuerdo con lo que ellos esperan.

Los usuarios esperan que los productos que ofrecemos funcionen confiablemente y eficientemente y, cuando ocurran problemas, querrán soluciones rápidas y profesionales.

El éxito del desempeño de un producto depende de tres partes principales: la fábrica, el distribuidor y el cliente. Cada uno tiene responsabilidades de trabajo importantes y específicas que se deben cumplir para que el producto funcione y rinda como se espera.

La fábrica tiene la responsabilidad del diseño, de los materiales y de la mano de obra. Además, la fábrica comparte con los distribuidores la responsabilidad de identificar y corregir los problemas en los productos. El énfasis y la experiencia de la fábrica se concentran en producir productos de calidad.

El cliente es responsable del mantenimiento, operación, aplicación del producto y de ayudar en la identificación del problema. La fábrica y los distribuidores pueden publicar excelentes guías de mantenimiento, aplicación y operación, pero para obtener el valor total, el cliente debe poner en práctica las guías recibidas. Frecuentemente, los clientes no tienen las guías de reusabilidad, o si las tienen, no han dedicado tiempo a estudiarlas hasta que de pronto comprenden que hay cosas que deben conocer. Podemos evitar muchos problemas si ayudamos a cada cliente a obtener y comprender las guías de aplicación, operación y mantenimiento

de su producto. Esto les permitirá identificar temprano los síntomas, traerlos a la atención del distribuidor y adoptar la medida de corrección antes de que se produzca la falla.

El distribuidor tiene responsabilidades de venta y de servicio. Sus responsabilidades de venta incluyen asegurar que cada cliente obtenga las guías apropiadas y que comprenda los requisitos de instalación, aplicación y mantenimiento del producto. Entre sus responsabilidades de servicio está el realizar análisis rápidos de problemas y su eficaz identificación y corrección. La identificación rápida de problemas requiere, por lo general, previo conocimiento de los productos, de las instalaciones y de las operaciones del cliente, así como de sus prácticas de mantenimiento. El tiempo dedicado personalmente a cada cliente también nos ayuda a descubrir sus errores en cuanto a la operación o el mantenimiento, que pueden conducir a problemas del producto.

De la misma forma que nosotros presentamos síntomas cuando tenemos problemas de salud, los productos también tienen indicadores que nos dan la pista de los problemas que se presentan en su operación o mantenimiento (fig.2.1).

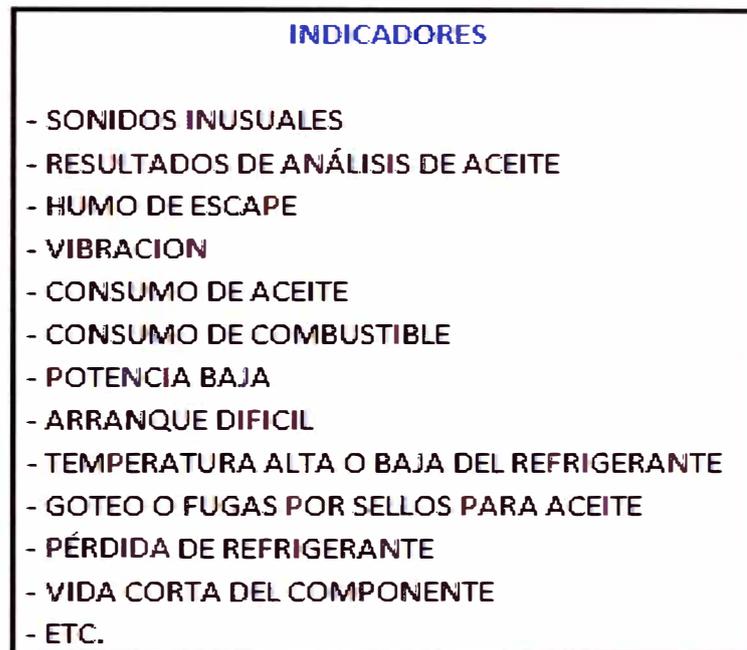


FIG.2.1. Indicadores

Igual que esperamos que el doctor identifique y diagnostique nuestros problemas al observar los síntomas, así nuestros clientes esperan que nosotros leamos los indicadores de su producto e identifiquemos exactamente qué es lo que anda mal en este.

Agradecemos una amplia entrevista con el doctor después de su reconocimiento para conocer del estado general de nuestra salud. De manera parecida, nuestros clientes agradecen una amplia entrevista con nosotros para hablar sobre los resultados de nuestra inspección, mantenimiento y operación de sus productos. Y según ganamos experiencia en el análisis de fallas y podemos leer tempranamente los síntomas o advertencias con mayor exactitud, podemos reconocer los problemas en las primeras etapas e impedir que se produzcan las fallas.

Esta es una de nuestras metas principales: ser tan precisos en la lectura de problemas del producto y del ambiente que podamos detectarlos a tiempo y hacer la reparación antes de que se produzca la falla.

Sabemos, sin embargo, que habrá casos en que se producirán fallas inesperadas y el personal de servicio del distribuidor, como es nuestro caso, debe realizar un análisis de primera calidad de la falla para satisfacer al cliente.

Cuando se producen fallas, nuestro incentivo debe ser determinar la causa exacta y adoptar la mejor medida de corrección.

Definimos el ANÁLISIS DE FALLAS como "la cuidadosa inspección del producto y de los hechos que conducen a la identificación de la causa raíz de los problemas que presenta el producto".

Se pueden obtener datos para el Análisis de Fallas de tres fuentes básicas (fig.2.2):

1. Del lugar de trabajo del cliente.
2. Del producto que ha fallado.
3. De laboratorios metalográficos.

La mayoría de los problemas se pueden resolver aprovechando al mínimo las fuentes básicas 1 y 2. Ocasionalmente, podemos necesitar información de microestructuras de la fuente 3 para identificar las verdaderas causas. Usaremos información de las tres fuentes para el presente trabajo.

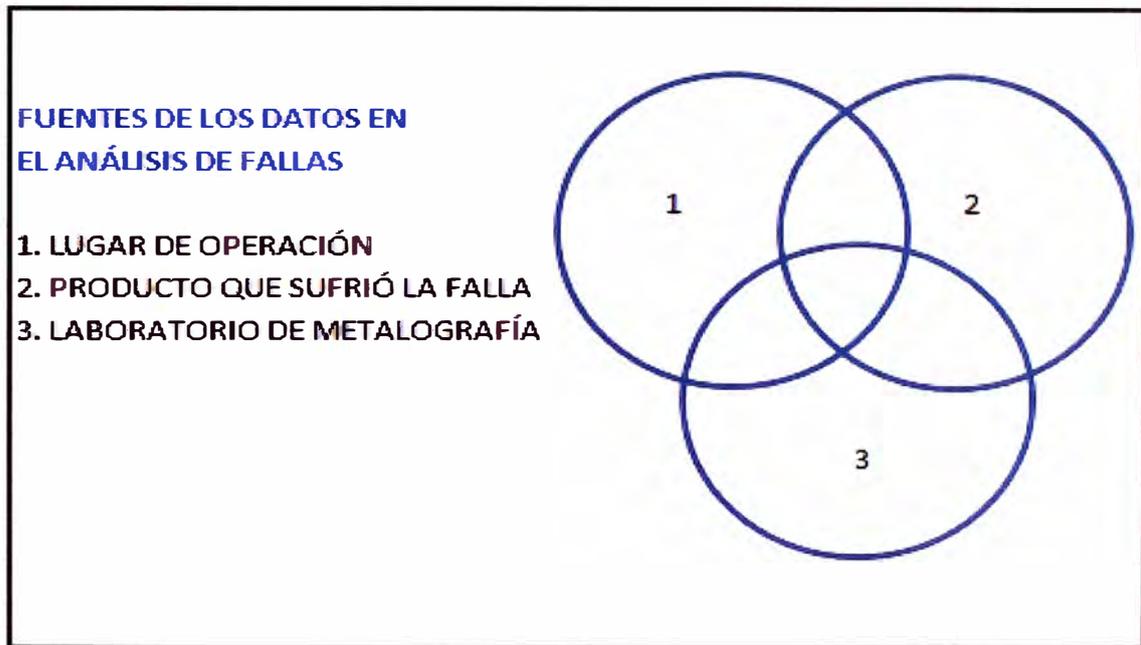


FIG. 2.2. Fuentes de los datos.

La VERDADERA CAUSA "es la condición específica que empezó el problema". Se repetirá mucho el término "causa raíz" porque es el punto focal de esta metodología. Así, estudiaremos las técnicas para identificar la causa raíz frente a los daños resultantes. También hablaremos sobre los papeles que deben desempeñar los miembros del equipo de análisis de fallas al identificar las causas y tomar las medidas para corregirlas. Entre los miembros del "equipo" se encuentra el personal de operación y de mantenimiento, el personal de línea y de respaldo del distribuidor, y el personal de línea y de respaldo de la fábrica.

Todos estos miembros del equipo tienen responsabilidades importantes, pero se obtienen los mejores resultados, cuando el distribuidor asume la responsabilidad de solucionarlo y de efectuar la investigación del análisis de fallas.

Después de identificar la causa raíz de un problema, necesitamos comunicarnos eficazmente con otros miembros del equipo, y especialmente con la parte responsable de la falla. Para obtener resultados, cada miembro del equipo necesita comprender la causa y los efectos de un problema. Y como las buenas comunicaciones promueven el entendimiento, trataremos más adelante sobre algunos de los puntos claves respecto al tema de las comunicaciones. La comunicación implica crecimiento y entendimiento.

Se ha organizado la manera de aplicar la metodología del Análisis de Fallas mediante ocho pasos, que nos ayudan a efectuar un análisis de calidad del problema. Si se deja de hacer solo uno de los pasos, o si se implementan desordenadamente, se puede identificar erróneamente la causa raíz y aplicar una medida de corrección inadecuada (solución de los "efectos" de problemas y no de sus "causas"), facturas innecesariamente altas y paralizaciones, además de clientes insatisfechos.

Los ocho pasos son los siguientes:

1. Definir el problema de forma clara y exacta.
2. Organizar nuestros pensamientos en preparación de la recopilación de hechos.
3. Observar y recopilar los hechos.
4. Pensar lógicamente con base en los hechos.
5. Identificar la causa real más probable.
6. Comunicarlo al grupo responsable de la falla.
7. Hacer las reparaciones que decida el grupo responsable.

8. Hacer seguimiento junto con el cliente.

Detallaré cada uno de estos ocho pasos en el subcapítulo de Administración del Análisis de Fallas y nos referiremos a ellos constantemente de aquí en adelante.

El análisis profesional de fallas es una tarea difícil que requiere dedicación y esfuerzo cuidadoso de todos los miembros del equipo. Los gerentes del distribuidor deben dedicarse totalmente a encontrar las causas de las fallas y estar seguros de que su personal de servicio este bien adiestrado y que disponga del tiempo necesario para hacer un buen análisis.

Es fundamental una buena actitud de servicio al trabajar en coordinación con otros empleados para obtener su confianza y cooperación. Con cada nuevo problema debemos preguntarnos: "¿En qué forma puedo aprovechar al máximo esta oportunidad de servir al cliente y ganar su confianza en nosotros?". Y si procedemos a trabajar con esta actitud, lograremos más satisfacción en el trabajo, además de ganarnos merecidamente la confianza del cliente.

Al planificar cuidadosamente nuestro respaldo a los productos de cada cliente; al encontrar la causa raíz de cada falla; y al enseñar a cada cliente a conocer el verdadero valor de este servicio, lograremos nuestra meta principal de satisfacer a los clientes y a la vez aumentaremos la venta de equipos, repuestos y servicios.

2.2 BREVE DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS DE FALLAS

2.2.1 Proceso de Reparación en el Centro de Reparación de Componentes de Ferreyros S.A.

En el diagrama de flujo mostrado a continuación se resume el proceso de reparación en el Centro de Reparación de Componentes (CRC) de Ferreyros S.A.

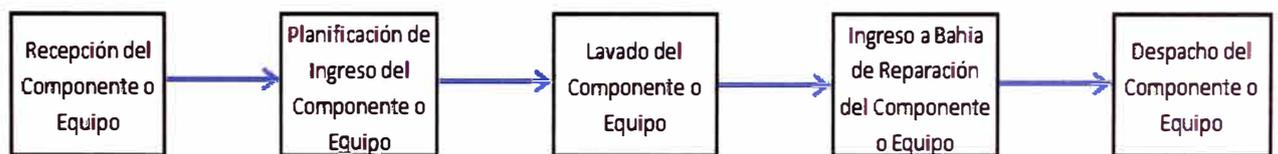


FIG. 2.3. Diagrama del proceso de reparación

Un proceso de reparación normal se inicia con un requerimiento formal del cliente mediante una Solicitud de Servicio, la cual es recepcionada junto con el componente o equipo por el Área de Recepción y Despacho. Es aquí donde se le asigna un número de Orden de Trabajo a fin de iniciar las actividades internas del CRC.

Con el número de Orden de Trabajo, el Área de Planificación realiza la programación de actividades para el referido componente o equipo en las que incluye la fecha de inicio de reparación y asignación de bahía de reparación.

Previo al inicio de actividades en bahía, el Área de Recepción y Despacho realiza el ingreso del componente o equipo al Área de Lavado para la limpieza respectiva.

El componente o equipo, ya limpio externamente, hace su ingreso a la bahía de reparación que le fue asignada, donde la Supervisión del CRC asignará a su vez al personal técnico que efectuará el desarmado, inspección y evaluación de las partes del componente o equipo con servicio de Análisis de Falla o sin el mismo.

Luego de concluidos los procesos técnicos de desarmado y evaluación, se realizan los presupuestos respectivos, los que son comunicados al cliente, para su aprobación y así continuar con los procesos de pedido de repuestos y reparación. Finalizados todos estos procesos se procede al despacho del componente o equipo reparado.

2.2.2 Proceso de Análisis de Falla en el Área de Análisis de Fallas de Ferreyros S.A.

Un componente o equipo reporta un problema o síntoma de falla el cual puede ser detectado por el cliente y/o la central de monitoreo de Ferreyros S.A., luego en el menor tiempo posible este problema es evaluado y analizado por el personal de servicio de Ferreyros S.A. y al no ser posible hallar la causa raíz en campo, se procede con el desmontaje del componente o envío de máquina a los Talleres del Centro de Reparación de Componentes (CRC) donde se inicia en paralelo el proceso de reparación, el proceso de Análisis de Falla, realizado por Ingenieros Analistas de Fallas tal como se muestra en el diagrama de flujo mostrado a continuación.

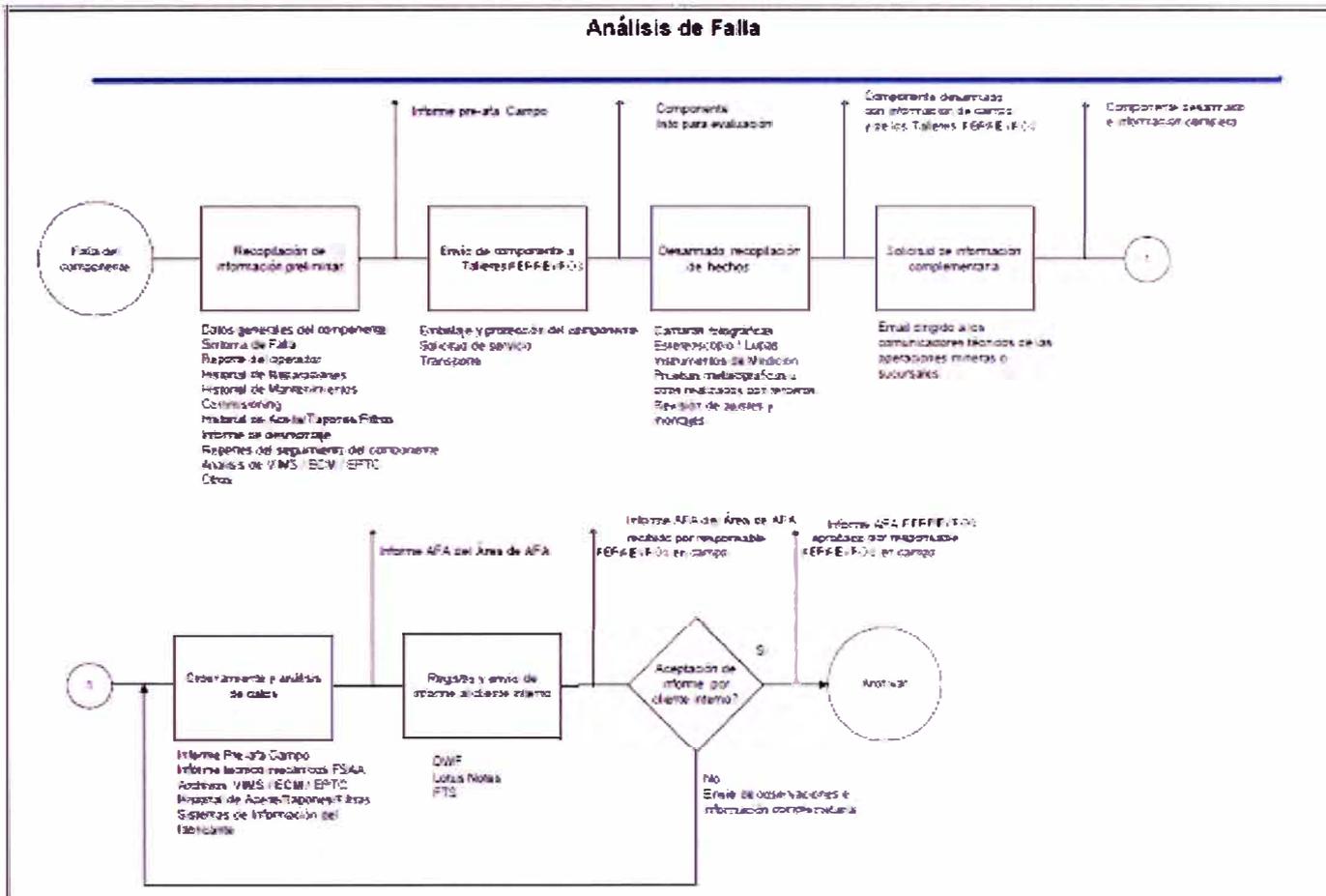


FIG. 2.4. Diagrama de flujo del proceso de Análisis de Fallas.

Inmediatamente después de producida la falla del componente en el lugar de operaciones, el personal de servicio asignado realiza la recopilación de la información preliminar, la cual contiene entre otras, el problema definido de manera clara y exacta (a lo que comúnmente llamamos síntomas de falla), informe técnico de campo, descargas de los módulos electrónicos de control, historial de mantenimiento de la máquina, registro de filtros y mallas, resultados de análisis de aceites, etc. con lo cual podemos organizar la recolección de hechos durante la evaluación a componente abierto.

Se procede con el envío del componente a los talleres de Ferreyros S.A. con su correspondiente Solicitud de Servicio que indica que requiere, entre otros, el servicio de Análisis de Fallas, siendo el Área de Planificación la encargada de dar aviso de la programación de inicio de desarmados al Área de Análisis de Fallas.

Luego de revisada la información preliminar, se procede al inicio del desarmado del componente en paralelo con el procesos de desarmado y evaluación del componente o máquina en una de las bahías de reparación del CRC, donde aplicando los fundamentos de la inspección visual, el Ingeniero Analista de Fallas realiza la etapa referida a observar y recopilar los hechos, así como también, de ser necesario, se solicitan evaluaciones adicionales al taller sobre las partes o componentes como evaluaciones dimensionales, evaluación de dureza, evaluación de rugosidad, pruebas en dinamómetro, etc. Todas estas actividades a las que los técnicos de servicio no tienen disponibilidad durante su servicio de campo.

En algunas ocasiones y de ser necesario, se realiza una solicitud de información complementaria al personal de servicio asignado vía e-mail o telefónica a fin de completar los antecedentes de mantenimiento u operación del equipo.

Concluida la recopilación de hechos y respondida la solicitud de información complementaria, se procede al ordenamiento y análisis de datos, etapa en la

que el analista piensa lógicamente sobre los hechos e identifica la causa más probable de falla, lo cual es plasmado en el respectivo Informe de Análisis de Falla y finalmente enviado al cliente interno.

El Informe de Análisis de Fallas requiere cumplir obligatoriamente con analizar desgastes, fracturas, identificaciones dimensionales e informar sobre las posibles causas y sus responsables.

CAPÍTULO III

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS DE TRABAJO.

3.1 ASPECTOS PRELIMINARES

3.1.1 Clientes más Importantes en el Sector Minería a Nivel Nacional.

Aproximadamente el 50% de las ventas anuales en Ferreyros S.A. se realiza a clientes del sector minero nacional. Del total de reparaciones que ingresan a los talleres, en los cuales se solicita el servicio de Análisis de Falla, el 60% corresponde a clientes de la Gran Minería Nacional, como Minera Yanacocha S.R.L., Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A., Compañía Minera Antamina S.A., Xtrata Tintaya S.A., etc., los cuales trabajan con altos estándares de gestión del mantenimiento y comprenden la importancia de la herramienta del Análisis de Fallas en la obtención de sus metas de producción.

3.1.2 Introducción de la Nueva Serie de Camión Minero Caterpillar 793F al Mercado Nacional.

El primer cliente a nivel nacional en optar por la adquisición de una flota de 14 camiones Caterpillar 793 de la nueva serie F fue la Compañía Minera Antamina S.A.

El desempeño de esta nueva serie de camiones en las condiciones de altura y terreno en Antamina será de vital importancia para las futuras decisiones de compra del mismo y de los demás clientes mineros a nivel nacional.

3.1.3 Mantenimiento Basado en la Confiabilidad, aplicado en la Compañía Minera Antamina S.A.

Esta metodología adoptada por la Compañía Minera Antamina S.A. procura determinar los requerimientos de mantenimiento de los equipos en su contexto de operación. Consiste en analizar las funciones de los equipos, ver cuáles son sus posibles fallas, y detectar los tipos de fallas o causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias. A partir de la evaluación de las consecuencias es que se determinan las estrategias más adecuadas al contexto de operación, buscando que no sólo sean técnicamente factibles, sino económicamente viables.

3.1.3.1 Resumen del Contexto Operacional Actual de los Camiones Caterpillar 793F en Compañía Minera Antamina S.A.

Entendiéndose como la función deseada de los camiones, realizar el movimiento de la mayor cantidad de tierra desde el punto de “carga” hacia el de “descarga” en el menor tiempo posible; ésta presenta como principales fallas funcionales cuando el camión no se mueve o su desplazamiento comienza a hacerse lento.

Los principales tipos de falla que originan las fallas funcionales anteriormente expuestas, son las relacionadas con fallas en el motor.

Los efectos de fallas asociados con fallas en el motor pueden derivar en actividades de mantenimiento correctivo que solucionen el problema o que determinen el cambio de dicho componente, generando paradas del camión que condicionan pérdidas de producción, disminución de la disponibilidad mecánica e incrementos de los costos de mantenimiento entre otras.

Es por ello que, actualmente, la Compañía Minera Antamina cuenta con operadores de camiones altamente entrenados, un área responsable del planeamiento de los mantenimientos realizados a los equipos pesados y livianos, y un taller donde se realizan los mantenimientos correctivos, preventivos y monitoreo de condición.

Este resumen del contexto de operación de los equipos en mina corresponde también a la flota de 14 camiones Caterpillar 793F en el que está incluido el

camión cuyo código de identificación interna es HT56, al que en adelante llamaremos Camión HT56.

Se revisaron las labores de mantenimiento correctivas, preventivas y predictivas del camión HT56, encontrándose todas según lo recomendado por el fabricante. En el siguiente título detallaremos las actividades de mantenimiento predictivo, las cuales nos darán más luces de lo imprevista que fue la falla analizada.

3.1.3.2 Distribución de Fallas en la Vida Útil de los Camiones Mineros.

El modelo de distribución de probabilidad de fallas para la máquina seleccionada que corresponde al motor Caterpillar C175-16 del Camión HT56 corresponde al Modelo de Fallas de Moubray o Curva de la Bañera (fig.3.1), en el que las fallas están asociadas al envejecimiento y se caracterizan porque se pueden apreciar 3 etapas:

- Fallas iniciales: esta etapa se caracteriza por tener una elevada tasa de fallas que desciende rápidamente con el tiempo. Estas fallas pueden deberse a diferentes razones como equipos defectuosos, instalaciones incorrectas, errores de diseño del equipo, desconocimiento del equipo por parte de los operarios o desconocimiento del procedimiento adecuado.
- Fallas normales: etapa con una tasa de errores menor y constante. Las fallas no se producen debido a causas inherentes al equipo, sino por causas aleatorias externas. Estas causas pueden ser accidentes fortuitos, mala operación, condiciones inadecuadas u otros.

- Fallas de desgaste: etapa caracterizada por una tasa de errores rápidamente creciente. Las fallas se producen por desgaste natural del equipo, debido al transcurso del tiempo.

Para nuestro caso el número de horas operativas del motor al suceder la falla era de 3146 horas debiendo alcanzar un máximo de 18000 horas, entonces nos encontramos en la etapa de fallas normales

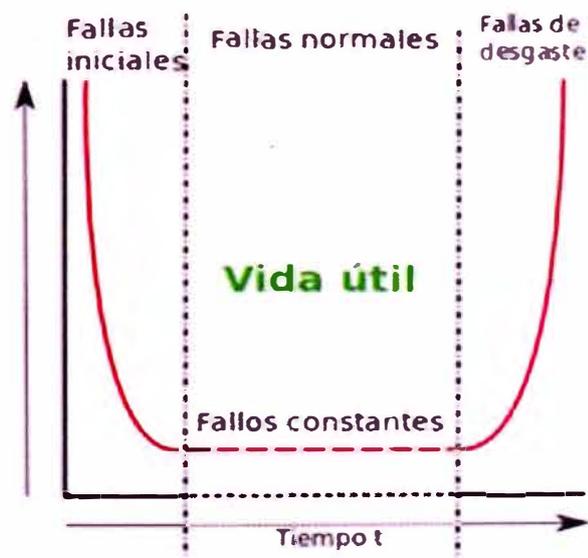


FIG. 3.1. Curva de la Bañera

3.1.3.3 Mantenimiento Predictivo Aplicado al Motor del Camión HT56.

El mantenimiento predictivo o también llamado monitoreo de condiciones actualmente también lo realiza en paralelo Ferreyros S.A. por tratarse de camiones dentro del período de garantía y lo hace por medio de especialistas

que monitorean en tiempo real los principales parámetros operativos del camión, inspeccionan frecuentemente los filtros y mallas de los diferentes componentes y también realizan la revisión de los resultados de análisis de fluidos, formando tendencias y brindando las respectivas recomendaciones o alarmas a las demás áreas responsables.

Tener en cuenta que los parámetros monitoreados mediante sensores envían sus señales mediante un arnés eléctrico al módulo electrónico de administración de información vital del motor y este a su vez reenvía la señal por medio de ondas de radio a la central de monitoreo.

Las tareas de monitoreo de condiciones realizadas, relacionadas a la falla del motor Caterpillar C175-16 del camión HT056, fueron las siguientes:

Monitoreo de Eventos

Ferreyros		CAT		OPERACIÓN ANTIMINA															
				HT056 (R52)															
				Operación del 2016-03-15 - 2016-03-16															
INSTTime	Event	Tx	Description	Stat	Op	Limit	Max	Level	Dstart	Di	DtParamet	DtQp	DtAccuz	DtParamet	DtCp	DtAcho	L	CONDCL	
25/02/2011 21:42	7370		Gauge Cluster				13577	2	03:00:23									2	
25/02/2011 21:42	8312	ME	Fuel Oil Valve				9025	2	02:03:57									2	
25/02/2011 21:43	7370		Gauge Cluster				13577	2	03:01:00									2	
25/02/2011 21:43	5404		Srs AirBag				13572	1	03:04:04									1	
25/02/2011 21:43	5404		Srs AirBag				13572	1	03:03:19									1	
25/02/2011 21:43	5717		Sec Brk Pres				29999	2	03:02:30									2	
25/02/2011 21:43	3399		LTR Susp Ctl				24001	1	03:02:18									1	
25/02/2011 21:43	5395		R/R Gate Ctl				24001	1	03:02:18									1	
25/02/2011 21:43	7370		Gauge Cluster				13577	2	03:02:18									2	
25/02/2011 21:43	5348	ME	Cool Temp Crk Pd				9025	2	03:02:29									2	
25/02/2011 21:43	5533		Brk Pmp Pres				29999	1	03:00:13									1	
25/02/2011 21:43	5533		Brk Pmp Pres				29999	1	03:00:08									1	
25/02/2011 21:43	5535		SwBrk Pres				29600	1	03:00:03									1	
25/02/2011 22:55	5570		WAS-RAC EOH				22281	2										2	
25/02/2011 22:55	5570		WAS-RAC EOH				22705	1										1	
25/02/2011 23:35	5281	ME	Oil-Cyl 2				9025	2	13:27:04									2	
25/02/2011 03:16	7382	ME	H/Eat Oil Temp			50	-333	2										2	
25/02/2011 04:15	7382	ME	H/Eat Oil Temp			50	-387	2	03:00:14									2	
25/02/2011 04:15	7382	ME	H/Eat Oil Temp			50	-356	2	03:00:09									2	

FIG. 3.2. Detalle de algunos eventos registrados por el módulo electrónico.

Existen eventos de diferentes niveles de advertencia (nivel 1,2 o 3, siendo 3 el más crítico y/o dañino) y aparecen cuando tenemos parámetros operativos

fuera de rango o fallas en el sistema eléctrico del camión. Estos eventos son registrados (fig.3.2) y enviados en tiempo real tanto al monitor del módulo electrónico en la cabina del operador del camión y a la central de monitoreo para las tomas de acción correspondientes. Previo y durante la falla no se registraron eventos que nos advirtieran el tipo de falla a presentarse.

Tendencia de la Presión de Aceite de Motor

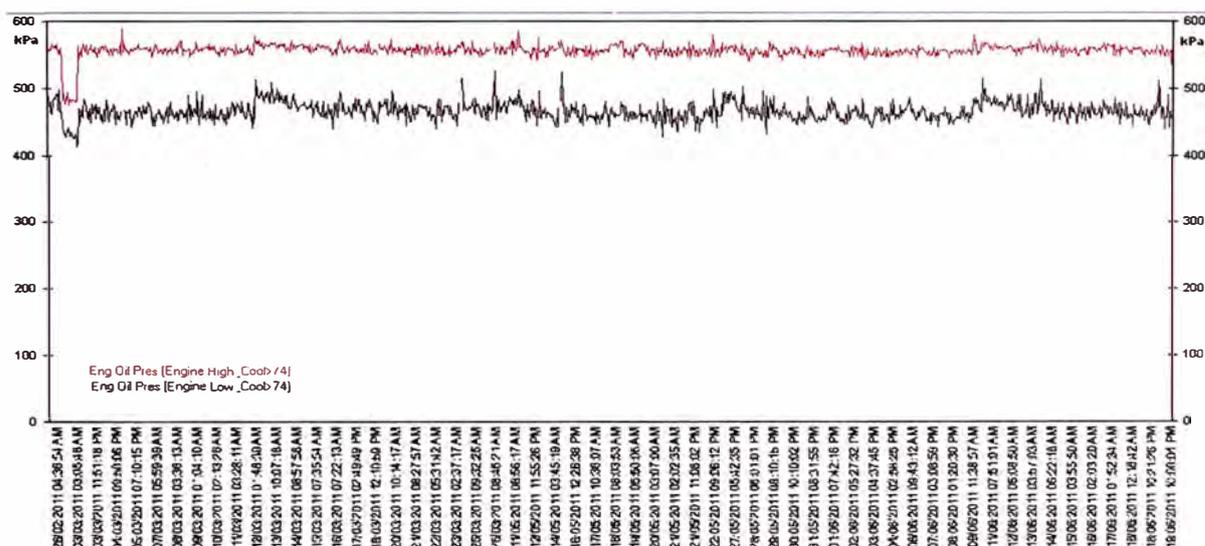


FIG. 3.3. Tendencia de Presión de Aceite de Motor 2011

La presión de aceite de motor (fig. 3.3) a plena carga se encontró en promedio 555 kPa., siendo sus valores normales de operación entre 150 y 650 kPa. y la presión de aceite de motor en bajas, en vacío, se encontró en promedio a 470 kPa., siendo sus valores normales de operación también entre 150 y 650 kPa..

Tendencia de la Temperatura del Líquido Refrigerante

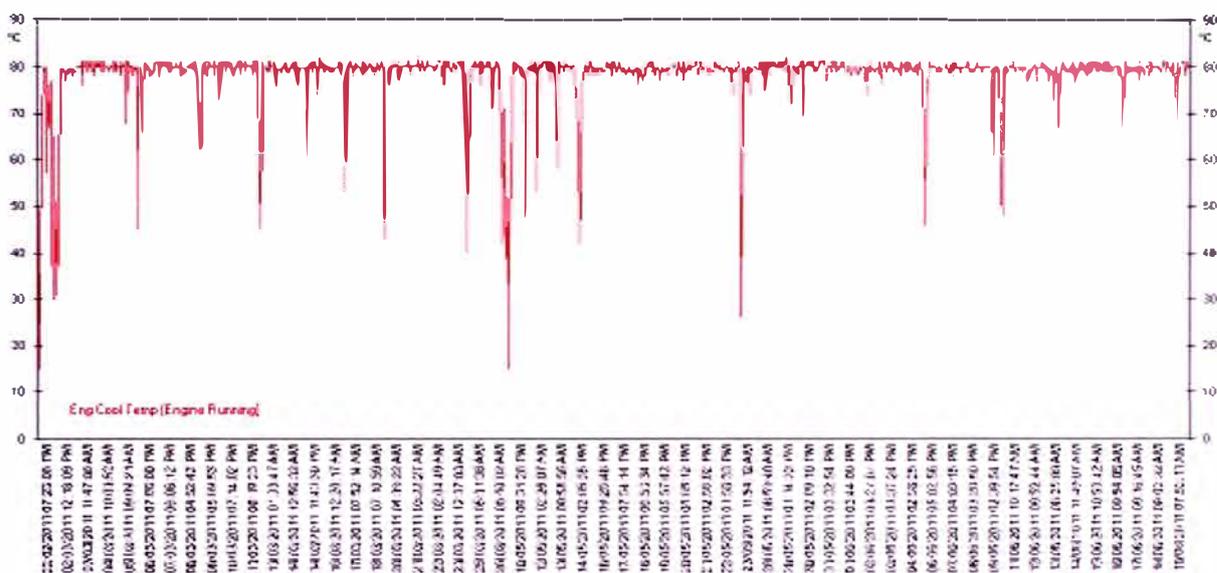


FIG. 3.4. Tendencia de Temperatura de Refrigerante de Motor 2011

La temperatura del líquido refrigerante del motor (fig. 3.4) se mantuvo en promedio a 82°C, siendo los valores normales de operación entre 82 y 88°C.

Tendencia de la Temperatura de los Gases de Escape

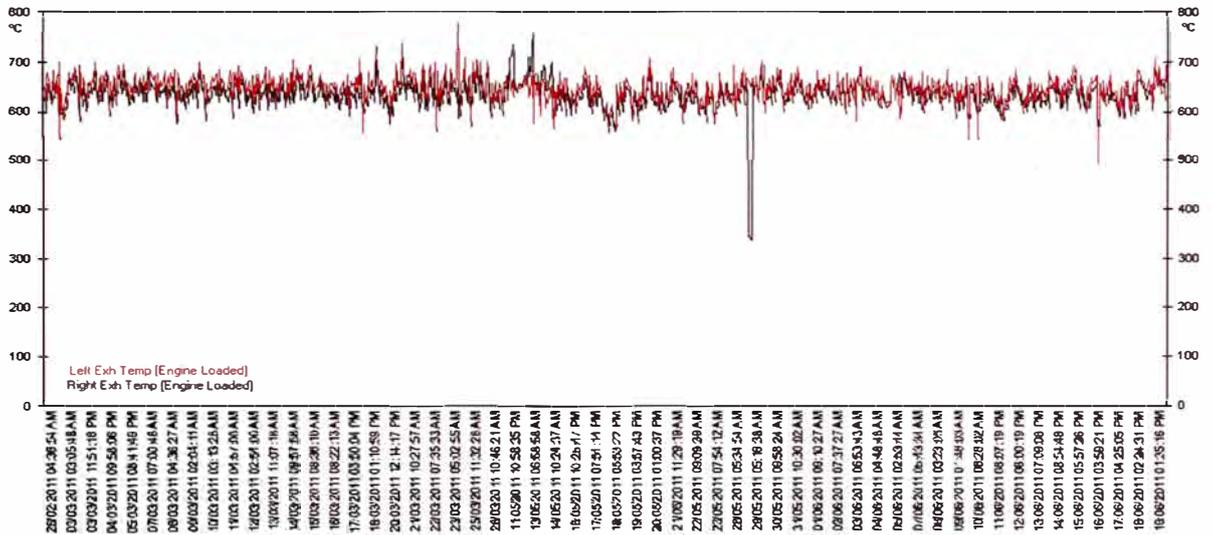


FIG. 3.5. Tendencia de Temperatura de Gases de Escape de Motor 2011

La temperatura de ambos ductos de escape se mantuvo pareja y en promedio a 650°C (fig.3.5).

Diagrama de Distribución de Carga

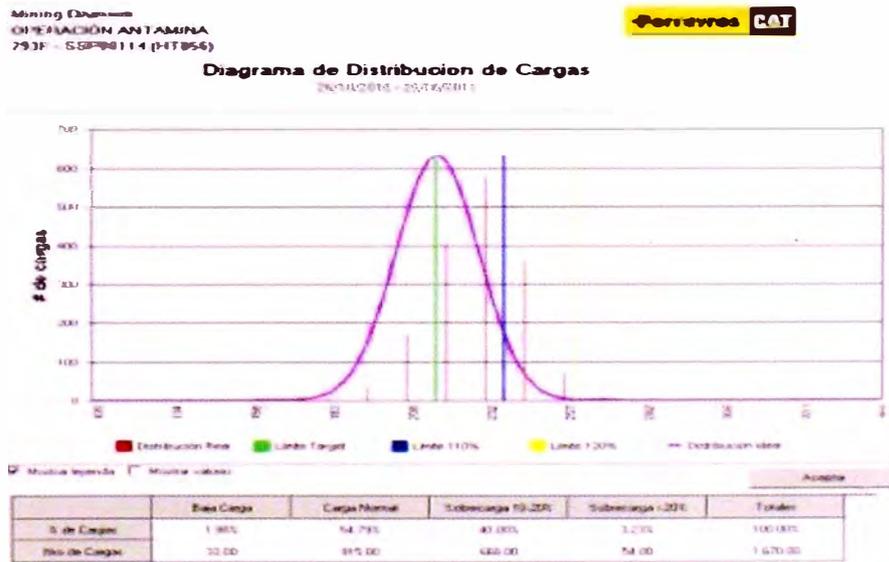


DIAGRAMA 3.1. Distribución de Cargas

En el diagrama de distribución de cargas (diagrama 3.1) en la tolva del camión para el último año operativo se observa 668 sobrecargas ente el 10 y 20% y 54 sobrecargas que exceden el 20%.

Información de la muestra		ANÁLISIS DE ELEMENTOS (Partes por Millón)																	Exportar a Excel				
Sample Date	Demora	SMU	O.H.1	O.H.2	Cu	Fe	Cr	Ni	Ti	V	Cd	Ag	Pb	Sn	Al	Si	Na	K	Mg	B	Ba	Cs	
26/03/2011	1	7458	239		5.3	37.9	4						1.0	1	14	32	25	9					0
11/02/2011	0	6925	257		6.7	42.5	5						1.0	0	21	28	33	18					0
10/01/2011	1	6668	268																				
26/12/2010	2	6459	59		4.6	21.7	3						6	0	18	30	17	11					0
08/12/2010	1	6370	303		4.2	60.3	5						19	0	14	19	24	11					0
01/12/2010	1	6249	182		2.8	36.5	3						1.0	0	12	29	23	6					0
18/11/2010	1	6067	355		5.2	85.6	7						23	0	15	49	40	11					0
17/11/2010	1	6054	342		5.4	81.6	6						27	3	14	57	30	14					0
14/11/2010	1	5990	278		12.5	62.6	5						17	0	32	67	26	17					0

Información de la muestra		Límites					Viscosidad			Físicos					Exportar a Excel	
Sample Date	Proceso	Cambio	Spot	Oxid	Mix	Sulf	Visc. 40°C	Visc. 100°C	PQ	ISO	PVi	Rein	Fuel	Agua	Dv	
18/04/2011	19/04/2011		1.9	3.7	6.0	11.8		13.5					0.00	0.000		
26/03/2011	27/03/2011		1.3	3.0	4.8	10.0		13.4					0.00	0.000		
11/02/2011	11/02/2011		1.5	2.8	4.9	10.0		13.2					0.00	0.000		
10/01/2011	11/01/2011		2.0	4.0	6.5	13.1							0.00	0.000		
26/12/2010	28/12/2010		6	15	24	4.8		13.1					0.00	0.000		
08/12/2010	09/12/2010		1.9	4.7	6.8	13.2		13.4					0.00	0.000		
01/12/2010	02/12/2010		1.2	2.8	4.7	8.6		13.2					0.00	0.000		
18/11/2010	19/11/2010		2.3	5.5	7.9	15.7		13.7					0.00	0.000		
17/11/2010	18/11/2010		2.2	5.3	7.5	15.2		13.7					0.00	0.000		
14/11/2010	15/11/2010		1.8	3.6	6.2	12.2		13.2					0.00	0.000		

FIG. 3.6. Resultados de Análisis de Aceite de Motor

De los resultados de análisis de aceite (fig.3.6) se observa que el último cambio de aceite de motor se realizó el 10/06/2011 (10 días antes de la falla) en el cual todas las tendencias de desgastes y contadores de partículas se encontraban normales, durante la inspección de la falla se volvió a muestrear encontrando principalmente hierro (Fe) y silicio (Si) elevados.

En resumen, todos los parámetros operativos monitoreados y las condiciones del aceite se mostraron normales hasta el momento de la falla, con lo que podemos indicar que la falla fue repentina o que se desarrolló muy poco tiempo antes del punto de falla funcional.

3.1.3.4 Mantenimiento Proactivo a aplicar al motor del camión HT56.

En el presente informe se analizará una falla, la cual no pudo ser detectada durante las tareas de mantenimiento correctivo, preventivo ó predictivo, por lo tanto no se halló su punto de falla potencial y se llegó al punto de falla funcional sin tener la oportunidad de realizar tareas de mantenimiento bajo un sistema de confiabilidad, y también sin poder actuar reduciendo a su mínima expresión el impacto de las consecuencias de la falla repentina y catastrófica del motor.

Por lo tanto el Análisis de Falla aplicado al motor Caterpillar C175-16 del Camión HT56, motivo del presente informe, corresponderá a una aplicación del mantenimiento proactivo, que no pudo sustentarse en el mantenimiento predictivo y fue realizado durante una actividad correctiva.

3.2 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

Considerando:

1. Que la falla se produce en el parque de máquinas de uno de los principales clientes mineros a nivel nacional.
2. Que el camión contaba con un programa de mantenimiento basado en la confiabilidad, la cual abarca el mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, no lográndose detectar el punto de falla potencial.

3. Que es la primera falla repentina y catastrófica de motor Caterpillar C175-16 que se produce en uno de los nuevos modelos de camiones 793F introducidos al mercado nacional.

¿Es posible encontrar la causa raíz de la falla del motor C175-16 perteneciente al camión HT56 de la flota de camiones 793F de la Compañía Minera Antamina S.A. mediante la aplicación del Método de Análisis de Fallas?

3.3 HIPÓTESIS DE TRABAJO.

En virtud de las consideraciones indicadas en el punto 3.2 se plantea la siguiente hipótesis de trabajo:

Identificar la causa raíz de la falla del motor C175-16 perteneciente al camión HT56 de la flota de camiones 793F de la Compañía Minera Antamina mediante la aplicación de un Método de Análisis de Fallas.

Esta hipótesis de trabajo se sustenta teniendo en consideración que se trata de una falla de interés por su repercusión comercial y económica, que se aplicará el método de Análisis de Fallas propuesto con el cual se encontrará la causa raíz más probable de falla del motor y que luego se realizará una prueba de laboratorio que nos confirmará la causa raíz hallada con un resultado coherente con el método.

CAPÍTULO IV

MARCO TEÓRICO.

4.1 ADMINISTRACIÓN DEL ANÁLISIS DE FALLAS.

Como debemos pensar en una forma ordenada antes de trabajar organizadamente, utilizar buenas técnicas de administración de análisis de fallas puede evitar confusiones y ahorrar tiempo y dinero. Por tanto, antes de estudiar los aspectos técnicos de este informe, revisaremos algunos conceptos básicos de la administración del análisis de fallas.

En este subcapítulo explicaré cinco de los ocho pasos del análisis de fallas, quienes son los empleados participantes, y cuáles son las responsabilidades de sus trabajos.

Anteriormente definimos el análisis de fallas como "la cuidadosa inspección del producto y de los HECHOS que conducen a la identificación de la CAUSA RAÍZ de los problemas que presenta el producto".

Cuando procedamos a solucionar cualquier problema, debemos acostumbrarnos a preguntarnos lo siguiente: "¿Hemos identificado la causa original o solo uno de las consecuencias?" Nos sentimos mal cuando un cliente experimenta una falla con su equipo, pero nos sentimos peor cuando la falla se

repite. Por tanto, antes de tomar la medida de corrección, tenemos que estar seguros que hemos hecho todo lo posible para identificar la causa original.

Hay pistas en todas las fallas o desperfectos que nos dicen si la pieza fallada es la causa original o el efecto o resultado de un problema en el equipo. Estas pistas nos informan frecuentemente que no solo la parte dañada es un resultado, sino también nos ayuda a identificar "al culpable" que dejó la huella y de qué manera podemos continuar para encontrarlo.

Por experiencia sabemos que cuando encontramos la consecuencia y no la causa, los resultados subsiguientes conducen a conclusiones falsas, equivocaciones y clientes insatisfechos, mientras que identificar las causas originales nos lleva a conclusiones precisas, solución de problemas y clientes satisfechos. Por lo tanto, pasaremos a estudiar las características de las causas originales y de las consecuencias (o efectos).

¿Cuándo y donde debemos hacer el análisis de fallas y quien debe supervisar el trabajo para asegurar que se hace bien todas las veces?

El análisis de fallas se realiza mejor inmediatamente después de notar un problema y mientras los detalles están todavía frescos. Se debe hacer en el lugar de aplicación o cerca de este, y lo debe dirigir el Analista de Fallas. El personal de la fábrica, el del distribuidor y el del cliente deben recopilar los datos y ayudar al Analista de Fallas según lo solicite.

El Analista de Fallas debe enfocar el análisis pormenorizado y lógico siguiendo los ocho pasos que se aplican al análisis de fallas. Cada paso tiene un

propósito importante y se debe investigar y comprobar antes de continuar con el paso siguiente. La omisión de cualquier paso a veces conduce a análisis inexactos, equivocaciones y clientes insatisfechos.

Realizando un repaso de los cinco primeros pasos aplicados al Análisis de Fallas, tenemos:

El primer paso es "Definir el problema de manera clara y exacta", para lo cual necesitamos tener el cuadro exacto de cual es en realidad el problema y escribir los detalles concisamente y con claridad.

Podemos decir que este paso consiste en enfocar el área afectada. Las manifestaciones de problemas usualmente describen los resultados de las fallas. Nuestra meta final con los pasos subsiguientes debe ser identificar la causa original del problema.

Por ejemplo, si se ha separado una cabeza de válvula del motor de su vástago y se ha caído en el cilindro número dos, la declaración del problema debe ser "Cabeza de válvula de escape caída en el cilindro número 2." Ahora estamos listos para empezar nuestra búsqueda de la causa de la separación de la cabeza de válvula. Con mucha frecuencia no se continúan los trabajos de investigación y después la manifestación del problema se utiliza como la causa original. Cuando esto sucede, por lo general se repiten las fallas.

El segundo paso es "Organizar nuestros pensamientos en preparación de la recopilación de hechos". Es más fácil y más rápido acumular datos o hechos si pensarnos en las razones lógicas del problema y buscamos primeramente los

hechos en esta área. Después debemos anotar las áreas lógicas de las cuales deseamos acumular hechos, enumerando primero las áreas donde, con más probabilidad, podríamos encontrar la causa principal. Cuando la lista que escribimos este completa, estaremos listos para pedir a otros miembros del equipo que nos ayuden a reunir los hechos. Como este paso precede al de mayor inversión de tiempo y materiales, hay que completarlo cuidadosamente.

Si no tenemos cuidado durante este proceso, podemos usar una "idea preconcebida" o decir automáticamente que conocemos la causa original de la falla porque vimos resultados exactamente como estos la semana pasada, los cuales identificamos entonces como la causa original. Es peligroso aplicar ideas preconcebidas porque diferentes causas originales pueden producir efectos similares.

¿Cuántas causas principales puede haber para que se produzca la desviación de un cojinete? ¿Para la fractura del cigüeñal? ¿Para que una válvula se caiga en un cilindro?

Las ideas preconcebidas pueden llevarnos por el camino equivocado de la investigación y deben evitarse cuidadosamente. Al implementar el paso dos también debemos pensar que la falla puede haber ocurrido varias semanas o tal vez meses después de haberse manifestado la causa original. Por ejemplo, si hay un problema en el sistema de enfriamiento, en corto tiempo puede recalentar el motor, dañar los pistones, y después de reparar no se produce una falla inmediata. El cliente puede después hacer funcionar el motor con pistones dañados durante varios días o semanas antes de producirse la falla de los

pistones. Debiéramos planear la recopilación de datos de los hechos ocurridos dos o tres meses atrás, cuando las causas originales no eran todavía obvias.

Antes de recolectar y anotar los datos, debemos estar conscientes que podemos recibir información ilegítima. La información que a menudo recibimos puede ser de cinco tipos diferentes:

1. Falsa - siempre equivocada
2. Suposiciones - a menudo equivocadas
3. Opiniones - considere la credibilidad de la fuente
4. Corazonadas - conducen a exageraciones y errores
5. HECHOS - son los datos reales que buscamos.

Debemos estar siempre preparados para:

- Insistir en obtener datos sobre hechos u ocurrencias en áreas importantes,
- Preguntarnos constantemente: "¿Estoy recibiendo y anotando los datos?"
- Haga preguntas que analicen cualitativa y cuantitativamente para asegurar que está dando en el blanco con los hechos. Por ejemplo, si pregunta simplemente: "¿Había aceite en el cárter?", "Es menos exacto que preguntar "¿Qué cantidad de aceite?" Y, además "¿Qué aspecto tenía el aceite?" Cuando obtenemos información ilegítima, por lo general se producen confusiones ineficiencia, reparaciones erróneas, facturas equivocadas y clientes insatisfechos.

Por tanto, el paso 2 “Organizar nuestros pensamientos en preparación de la recopilación de hechos” es un paso muy importante en el proceso del análisis de fallas.

El tercer paso es “Observar y recopilar los hechos”. En los problemas difíciles, el gerente de servicio puede solicitar obtener datos de fuentes fidedignas para reducir la posibilidad de errores en la comunicación. En la mayoría de los casos, sin embargo, el Analista de Fallas no podrá reunir personalmente todos los datos, por lo que debe confiar en los demás.

Los hechos o datos se deben observar después de limpiar adecuadamente las piezas de toda materia extraña. La limpieza debe hacerse suavemente con un cepillo de cerdas duras y solventes, no con abrasivos ni con sustancias químicamente corrosivas.

Una buena lámpara, una lupa y personal capacitado son también esenciales. Los datos se deben anotar escribiendo, fotografiando o grabando un video. Los archivos del distribuidor deben contener datos obtenidos y clasificados en forma ordenada durante el proceso.

Los datos se documentan con mayor facilidad si nos preparamos de antemano. Este es un ejemplo de cómo organizar el equipo necesario. Artículos como papel y lapicero, cámara digital y memoria, linterna y baterías extras, lupa, herramienta para cortar filtros de aceite, punzón, marcador negro y un imán nos ayudaran a identificar y documentar los hechos con más facilidad.

Otros equipos, tales como un microscopio binocular con objetivo de distancia focal regulable y lentes de ampliación con cámara de 35 mm son extremadamente útiles para documentar datos o evidencias pequeñas de piezas dañadas.

El equipo mínimo para documentar estos datos debe estar constituido por una cámara de 35 mm, una lupa, papel, lapicero y punzón. Sugerimos que el papel de anotaciones este sujeto por argollas o contenido en una libreta o carpeta para evitar que se pierda o se mezcle esta información con otras.

El cuarto paso es "Pensar lógicamente con base en los hechos". Pensar con base en los hechos puede acortar el proceso de análisis de fallas e impartirle más precisión. Al ponerle "etiquetas de identificación" a los hechos determinamos lo que ha pasado y hacia donde debemos dirigirnos a continuación. Veamos una de las maneras de pensar lógicamente al analizar los datos.

Reunir los datos o hechos en las áreas planeadas nos ayuda a depurar o a eliminar datos, separando los resultados y dejando solo los que, en nuestra opinión, son causas originales. Veamos tres depuraciones o "filtraciones" básicas que se usan con frecuencia.

La primera "filtración" consiste en examinar las piezas falladas para determinar si sugieren una causa original o un resultado. Las piezas dañadas presentan clara evidencia que nos dicen si son la causa principal o el resultado. Cuando encontramos una causa original, todos los daños se pueden explicar

lógicamente. Cuando obtenemos un resultado, algunos daños permanecen sin explicarse.

La segunda "filtración" consiste en observar el "patrón" que sigue el problema. El patrón puede ser continuo, periódico o esporádico.

Un patrón continuo muestra un problema que está constantemente presente en todas las condiciones. Una vez que identificamos un patrón continuo, nos sugiere cierto número de causas originales que podrían causar mal funcionamiento continuado. Esto reduce las áreas en las cuales debemos acumular datos y nos conduce más rápidamente a la causa principal correcta. Las causas originales que presentan problemas continuados son por lo general de naturaleza mecánica.

Un patrón periódico muestra un problema que está presente solo bajo ciertas condiciones y que el producto opera normalmente el resto del tiempo. Un patrón periódico nos sugiere - a diferencia de un patrón continuo - un conjunto diferente de causas originales lógicas y nos conduce a diferentes áreas en la recolección de datos. Los problemas periódicos son por lo general el resultado de temperaturas, combustible, tiempo o condiciones de operación rigurosas.

Un patrón esporádico muestra que el problema se presenta irregularmente y al azar. Los problemas esporádicos son los más difíciles de resolver porque la razón para que se produzcan no está fácilmente identificada. Con más información, un patrón esporádico a veces se puede reclasificar como periódico.

Las condiciones irregulares tales como terreno blando, clima frío o caliente, humedad etc., pueden causar patrones esporádicos.

La tercera "filtración" es determinar la tendencia del problema. Las tendencias pueden ser:

- Estable - La severidad del problema permanece igual, ni mejor ni peor.
- Más severa - El problema se vuelve más severo.
- Menos severas - El problema se vuelve menos severo.

Como repaso, estas tres filtraciones básicas (de la causa original o resultado, del patrón y de la tendencia) pueden ser muy útiles al clasificar problemas para que nos guíen al área que contiene la causa principal.

El quinto paso en la aplicación del análisis de fallas es "Identificar la causa real más probable de la falla". Este paso consiste en hacer una lista de las causas originales posibles que pudieran producir el problema, comenzando con la causa original más probable y terminando con la causa original menos probable.

Después, debiéramos comparar cada una de las posibles causas originales con la declaración del problema y los hechos. Cuando se considere la causa original correcta, todos los hechos "calzarán" entre sí y se identificara el problema.

Si ninguna de las posibles causas originales se relaciona con los "hechos," la causa original correcta puede que no haya aparecido en la lista, la declaración del problema puede haber estado equivocada, o se pueden haber recopilado datos erróneos. En este caso es necesario volver a comprobar la lista de

causas originales, la declaración del problema y los datos acumulados. Y esto ayuda, por lo general, si también consultamos con otros miembros del equipo de análisis de fallas y obtenemos sus ideas de como continuar el análisis.

Una vez que se identifica la causa original, por lo general es fácil encontrar quien fue responsable de que se produjera la falla. Tanto el cliente, como el distribuidor o la fábrica pueden haber hecho cosas que hayan producido la falla, aunque la mayoría se debe a errores cometidos por los clientes.

Después de determinar la causa original más probable y quien - según nuestra opinión - es responsable por la misma, debemos comprobar por segunda vez preguntándonos: "¿Es posible que la falla haya sido causada por la otra parte?".

Debemos hacer una lista de las posibilidades y buscar los datos acumulados (incluso la pieza que ha fallado) para comprobar cada una de dichas posibilidades. La "doble comprobación" nos ayuda a considerar las posibilidades de la causa original que se hayan pasado por alto. Después de haber vuelto a comprobar cuidadosamente, estamos listos para dar nuestra opinión sobre la causa original más probable y de la parte responsable.

4.2 FUNDAMENTOS DE LA INSPECCIÓN VISUAL.

Una buena inspección visual merece atención especial, porque es básica para determinar la causa original del problema.

Al examinar con la vista las piezas, vamos descubriendo los tipos de desgaste y de fracturas, los puntos donde se han iniciado las grietas, los concentradores de esfuerzos, las temperaturas alcanzadas, las cargas, los daños causados por

abuso en la utilización, identificación del fabricante, fecha de fabricación, evidencia de reparaciones, etcétera.

Las piezas inspeccionadas reproducen visualmente el medio en que se fabricaron, instalaron y usaron. Toda esta información y los antecedentes correspondientes, nos permiten ir a otras fuentes de datos que, de lo contrario, no tendríamos en cuenta.

En este subcapítulo se aprenderá el método para llevar a cabo una inspección visual y comprobaremos cómo esto nos ayuda a cumplir el tercer paso (observar y recopilar los hechos) de los ocho pasos aplicables al análisis de fallas:

Como la inspección visual es tan importante en el análisis de fallas, hemos establecido un procedimiento que nos asegura la búsqueda, identificación y registro de los datos pertinentes al equipo y a las piezas. Este procedimiento comprende:

1. Recopilar antecedentes,
2. Obtener, identificar y proteger las piezas relacionadas con la falla,
3. Limpiar bien las piezas,
4. Usar buena luz,
5. Hacer un examen visual,
6. Examinar todas las superficies,

7. Mirar con lupa,
8. Determinar y anotar lo sucedido,
9. Proteger las piezas antes de guardarlas.

Veamos detenidamente cada paso.

Antes de examinar las piezas, se deben obtener hechos relacionados. Los operadores, los mecánicos, los registros de mantenimiento del dueño del equipo, los registros de mantenimiento del proveedor del equipo, etcétera.

Es importante preguntar ¿Cuánto refrigerante había en el sistema de enfriamiento? ¿Qué aspecto tenía el refrigerante? ¿Los registros indican problemas previos? Y ¿Últimamente hubo reparaciones o se instalaron piezas nuevas?

A medida que vamos obteniendo datos debemos preguntarnos si esa información es CORRECTA. Para determinar cuál es la causa original más probable de una falla necesitamos tener hechos y la información que obtengamos examinando las piezas. Además de los hechos, debemos obtener las piezas relacionadas con la falla del equipo, y luego identificarlas y protegerlas.

Las piezas relacionadas comprenden solo las piezas que fallaron (fig.4.1). Por ejemplo, si sólo tenemos este cojinete con señales de fundido en la cara del desgaste, no se puede saber si había un problema general del sistema de

lubricación o si el cojinete causó la falla, y es posible que culpemos sin razón al cojinete como defectuoso. Por ello, debemos reunir otras piezas afectadas por el mismo sistema de lubricación (fig. 4.2) antes de que se desordenen, dañen o pierdan.

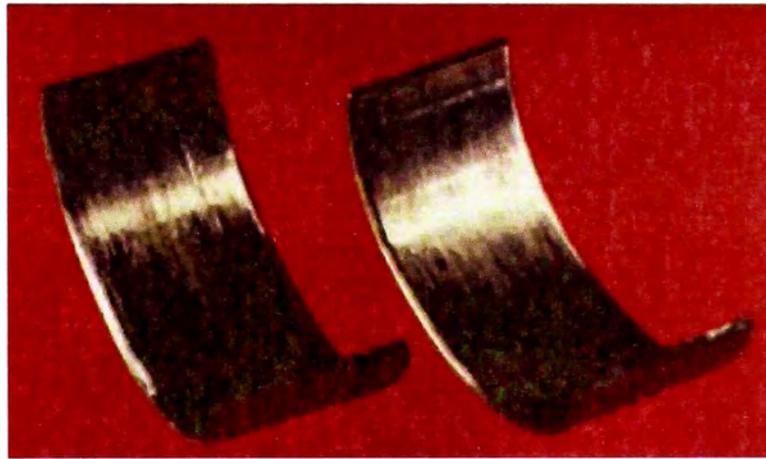


FIG. 4.1. Cojinetes de motor más afectados por la falla.

Al comparar estos cojinetes entre sí, es obvio que en algún momento hubo problema del sistema de lubricación. La franja más oscura y pulida en el centro de cada cojinete no fallado dice que el sistema funcionó con falta de aceite. La tarea ahora es reunir más hechos que señalen el origen del problema del sistema de lubricación. El ejemplo anterior muestra cómo los indicios nos conducen a las piezas relacionadas y antecedentes correspondientes.

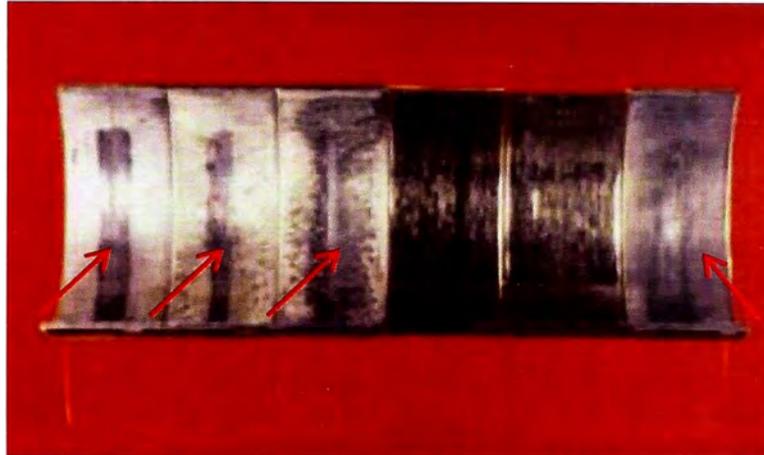


FIG. 4.2. Conjunto completo de cojinetes del motor que falló.

El mejor lugar para conseguir las piezas y los hechos relacionados es el lugar donde se produjo la falla. Una vez que las piezas se sacan, es más difícil obtener hechos y estado del sistema. Por lo tanto, antes de sacar las piezas del lugar de trabajo, debemos tratar de conseguir inmediatamente los antecedentes y juntar todas las piezas rotas en un área central protegida.

Las piezas se deben identificar y rotular a medida que las vamos desarmando. Es importante numerarlas, indicando cuál es el lado derecho, izquierdo, anterior o posterior, etc. Esta información puede hacerse con marcadores indelebiles, lápiz, cinta adhesiva o rayando la superficie metálica (fig.4.3). La identificación nos dice dónde y cómo van instaladas las piezas y nos ayudan a comprender lo que las piezas quieren decirnos acerca de las condiciones de uso.



FIG. 4.3. Ejemplo de marcación de pieza (Cojinete de biela de motor)

Al sacarlas, las piezas se deben proteger, ya que si se las manipula, guarda o transporta sin cuidado se pueden dañar. El daño elimina indicios que sirven para determinar los puntos de iniciación de grietas, los tipos de desgaste, etc. Esto se puede impedir tratando de que:

No se golpeen unas contra otras al desarmar,

Protegiéndolas contra la corrosión, y

Empaquetándolas individualmente para que no se rocen o se toquen entre si durante el transporte.

Estas piezas se desmontaron y se guardaron sin ningún cuidado (fig.4.4). Los cojinetes del motor se sacaron sin determinar su ubicación y se tiraron descuidadamente en una caja con otras piezas sueltas. Después se transportaron tal como estaban y el roce y choque entre las piezas produjeron otros daños. En este caso, el encargado de examinarlas no puede obtener los datos necesarios de estas piezas.



FIG.4.4. Piezas relacionadas con una falla que se desmontaron y guardaron sin ningún cuidado.

Siempre que sea posible, las piezas se deben guardar hasta el momento de la inspección, en el estado en que se encuentren al desarmar. Si están engrasadas o aceitadas, la oxidación se retardará. Las otras piezas se deben aceitar o engrasar para impedir que se corroan (fig.4.5).



FIG.4.5. Aceitado de tapa de biela de motor

Por ejemplo, este cigüeñal (fig. 4.6) no ha sido protegido contra la corrosión y estuvo a la intemperie durante varios días antes de hacerle la inspección. La excesiva oxidación que se produjo nos impidió obtener datos sobre el desgaste en la superficie de los muñones.



FIG.4.6. Muñón de cigüeñal con excesiva corrosión.

Aunque muchas piezas pueden y deberían examinarse como quedan al ser desarmadas, otras puede que necesiten limpieza para quitarles los contaminantes o el producto anticorrosivo que se les puso anteriormente.

En tales casos, la mejor manera de limpiarlas es con un cepillo de cerda blanda y un disolvente suave que seque rápidamente (fig.4.7). Se debe prestar mucha atención para no sacar los depósitos o acumulaciones de las superficies desgastadas, porque pueden ser importantes para saber la fuente de contaminación que produjo el desgaste .Las piezas pueden secarse con un paño suave o con aire a baja presión. No se deben frotar ni refregar hasta que queden limpias porque esto puede dañar las superficies de desgaste o quitar

los depósitos formados con el desgaste. Es muy importante SECAR CON UN PAÑO O CON AIRE; NUNCA REFREGAR.

En el análisis de las fallas, hay que evitar también limpiadores ácidos, alcalinos o abrasivos y cepillos de alambre o arena soplada (arenado).



FIG.4.7. Pistón de motor siendo limpiado con una brocha de cerdas blandas.

Este pistón de la fig. 4.8 se limpió con arena soplada. Muchos hechos que pudieran darnos la clave de la falla se perdieron.

Por ejemplo, no se puede saber el tipo de desgaste porque los abrasivos borraron los indicios, las temperaturas de operación no se pueden determinar porque no hay manchas y las condiciones de operación no se saben porque ya no hay depósitos en la corona.

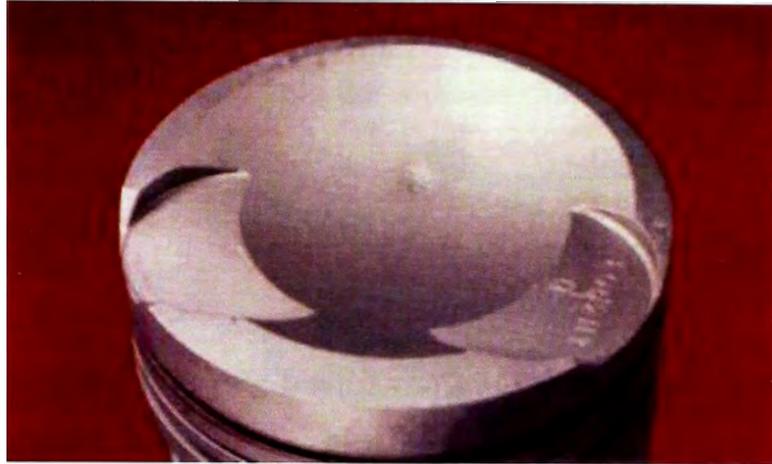


FIG.4.8. Pistón de motor limpiado mediante un arenado.

Una vez que las piezas estén debidamente desarmadas, limpias y marcadas, es oportuno identificar y anotar los datos hallados. Identificar los datos es más fácil si nos acordamos de:

1. Usar buena luz
2. Hacer un examen visual
3. Examinar todas las superficies
4. Mirar con una lupa

Para obtener datos es importante que haya buena luz. La luz debe ser intensa, pero es igualmente importante que los rayos luminosos caigan oblicuamente para que se produzcan sombras y contrastes en la superficie de las piezas creando una perspectiva tridimensional.

Para crear mejores contrastes, podemos mover la pieza o mover la fuente de luz. En ciertas posiciones es posible ver indicios que iluminados de otra manera pasarían desapercibidos. Por lo tanto para ver las superficies desde los diferentes ángulos, es útil hacer girar la pieza debajo de una luz intensa.

Este cuerpo de pistón está muy bien iluminado (fig.4.9), pero el ángulo de los rayos de luz no nos permite ver muchos detalles.



FIG. 4.9. Cuerpo de pistón iluminado

Aquí vemos el mismo cuerpo de pistón (fig.4.10) bajo iluminación diferente que permite crear sombras y contrastes. El desgaste por abrasión y las marcas de fresado se ven muy claramente y pueden identificarse sin dificultad.

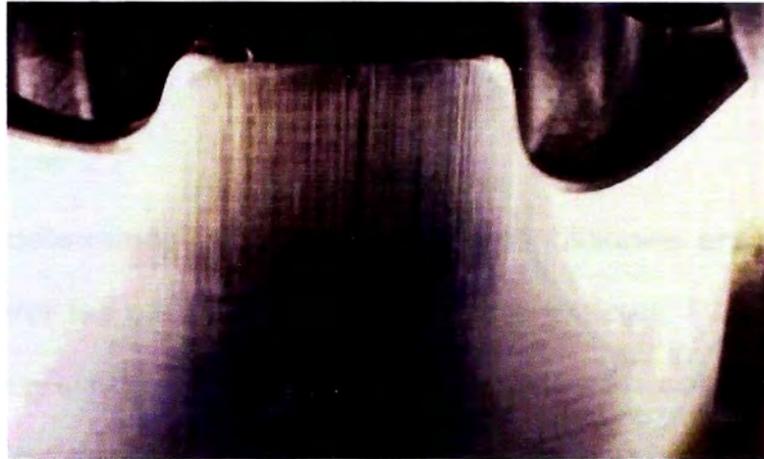


FIG.4.10. Cuerpo de pistón iluminado con un ángulo diferente de luz.

Con las piezas limpias e iluminadas podemos hacer una simple inspección visual. Como dijimos antes, las piezas reproducen visualmente las condiciones de uso, si analizamos cuidadosamente los indicios de desgaste o de fracturas. A medida que comprendemos las circunstancias "vivas" por cada pieza, nos vamos acercando a la causa principal de la falla. Ejemplos de indicios que debemos buscar son:

- Ubicación y tipo general de desgaste y fractura,
- Manchado,
- Deformación,
- Depósitos,
- Concentradores de esfuerzo,
- Puntos de iniciación de grietas,
- evidencia de reparaciones, de abuso o de avería,
- proveedor,

fecha de fabricación,
etc.

Para tratar de determinar cuáles fueron las condiciones anormales de uso, conviene comparar las piezas dañadas con otras intactas. Para esto, podemos usar piezas nuevas o piezas que han sido usadas en condiciones normales (fig.4.11). Las piezas usadas y que no han fallado nos dan una idea de la descoloración, el desgaste y los depósitos que se producen con el uso corriente. A partir de esto podemos interpretar mejor los indicios que contienen las piezas dañadas.



FIG. 4.11. Comparativo de guías de válvulas de motor.

Esos indicios pueden encontrarse en cualquier pieza. No deje de examinar todas las superficies cuando haga la inspección visual. Observe todas las áreas de desgaste y las caras de las fracturas y mire detenidamente la parte superior, inferior e interna de la pieza. Haga también una inspección de la parte posterior y anterior, y desmonte las caras que encajan entre sí. No olvide que es

importante trabajar con buena iluminación y encontrar el mejor ángulo de contraste.

Durante la inspección visual, debemos tratar de encontrar las marcas más corrientes, por ejemplo: la marca registrada, los códigos con la fecha de manufactura y con el troquel de forja, códigos de temperatura, de identificación del abastecedor, el sello del reacondicionador, etc. Es posible que no comprendamos el significado de esas marcas, pero si necesitamos saberlo, seguramente alguien nos lo dará.

Como sucede en nuestro mercado muchas veces se instalan piezas no genuinas o de baja calidad, por lo que debemos buscar la marca registrada para asegurarnos de que la pieza es auténtica (fig.4.12). Los fabricantes alternativos pueden usar los códigos o números de parte de las piezas originales, pero no pueden legalmente utilizar una marca registrada.

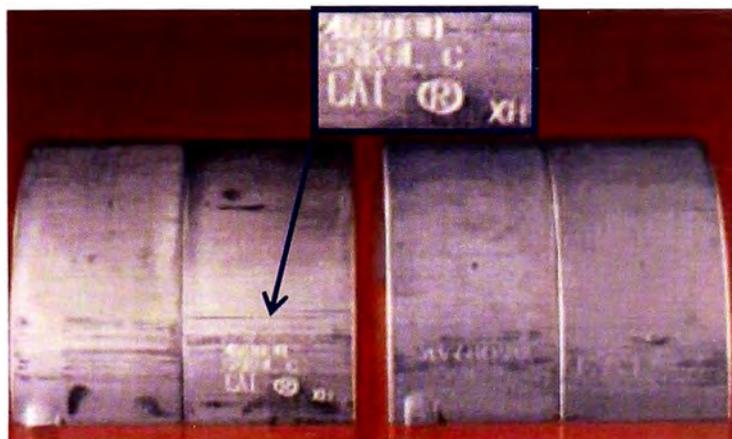


FIG.4.12. Identificación de un cojinete de biela de motor.

Con frecuencia los abastecedores ponen la fecha de fabricación en código; el sistema de codificación se denomina "NUMERAL KOD". Ciertas piezas, como pistones, cojinetes, filtros de aceite y componentes de fundición llevan este código estampado o moldeado. La clave para descifrarlo se muestra en la fig.4.13.

N	U	M	E	R	A	L	K	○	D
D	1	2	3	4	5	6	7	8	9

FIG.4.13. Sistema de codificación NUMERAL KOD

La fecha puede estar codificada en series de cuatro o seis letras. Cuando se usan seis, las dos primeras corresponden al día, las dos de en medio al mes y las dos últimas al año. Cuando se usan sólo cuatro letras, las dos primeras corresponden al mes y las dos últimas al año.

El código de fecha del pistón de la fig. 4.14 (UM UN KD) revela que la fundición se hizo el 12 de octubre de 1979. (El día es UM = 12, el mes es UN = 10 y el año es KD = 79).



FIG. 4.14. Pistón fracturado con código UM UN KD

Saber la fecha en que se fabricó la pieza puede ser útil para deducir que:

1. Se han hecho reparaciones, si vemos que las piezas son más nuevas que el equipo;
2. Las piezas son las originales, si nos han dicho que las piezas habían sido cambiadas y tienen una fecha más antigua que la del equipo. Sin embargo, en este caso hay que tener en cuenta que algunas veces las piezas nuevas pueden permanecer varios años en inventario; por eso, es importante averiguar también si esto puede haber ocurrido.

Piezas forjadas, como cigüeñales, bielas (fig. 4.15) y engranajes no llevan fecha. Las letras que tienen (por lo general entre dos y siete) identifican el forjador, el troquel de forja y el código de tratamiento térmico del acero. Esta biela tiene los siguientes códigos:

1. Abastecedor (dos letras: AJ).
2. Troquel (dos letras: EN).
3. Código de tratamiento térmico del acero (tres letras: URL).

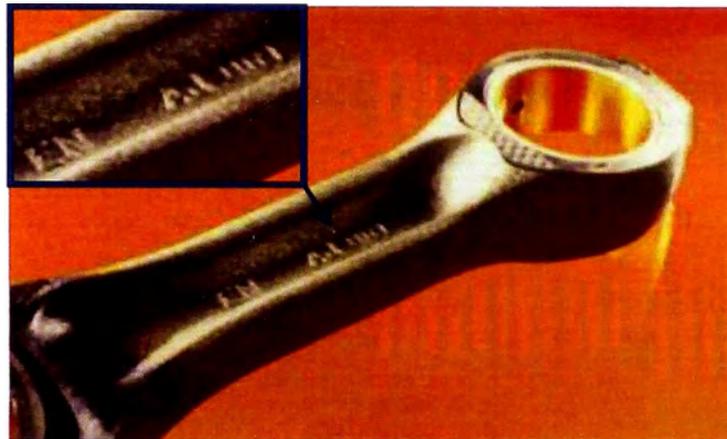


FIG.4.15. Códigos en alto relieve de biela forjada.

Las piezas pueden tener además los símbolos del abastecedor u otras marcas de identificación, los sellos del reacondicionador y los códigos que indican el lote al que pertenece la pieza. Las referencias son muchas y variadas y no es posible dar una lista completa. Lo único que necesitamos saber es que todas ellas tienen un significado y asegurarnos de que anotamos su código cuando sospechamos que la pieza es la causa principal de la falla del equipo. Siempre es posible descifrar el significado más tarde, si es necesario.

Si al realizarse la inspección visual simple encontramos un área particularmente interesante, es posible que sea necesario observarla con mayor detenimiento. Los puntos de iniciación de las fracturas, las materias extrañas y los

concentradores de esfuerzos pueden verse mucho mejor, si los observamos con una lupa.

Por ejemplo, la fractura del perno mostrado en la figura 4.16 tiene el "oleaje" típico de una grieta por fatiga. Ese "oleaje" nos lleva al punto de iniciación de la grieta, situado al costado del vástago. Eso es todo lo que se puede observar a simple vista.



FIG.4.16. Perno fracturado

Sin embargo, si ampliamos la imagen vemos una depresión anormal del lado del vástago, donde se inició la grieta por fatiga (fig. 4.17). Esa depresión parece que se debe a un abuso o a un daño determinado. Esto nos lleva a buscar la causa del daño. ¿Se repararon antes estos pernos? ¿O se cambiaron en el último reacondicionamiento? ¿O estuvieron guardados durante dicho reacondicionamiento?

Para observar los detalles es muy importante usar una lupa y una luz intensa, buscando los mejores ángulos.



FIG.4.17. Ampliación de la cara de fractura del perno.

La amplificación que resulta más útil para el examen visual es de 10x a 20x para lo cual se utiliza una lupa (fig.4.18).



FIG.4.18. Lupa

Pero una herramienta aún más útil para observar los detalles de fractura y desgaste es el estereoscopio de 10x a 70x con distancia focal variable (fig. 4.19). Comparado con la lupa, este aparato tiene la ventaja de suministrar:

1. Campo visual más amplio,
2. Mayor amplificación, y
3. Profundidad de campo que permite ver mejor las irregularidades de la superficie.



FIG.4.19. Estereoscopio.

Es importante anotar en un cuaderno los datos, los indicios, las marcas de identificación y las claves, que vamos encontrando, o fotografiarlos con una cámara o grabarlos. De este modo mantenemos un registro completo de lo que hayamos descubierto, lo que podría servirnos en las etapas posteriores del análisis de fallas o en las reuniones con el cliente.

Después de haber terminado la inspección de las piezas es esencial volver a protegerlas antes de guardarlas o de transportarlas. Las piezas limpias se herrumbran rápidamente, por eso deberíamos aceitarlas o colocarles productos anticorrosivos. Asimismo es necesario protegerlas para que no se dañen, envolviéndolas individualmente con materiales adecuados.

Al proteger las piezas guardamos la evidencia, las claves y los indicios hasta que volvamos a necesitarlos.

4.3 FUNDAMENTOS DE DESGASTES.

Al observar las piezas desgastadas, es necesario que determinemos y anotemos dónde se encuentra el desgaste, qué tipo de desgaste se ha producido y qué carga lo ha ocasionado.

Por ejemplo: un desgaste descentrado puede sugerir que las piezas están desalineadas o dobladas; el desgaste se va acumulando y las picaduras indican cierto movimiento de las superficies. La inspección con lupa de las áreas desgastadas puede ayudarnos a reconocer las diferentes formas de desgaste.

Como las formas de desgaste dependen de la carga, la identificación de configuraciones anormales de desgaste nos puede guiar a la identificación de condiciones de carga perjudiciales.

Los datos que obtengamos no deben guardarse en la memoria, sino meticulosamente en el papel, para que el grupo que hace el análisis de fallas pueda utilizarlas.

Hay muchos tipos de desgaste, pero los siete que damos a continuación son los más comunes:

Por abrasión.

Por adherencia.

Erosión.

Erosión por cavitación.

Corrosión.

Fatiga por contacto.

Desportillamiento por rozadura.

Cada uno de ellos tiene su propia apariencia y proviene de condiciones específicas. Por lo tanto, al reconocer un tipo determinado de desgaste, estamos reconociendo indirectamente las condiciones que lo causaron.

Explicaremos brevemente algunos de ellos:

Desgaste por Abrasión

El desgaste por abrasión es el más común. Se produce cuando partículas duras y más grandes que la película de lubricante se introducen entre dos superficies móviles. Esas partículas cortan las superficies blandas, las rayan y producen desechos secundarios. Las superficies duras no se cortan tan fácilmente, pero al rozar con los desechos pueden generar más calor. Con buena lubricación se disipa el calor generado y se produce poca elevación del calor en las superficies.

Si el desgaste por abrasión aumenta, las superficies se ponen ásperas, pueden entrar en contacto, a pesar del lubricante, y generar más calor del que éste puede enfriar. Esto ocasionará desgaste secundario por adherencia. La persona que examine la pieza deberá hacerlo cuidadosamente para distinguir el desgaste secundario por adherencia y el que se origina por abrasión.



FIG.4.20. Desgaste abrasivo.

Ejemplos de partículas abrasivas son las virutas de acero y aluminio (fig. 4.21), la arena para machos, restos de pintura, suciedad y otras materias extrañas. Si esas partículas son grandes, es posible que se hayan producido durante la fabricación, el mantenimiento o las reparaciones. Si son pequeñas, pueden haber entrado durante la operación o por un mantenimiento inadecuado. El desgaste por abrasión se determina fácilmente, pero lo que se busca es la causa, es decir "¿Qué tipo de desechos son y de dónde provienen?" Por lo tanto, en un análisis del desgaste por abrasión es muy importante tener todos los datos sobre las partículas abrasivas, porque esto nos lleva a su origen y a comunicarnos con el miembro del equipo responsable de la falla.

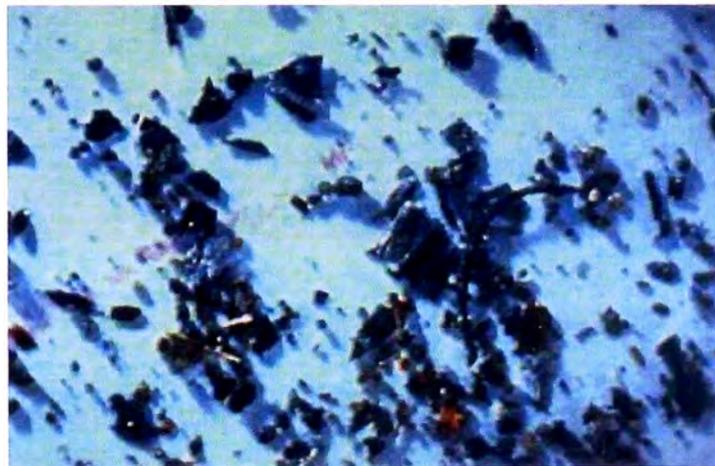


FIG. 4.21. Ejemplo de partículas abrasivas.

La superficie blanda de este cojinete de biela no sólo está rayada profundamente y con partículas duras incrustadas, sino que tiene incrustados desechos secundarios.

El cojinete principal contiguo a éste no se dañó (ver fig.4.22). Por lo tanto, los residuos deben haber quedado en los conductos de lubricación al perforar el cigüeñal o en el cojinete mientras se armaba. El personal que examine la pieza deberá sacar algunas de las partículas duras que están incrustadas y anotar su tamaño, forma, propiedades magnéticas y color. Por lo general, estos datos son suficientes para determinar de dónde provienen los desechos o para ponernos a buscar datos en otra dirección.

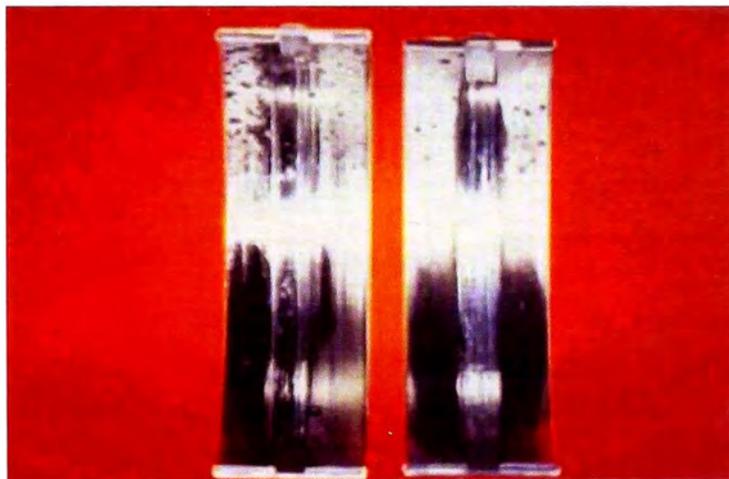


FIG. 4.22. Cojinetes de motor contiguos.

Las partículas de desgaste no se incrustan fácilmente en las superficies duras, pero pueden producir ralladuras por abrasión. En la figura 4.23 vemos un ejemplo de esto en un anillo superior de un pistón. Empecemos por lo más importante y preguntemos “¿Qué apariencia tiene actualmente el anillo?”, “¿Qué apariencia tenía originariamente?”, “¿Cuál es el grado de desgaste?”, “¿Cuánto tiempo hace que el anillo está en uso?” y “¿Entraron materias extrañas en el sistema de admisión de aire o en alguna otra parte?” Si los otros

anillos superiores están en condiciones similares, es posible que haya una contaminación en el sistema de admisión de aire y deberíamos buscar allí datos de entrada de suciedad. Es necesario anotar el tamaño, la forma, ubicación y frecuencia de las ralladuras. También debemos examinar otras piezas que pudieran haber estado expuestas a materiales abrasivos y anotar todos los datos obtenidos durante ese examen.



FIG. 4.23. Anillo superior de pistón

Desgaste por Adherencia

El desgaste por adherencia es el que más rápido se desarrolla. Se produce cuando dos superficies móviles entran en contacto sin adecuada lubricación ni refrigeración. Al rozar una con la otra, generan calor por fricción, elevan la temperatura de la superficie hasta el punto de fusión y se adhieren.



FIG. 4.24. Desgaste Adhesivo

Cuando la superficie más débil aparece pulida o manchada, estamos frente al primer indicio de desgaste por adherencia. Si hay manchas, quiere decir que la superficie ha alcanzado temperaturas de fusión. Recordemos, sin embargo, que debido a la conducción del calor, al entrar en los niveles más profundos del metal, las temperaturas descienden rápidamente y la fusión se produce sólo en las capas superficiales. Si varias piezas tienen manchas de adherencia, es necesario buscar las causas en los sistemas. Los indicios quedan grabados en las piezas y nos llevan a los problemas que tiene el cliente.

Los cojinetes de la figura 4.25 funcionaron durante cinco minutos sin presión de aceite, produciéndose daño permanente por adherencia.

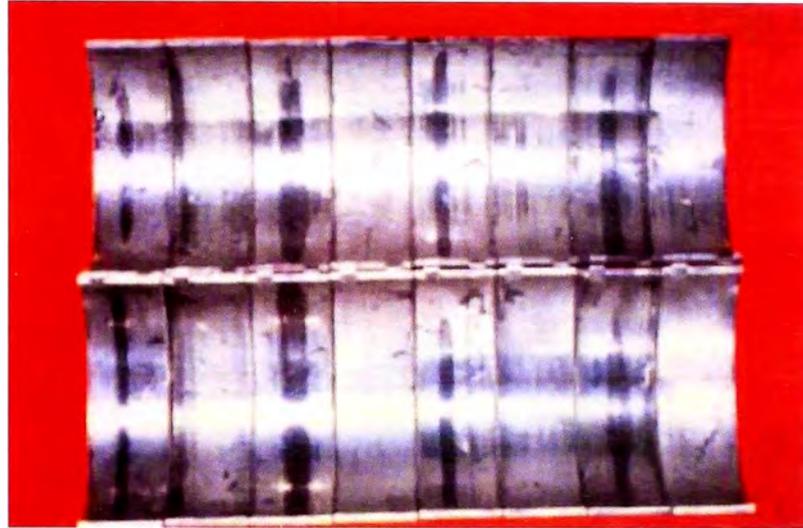


FIG. 4.25. Cojinetes con desgaste por adherencia.

A medida que avanza el desgaste, una de las superficies se atasca y se suelda a la otra, sacándole a la más blanda pedazos de metal. El faldón de pistón de la figura 4.26 se adhirió a la camisa del cilindro por lo que se rompieron las secciones recalentadas y debilitadas. Como no vemos atascamiento en el área de los anillos, sabemos que este desgaste comenzó en el faldón. Esto nos sugiere que examinemos los otros pistones y que reunamos datos sobre los sistemas y las condiciones que pudieron haber causado las altas temperaturas del faldón. Si los demás pistones están bien, hay que reunir datos sobre la lubricación y la refrigeración del pistón averiado.



FIG. 4.26. Faldón de pistón con desgaste por adherencia.

Si la pieza sigue funcionando, el desgaste por adherencia producirá temperatura de fusión que terminará por reducir la resistencia del metal y ocasionar una fractura. Aunque la pieza esté hecha pedazos, la limpieza cuidadosa, el orden y examen de los pedazos nos revelarán las causas. El pistón de la figura 4.27 funcionó hasta que se destruyó en un motor sin refrigerante.



FIG. 4.27. Pistón debilitado y fracturado.

Erosión

Se produce erosión cuando los fluidos de movimiento rápido acarrear partículas que chocan contra las superficies a alta velocidad y producen un impacto muy fino y daño por abrasión. Por lo general, la superficie desgastada tiene una apariencia granallada o sin brillo.

El desgaste por erosión ocurre en todos los sistemas del motor. Los filtros y los intervalos de cambio de filtros han sido diseñados con el fin de controlar el desgaste por erosión (y el desgaste por abrasión) para mantenerlo dentro de los límites aceptables. Cuando los clientes utilizan filtros de baja calidad pueden perder el control de desechos y de cuerpos extraños que se logra con los filtros de alta calidad. En consecuencia, se puede producir desgaste por erosión o por abrasión a límites inaceptables.

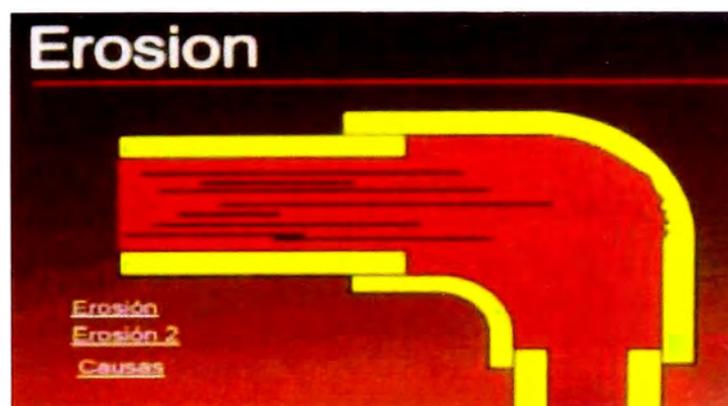


FIG. 4.28. Desgaste por erosión.

Si las piezas se rompen o se aflojan, el desgaste por erosión puede empezar rápidamente. En el ejemplo de la figura 4.29 se rompió el retén del pasador de

biela y las piezas flojas erosionaron gravemente el agujero para el pasador de biela. Al estudiar el daño, nótese que la erosión es peor en la parte superior del agujero. Esto se debe a la carga y al movimiento del pistón contra el retén roto (el movimiento descendente del pistón es más violento y súbito que el ascendente).

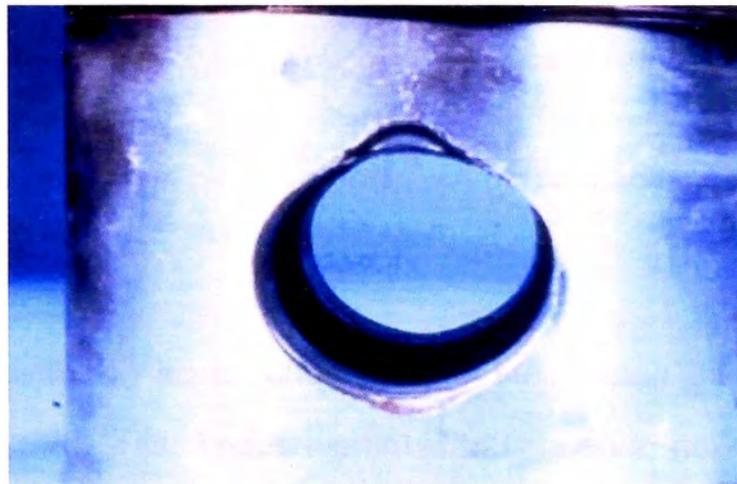


FIG. 4.29. Erosión en el agujero para pasador de biela.

En la fig. 4.30 vemos un caso de desgaste por erosión producido por la fractura de un anillo de pistón. Nótese nuevamente que el daño es mayor encima del anillo que debajo del mismo. Después de reunir los datos sobre el desgaste debemos estudiar las posibles causas de la fractura del anillo.

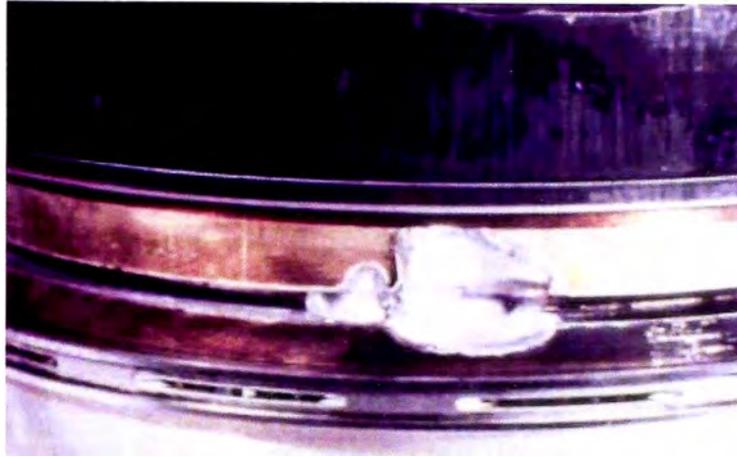


FIG. 4.30. Desgaste por erosión en ranura para anillo de pistón.

Erosión por Cavitación

La erosión por cavitación se produce cuando se rompen burbujas gaseosas contra superficies metálicas. Todos los líquidos contienen gases disueltos que forman burbujas en áreas de baja presión. En condiciones anormales de uso se pueden producir más burbujas gaseosas que las previstas. Cuando entran en las áreas de alta presión, las burbujas revientan por la presión produciendo un chorro de fluido que da contra la superficie metálica a velocidades supersónicas. Esto forma a veces grietas finas que se unen entre sí hasta que pequeñas partículas se desprenden dejando el metal con picaduras. Se pueden formar burbujas cuando:

1. Los líquidos llegan al punto de ebullición;
2. Los fluidos pasan por las cavidades con mucha rapidez (principio de Bernoulli);

3. Las piezas se mueven dentro de un fluido, creando áreas de baja presión (Ej.: vibración de una camisa de cilindro) ;
4. Las presiones estáticas del sistema son bajas (Ej.: tapa de radiador en mal estado, funcionamiento del motor a grandes alturas);
5. Las restricciones de admisión producen cavitación en la bomba de fluidos;
6. Las pérdidas en la línea de aspiración dejan entrar burbujas de aire;
7. Los bajos niveles del fluido producen aeración del mismo.

Estas condiciones son normales en los motores diesel y por lo general ocurren al mismo tiempo. En los sistemas de enfriamiento se usan acondicionadores para crear una capa de protección que impide a las burbujas entrar en contacto con los metales. Al tratar de determinar la causa principal de la erosión por cavitación, es importante recordar estos datos.

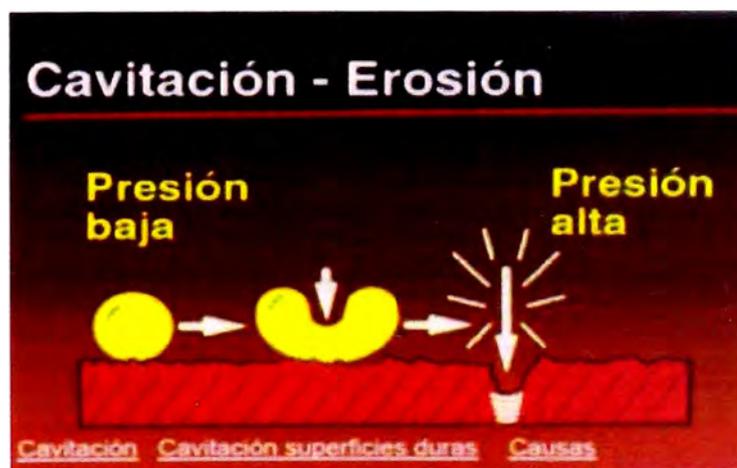


FIG.4.31. Erosión por Cavitación.

Los cojinetes usados de un motor suelen estar erosionados por cavitación (fig.4.32). La rotación del eje y la presión de los gases en los cojinetes de biela y cojinetes de bancada crean áreas de baja y alta presión (la 3ra. condición mencionada anteriormente). Las zonas de baja presión producen burbujas de vapor y las de alta presión hacen que esas burbujas exploten. Cuando esto ocurre, la superficie del metal sufre un esfuerzo y se desarrollan grietas finas que, una vez unidas, forman "picaduras". Las diferentes aplicaciones de los motores producirán distintos tipos de erosión por cavitación.

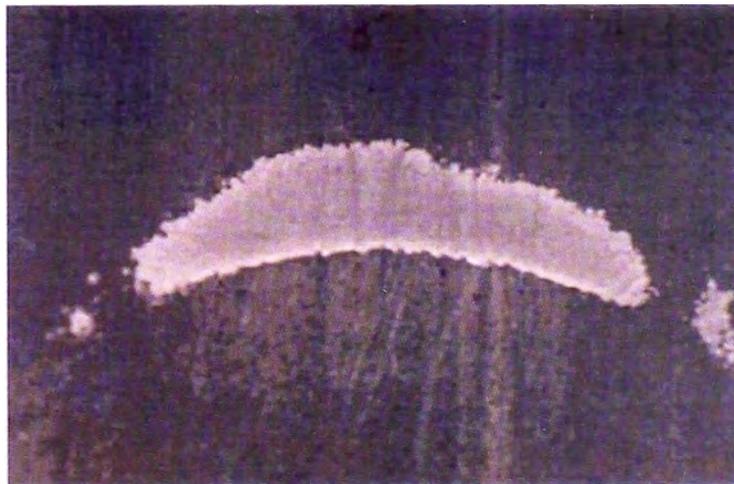


FIG. 4.32. Erosión por cavitación en semicasco superior de cojinete de biela.

Esa erosión puede dañar las cajas de aluminio de los sistemas de enfriamiento como en el ejemplo de la figura 4.33, especialmente si hay restricciones en la succión que reducen la presión y producen cavitación por los fluidos en el rodete de la bomba. Las burbujas se forman del lado de baja presión (succión) y revientan violentamente en el lado de presión alta (descarga).



FIG. 4.33. Caja de aluminio erosionada por cavitación.

Al agrandar la figura anterior en la zona señalada por la flecha roja (fig. 4.34), vemos una superficie centelleante, picada y como cristalizada, típica del aluminio fundido.

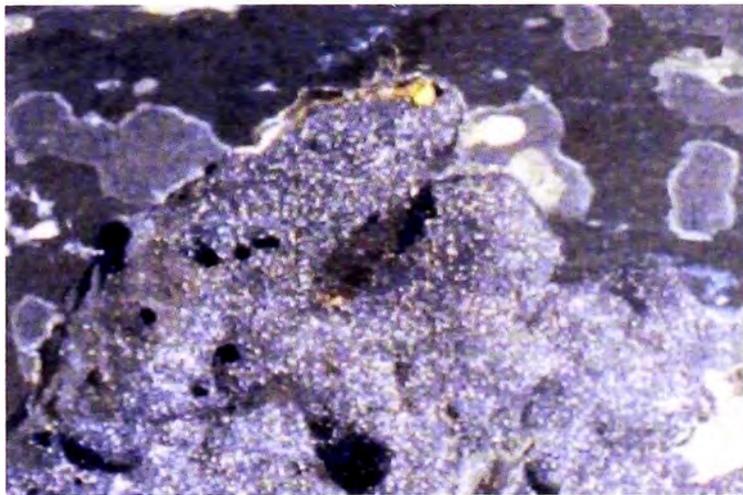


FIG. 4.34. Acercamiento de área erosionada.

4.4 FUNDAMENTOS DE FRACTURAS.

Estudiaremos las condiciones que influyen en el desarrollo de fracturas. Analizaremos además las características físicas de los productos, por ejemplo la dureza y la resistencia, y los diversos factores que pueden iniciar una fractura, por ejemplo, las cargas, los concentradores de esfuerzos y la temperatura.

Asimismo estudiaremos de la rapidez con que se desarrollan las fracturas en el metal y de las características que nos ayudan a clasificarlas. Para entender mejor como se producen las fracturas, es necesario apelar a nuestros conocimientos previos de resistencia de los materiales y de las cargas que se les aplican. Las piezas están diseñadas para tolerar las cargas especificadas sin romperse. Las fallas pueden producirse al aumentar esas cargas o al dañarse las piezas (por ejemplo, por escopladuras, picaduras o ranuras creadas por desgaste, sobrecalentamiento). Se dice que "la cadena se rompe por el eslabón más débil".

Al observar la relación entre la temperatura y la resistencia del acero y del aluminio, comprobamos que a medida que la temperatura sube, la resistencia baja; este proceso, que al comienzo es lento, se desarrolla luego más rápidamente (fig. 4.35).

Aunque otros metales pueden tener características diferentes, lo cierto es que todos pierden su resistencia con el aumento de temperatura. Un

sobrecalentamiento puede producir este tipo de pérdida y ocasionar la falla de las piezas aun si las cargas responden a las especificaciones.

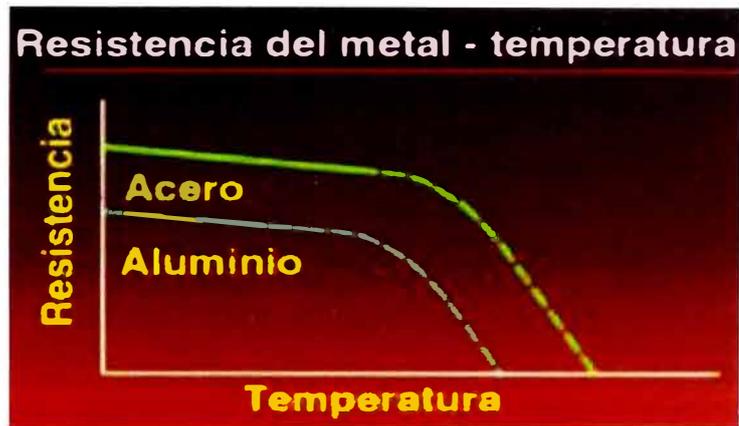


FIG. 4.35. Grafica de Resistencia del metal – Temperatura.

La falla de este cojinete produjo temperaturas superiores a 817 °C (1.600 °F). En consecuencia, la biela perdió tenacidad y se despedazó (fig. 4.36). El vástago de la biela se oxidó durante el sobrecalentamiento y cuando se enfrió los óxidos produjeron varios colores. El azul, amarillo y gris pálidos y el azul oscuro nos indican que las temperaturas fueron de 260 °C a 650 °C (500 °F a 1.200 °F). Si se hubieran pasado los 650 °C, se habría producido un óxido color negro. En las piezas de acero o fundición, la presencia de óxidos color azul oscuro o negro indica que las temperaturas fueron extremadamente elevadas.

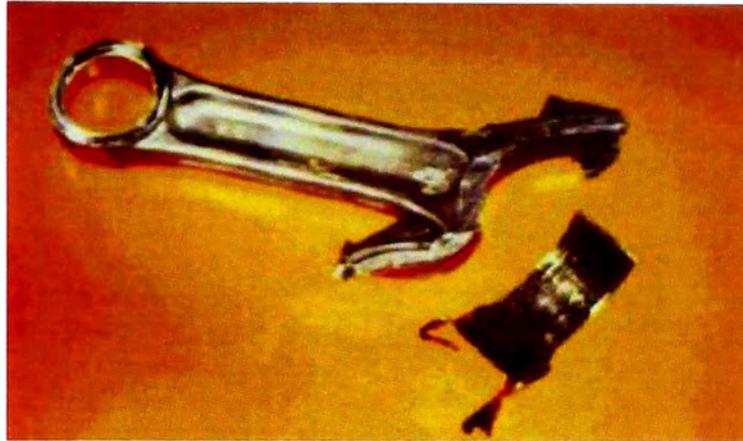


FIG. 4.36. Biela sobrecalentada.

Los diseños de los fabricantes siempre se conciben para tolerar cargas más grandes que las especificadas; de este modo los productos se gastan, pero no se rompen. La figura 4.37 muestra la carga especificada para un material y el número de ciclos de carga que se le aplicó. Noten que si la carga aplicada es inferior al límite de aguante (es decir, la carga máxima que nunca producirá fracturas por fatiga), la pieza no se romperá. Pero si la carga es superior a ese límite, la fractura será inevitable. Si la carga es sólo de la mitad del límite de aguante, el factor de seguridad del material es dos. Ese factor se reduce, sin embargo, con todo aumento de una carga o daño del material. Los productos de calidad para maquinaria tienen factores de seguridad muy amplios, para compensar los defectos normales de los materiales, los problemas de fabricación y los de uso.

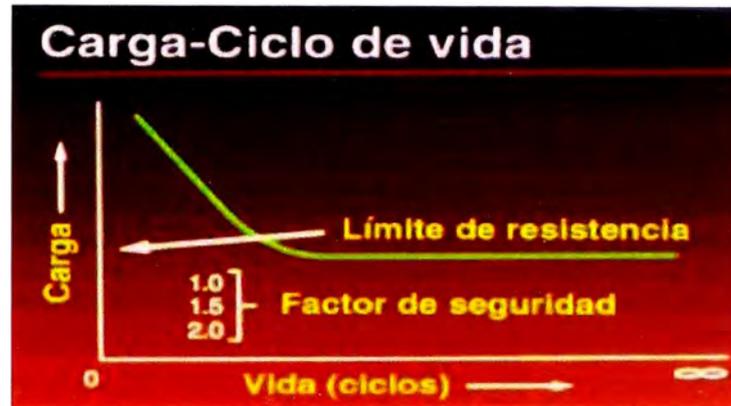


FIG. 4.37. Grafica Carga – Ciclo de vida.

Cuando se rompen las piezas, la superficie de ruptura tiene características determinadas. A veces esas características son más visibles en una cara. Antes de estudiarlas, veamos cinco términos básicos relacionados con las fracturas:

1. Concentradores de esfuerzos: son irregularidades físicas (por ejemplo, grietas, ranuras, picaduras, defectos) que se presentan en la superficie o el interior de una pieza y que incrementan los esfuerzos ya existentes.
2. Puntos de iniciación: son los lugares donde empiezan las grietas o donde comienza a romperse el material. Con frecuencia los puntos de iniciación y los concentradores de esfuerzos coinciden.
3. Fractura final: es el lugar donde termina la grieta o la última parte donde se rompe el material.
4. Las cargas por impacto o sobrecargas producen fracturas rápidas, por lo general ásperas al tacto y que son el resultado de otro factor.

5. Las cargas cíclicas excesivas o la reducción de resistencia de la pieza producen fracturas lentas, por lo general suaves al tacto y que se asocian con la causa principal.

La fractura de la figura 4.38 empezó lentamente y fue creciendo desde abajo hacia arriba, donde está el agujero. Eso redujo la resistencia de la pieza y con cada nuevo ciclo se sobrecargó el metal, incrementando la velocidad de fractura. Noten la textura áspera que tiene la parte de la fractura rápida.



FIG. 4.38. Vista de fractura.

Los concentradores de esfuerzos reducen la resistencia de una pieza, porque reúnen todos los esfuerzos en esa área y crean de este modo una sobrecarga localizada. Ese aumento varía de un 1,5 en las ranuras redondas a un 3,0 en las que tienen forma de "V" y pueden sobrepasar un 8,0 en las grietas superficiales. En términos generales, cuanto mayor sea el ángulo más grande será la concentración.



Fig. 4.39. Concentraciones de esfuerzo en ranuras.

A continuación tenemos algunos ejemplos de concentradores de esfuerzos producidos por:

1. Filetes, agujeros o ranuras que son demasiado angulares,
2. Defectos importantes en los materiales como inclusiones grandes, oquedades y grietas,
3. Fallas de manufactura, como pliegues de forja, grietas producidas durante el enfriamiento o por la muela,
4. Abusos (por ejemplo: ralladuras, muescas, escopladuras) Y
5. Cualquier otro desgaste que cree un concentrador de esfuerzos.

El “eslabón más débil de la cadena” son los concentradores de esfuerzos, ya que por lo general indican el punto de iniciación de la falla.

Las cargas son de tres tipos:

1. Las carga por impacto.

2. Sobrecarga.
3. Carga cíclica.

Las fracturas también pueden clasificarse en:

1. Frágiles,
2. Dúctiles,
3. Por fatiga.

Las cargas por impacto y las sobrecargas producen fracturas rápidas, frágiles o dúctiles, con una superficie de ruptura áspera, que por lo general es resultante y no causante de la falla. Las cargas cíclicas producen fisuras lentas, por fatiga, con superficie de ruptura lisa, que se inician en los concentradores de esfuerzos y se asocian generalmente con las causas de la falla. Cuando decimos que las fracturas son “frágiles” o “dúctiles” no nos estamos refiriendo a las propiedades de los materiales; son términos establecidos por el uso, pero que no tienen nada que ver con el tipo de material.

Las cargas por impacto se deben al uso inadecuado de los equipos o a la falla de un componente que choca súbitamente con la pieza. Eso produce cargas extremadamente altas que se aplican casi en forma instantánea en lugares no diseñados originariamente para recibirlas. La fractura puede ser frágil o dúctil, dependiendo de la dureza de la pieza, la temperatura, el índice de carga, etc. Por ejemplo, la carga por impacto se produce cuando un pistón se atasca y se rompe. La biela golpea la camisa y el bloque y crea cargas por impacto muy grandes que la pieza no puede tolerar.

Por lo general, las sobrecargas son cargas adicionales que se deben al uso inadecuado de los equipos, a un mal funcionamiento del sistema o a una falla en alguno de los componentes. Por ejemplo, si un perno de biela se rompe, el otro tiene que sustentar toda la carga, sobrecargándose y produciendo un estiramiento, con fractura final. Aquí también la fractura puede ser frágil o dúctil. Las fisuras por sobrecarga tardan más tiempo en producirse que las provenientes de los impactos.

Por lo general, las cargas cíclicas no producen ninguna fractura si se mantienen dentro del límite establecido o si no hay concentradores anormales de esfuerzos como radios de rosca muy pequeños, fallas serias de los materiales o grietas creadas por los procesos. En esas condiciones, las cargas cíclicas pueden iniciar grietas por fatiga después de muchos ciclos. Con frecuencia se requieren cientos de miles o millones de cargas cíclicas para producir fracturas por fatiga. Por eso se las denomina grietas lentas.

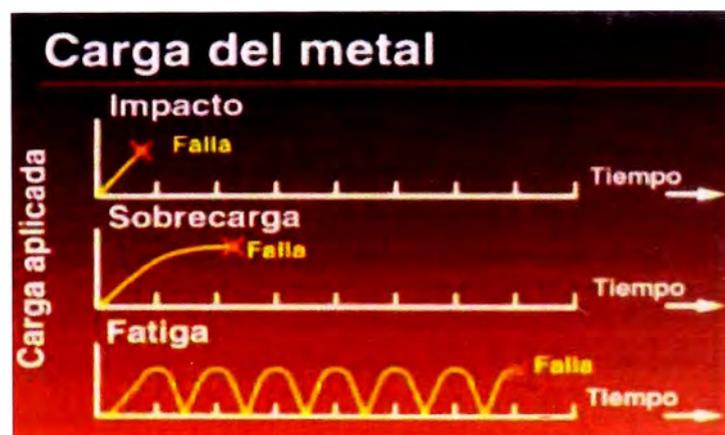


FIG. 4.40. Gráfica Carga Aplicada - Tiempo

Tal como se mencionó, las cargas por impacto y las sobrecargas pueden causar fracturas frágiles o dúctiles. Este cuadro muestra que las frágiles ocurren por lo general en los materiales duros y las dúctiles en los blandos.

Las frágiles se producen con más frecuencia cuando baja la temperatura. Si la concentración de esfuerzos es mínima o inexistente, es más probable que se produzca una fractura dúctil. Con cargas excesivas, típicas de los impactos o choques, por lo general se dan fracturas frágiles. Hay otros factores que influyen en el tipo de fracturas, pero estos son los más comunes y lo que se afirma sobre ellos son generalizaciones; recordemos, sin embargo, que siempre existen excepciones.

Fracturas Frágiles

Las fracturas frágiles se consideran resultados, no causas, y se desarrollan muy rápidamente (se quiebran en una fracción de segundo), son cristalinas (se quiebran a lo largo de los contornos o a través del grano sin cambiarle la forma), son ásperas al tacto y tienen escasas deformaciones plásticas (si juntamos las dos partes, la pieza tendrá el aspecto original).

Si una fractura frágil se produce en materiales labrados, al hacerla rotar a la luz, la superficie brillará y centelleará, como los diamantes. Los metales más blandos tienden a formar espiguillas (chevrons) cuyos vértices indican el punto de iniciación. Los materiales más duros rara vez forman espiguillas. Si una

fractura frágil se produce en materiales fundidos, la superficie es opaca y oscura. Casi nunca tienen espiguillas y, por eso, es extremadamente difícil determinar el punto de iniciación.



FIG. 4.41. Características de las fracturas frágiles o quebradizas.

La pieza de fundición de la figura 4.42 recibió un golpe y se rompió (carga por impacto y fractura frágil). La superficie de ruptura es áspera, cristalina y no tiene espiguillas que indiquen donde empezó la grieta.

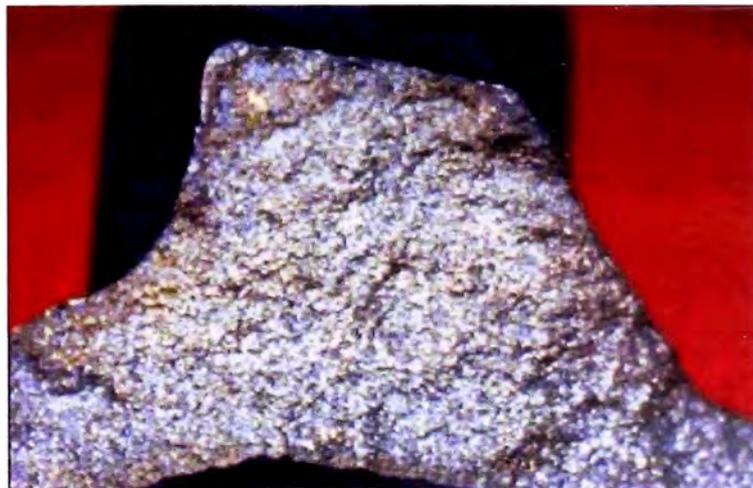


FIG. 4.42. Fractura frágil de una pieza de fundición.

La pieza de acero labrado de la fig. 4.43 también recibió un golpe y se rompió (carga por impacto y fractura frágil). Noten que las espiguillas son visibles e indican el punto de iniciación. La superficie de ruptura es áspera, brillante y centelleante.



FIG. 4.43. Fractura frágil de una pieza de acero labrado.

Las fracturas frágiles crecen entre las caras de los cristales produciendo una hendidura dentro de los granos o a lo largo de sus contornos. Cuando la grieta ha recorrido un grano, atraviesa el contorno y comienza a hundirse en el grano siguiente. Esto se realiza muy rápidamente hasta que el metal se “rompe”. Dado que las caras de los cristales se distinguen muy bien, no se produce una deformación plástica (las dos partes de la pieza rota encajarán y la pieza tendrá la apariencia original, excepto que está agrietada) y la superficie de ruptura tiene granos paralelos a la cara, que reflejan la luz, produciendo el centelleo mencionado.

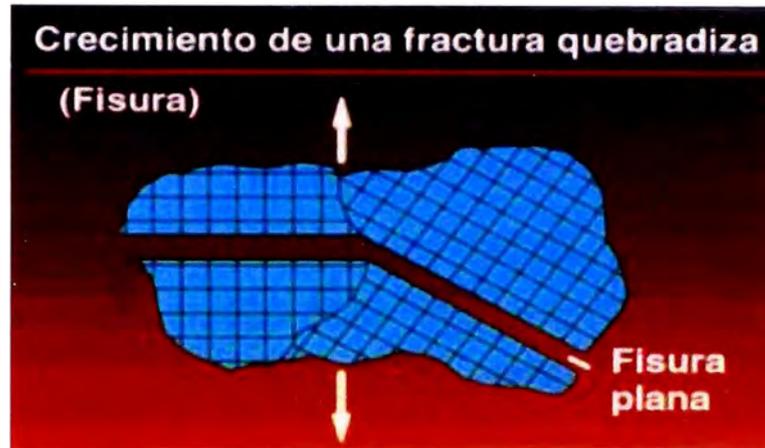


FIG. 4.44. Crecimiento de una fractura frágil o quebradiza.

Usando una baraja para ilustrar este tipo de fractura, sabemos por experiencia que las barajas tienen muchos naipes o cartas. Los metales se asemejan a las barajas porque están compuestos de granos o cristales y cada uno de ellos, como las cartas de una baraja, contiene miles de capas de cristales bien organizadas.

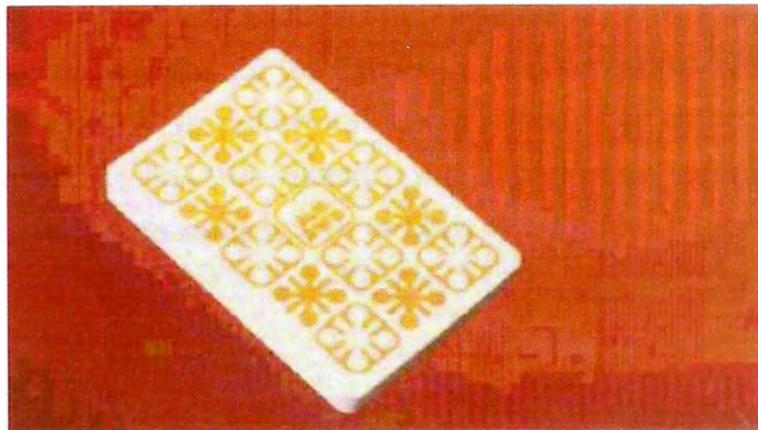


FIG. 4.45. Baraja.

Cuando cortamos los naipes, tal como se ve en esta figura, tenemos una separación entre las caras de las cartas. Cuando golpeamos una pieza de metal violentamente, es posible que las capas de células dentro del grano se separen de la misma manera. Si juntamos las dos partes de una fractura frágil, la pieza tendrá el aspecto original, excepto donde se ha roto.

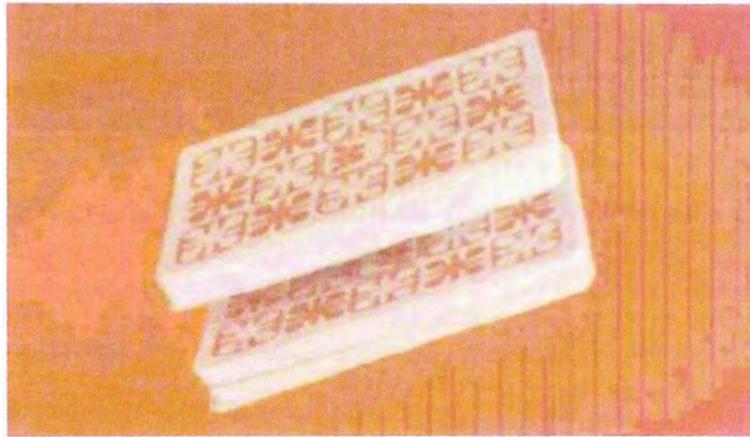


FIG. 4.46. Baraja partida.

En la figura 4.47 tenemos una vista aumentada de una fractura de pistón. Rara vez se encuentran espiguillas en las fracturas frágiles de metales fundidos, pero en este caso sí las hay y se extienden hacia arriba, partiendo del agujero para el pasador. Esas espiguillas nos indican que el pistón se rompió con una carga por impacto y que la grieta empezó en la cara del agujero.



FIG. 4.47. Fractura frágil en pistón de metal fundido con espiguillas.

Fracturas dúctiles

Las fracturas dúctiles son por lo general resultantes y no causantes; y se deben a sobrecargas. Son fracturas rápidas, pero se producen más lentamente que las frágiles. La superficie de ruptura es áspera y leñosa (como una rama de árbol cuando se rompe), con deformación plástica (la forma y el tamaño de la pieza ha cambiado) y con labios cortantes (las aristas exteriores de la fractura sobresalen). Dado que la superficie es muy irregular y áspera, la luz que refleja es difusa (dispersa) y por lo tanto la fractura parece oscura.

La sección de biela de la fig. 4.48 se rompió por estar sobrecargada. Al examinar la fractura, vemos la superficie áspera y oscura de una fractura dúctil en el centro y con labios cortantes alrededor de los bordes. Vemos también algunas áreas donde el daño por impacto fue menos importante, pero destruyó

en diferentes lugares la superficie original de la fractura. Este corte que se produce después de la fractura deja una superficie sedosa y sin características visibles, que no debe confundirse con una superficie de fractura.

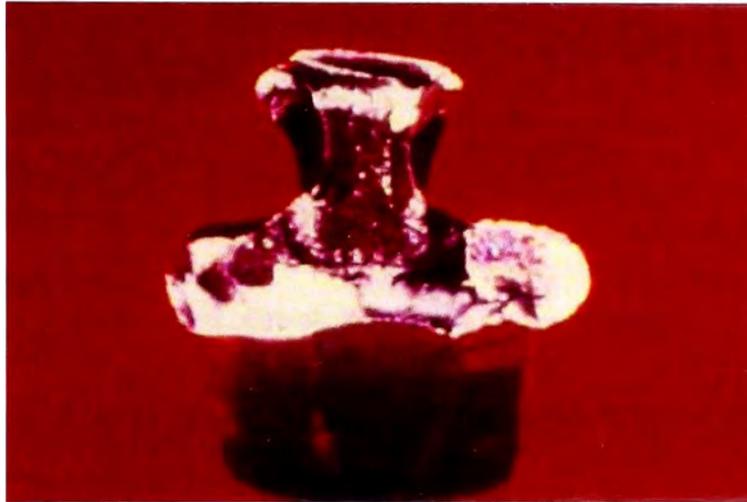


FIG. 4.48. Fractura dúctil en vástago de biela.

Las grietas dúctiles producen una fuerza cortante dentro de los granos. Las capas de cristales se deslizan, alargando y deformando los granos. A causa de esto se modifica la forma y se habla de “deformación plástica” (cambio permanente de tamaño y forma).

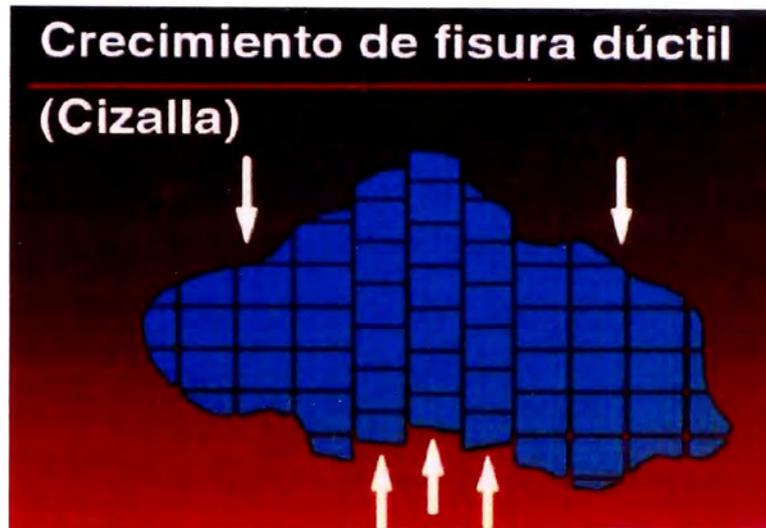


FIG. 4.49. Crecimiento de fisura dúctil.

Podemos volver a usar el ejemplo de la baraja para ilustrar la fuerza cortante que ocurre en las fracturas dúctiles. Las capas de células que existen dentro de los metales pueden, como los naipes, deslizarse en distintas direcciones, modificando el tamaño y la forma del metal.



FIG. 4.50. Baraja deslizada.

En los casos de sobrecarga, la fuerza cortante de los granos continúa hasta formar grietas pequeñas en el centro de la pieza. Estas grietas se agrandan y llegan a unirse; de allí surge la apariencia áspera y "leñosa". El metal de los bordes, todavía sin fallas, termina por romperse a unos 45° y crea un gran filo o labio de corte (fig. 4.51).



FIG. 4.51. Formación de filos de corte en una fractura dúctil.

El perno de la fig. 4.52 se rompió en una máquina de pruebas de tensión, al ponerle una cuña debajo de la cabeza. Noten que el eslabón más débil de la cadena se halla en el fondo de rosca del perno, donde se produce la concentración de esfuerzos. El labio cortante es grande y está descentrado por la carga descentrada debida a la cuña.



FIG. 4.52. Fractura dúctil descentrada de perno en prueba de tensión.

Una inspección más minuciosa con una lupa revela que la textura de la superficie es áspera y leñosa y que el labio se extiende por detrás de la fractura. En la figura 4.53, la superficie no se ve oscura porque para la fotografía fue necesario usar luz extremadamente brillante.



FIG. 4.53. Acercamiento de la cara de fractura dúctil.

El perno de tapa de biela de la figura 4.54 se rompió en el vástago y tiene un color muy oscuro. La fractura indica gran deformación plástica (el área de la sección transversal está reducida o “rebajada”), y la superficie de la ruptura es áspera, leñosa y contiene, además, un labio cortante grande. La apariencia oscura, áspera y leñosa de la fractura, además de la deformación plástica y del labio cortante indican que:

1. La grieta es dúctil y rápida;
2. Resulta de una sobrecarga (por eso es necesario determinar la causa de esa sobrecarga).



FIG. 4.54. Fractura dúctil de perno de tapa de biela.

Fractura por Fatiga

Las fracturas por fatiga se producen cuando las cargas cíclicas afectan a los concentradores de esfuerzos. El metal no es capaz de tolerar las fuerzas localizadas en los granos de dicho concentrador y forma una grieta. Esta crece lentamente, dejando marcas semicirculares como las de unas "marcas de playa". Por lo general, la superficie de la ruptura es plana, lisa y de color claro. (Las líneas de interrupción muy similares a este "marcas de playa" se dan a veces en fracturas dúctiles, cuando éstas se producen con muy pocas aplicaciones de carga. Sin embargo, en estos casos la superficie no es plana y lisa, sino áspera y leñosa.) Es muy importante aprender a determinar las fracturas por fatiga, ya que, como mencionamos, éstas son causantes, mientras que las frágiles y dúctiles son, por lo general, resultantes.

El punto de iniciación de la grieta puede estar dentado, lo cual indica que las cargas son muy elevadas o que el concentrador de esfuerzos es muy grande. Este tipo de indicios sugiere varios puntos de iniciación y el desarrollo hacia adentro de las grietas hasta formar una fisura de un solo frente. La grieta aumenta con cada carga cíclica hasta que se produce un cambio de carga y de este modo forma "marcas de playas" o "líneas de interrupción" visibles. Si no hay una modificación de la carga, esas "olas" no se forman. Dichas marcas de playa nos llevan al punto de iniciación, como cuando tiramos una piedra en el agua y se van formando círculos alrededor del lugar donde cayó la piedra. Eventualmente la pieza se debilita demasiado para sustentar la carga y se

produce la fractura final, que puede ser frágil o dúctil. Noten que es posible que se forme un labio cortante pequeño, si la fractura final es dúctil.



FIG. 4.55. Desarrollo de una superficie de fractura por fatiga.

La fractura por fatiga de la figura 4.56 contiene unas "marcas de playa" visible que se apartan del punto de iniciación y una fractura final frágil, indicada por las espiguillas que salen a partir de la última "ola".

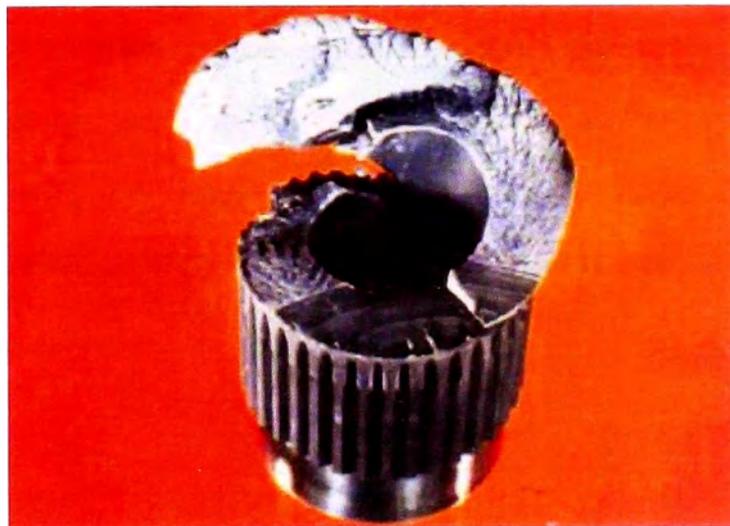


FIG. 4.56. Fractura de por fatiga de eje estriado.

Mirando detenidamente el origen en la figura 4.57, comprobamos que hay marcas dentadas en el punto de iniciación, indicando la presencia de un gran esfuerzo o de severas concentraciones de esfuerzos.



FIG. 4.57. Ampliación del sitio de iniciación de la fractura de la figura 4.56.

Una mayor amplificación del sitio de iniciación (fig. 4.58) nos ayuda a buscar pre grietas u otros concentradores de esfuerzos que pueden haber sido la causa principal de la fractura. Aquí no hay concentradores de esfuerzos visibles, pero vemos unas "marcas de playa" típica en diferentes planos separados por marcas dentadas. Esto confirma la presencia de grietas internas múltiples.



FIG. 4.58. Mayor ampliación del sitio de iniciación de la fractura de la figura 4.57.

Siempre es mejor mirar los dos lados de la fractura, ya que ambos pueden darnos claves. Aquí hemos agrandado la parte que encaja con la fractura anterior (fig. 4.59), pero todavía es difícil encontrar los concentradores de esfuerzos. Esto nos lleva a tomar datos sobre la carga aplicada a la pieza y a determinar si las cargas excesivas en el eje pudieron ser el resultado de desalineación o de otra condición.



FIG. 4.59. Superficie de fractura del fragmento opuesto al mostrado en la figura 4.58.

Las fracturas por fatiga que rompen los ejes giratorios se denominan “por fatiga de flexión giratoria”. Cuando los esfuerzos son bajos, este tipo de fractura avanzará lentamente a lo largo del eje y lo romperá en el punto directamente opuesto al lugar de iniciación. Con esfuerzos elevados, la fractura por fatiga se desarrolla más rápidamente en la superficie que en la sección transversal y las “marcas de playa” son cóncavas al llegar a la fractura final que se produce dentro del eje. Las marcas dentadas y las “marcas de playa” abundante determinan el punto de iniciación. La fractura final está rodeada de olas espaciadas y no tiene marcas dentadas. Es muy común que se atribuya la falla a una fractura final, porque tiene la apariencia de un enorme defecto interno del material.



FIG. 4.60. Superficies de fractura por fatiga por flexión y rotación.

4.5 FUNDAMENTOS DE DESGASTES EN COJINETES DE MOTOR.

Los cojinetes de bielas y los cojinetes de bancada tienen las cinco funciones siguientes:

1. Suministran una superficie de resbalamiento durante el arranque y cuando la película del lubricante es fina.
2. Transmiten el calor de la superficie al agujero de biela o del bloque.
3. Suministran una superficie de desgaste blanda para absorber los residuos y para que el cojinete se adapte mejor al perfil del muñón del cigüeñal.
4. Proveen la resistencia necesaria para la fatiga o las cargas.
5. Proveen superficies de desgaste reemplazables en alojamientos del bloque y de la biela.

Estructura

Para cumplir estas cinco funciones, el cojinete debe tener una estructura compuesta. Esta vista de un cojinete convencional ayuda a comprender su estructura (fig. 4.61).

Casi todo el cojinete es de acero, con una capa de aluminio, unión de cobre, de plomo y estaño y un baño muy delgado de estaño. Cada una de estas capas ayuda al cojinete a cumplir una función.

El refuerzo de acero es casi 90% del grosor del cojinete, le da la resistencia estructural necesaria para calzar en su alojamiento, es el sostén de la capa de aluminio que soporta las cargas y conduce el calor con rapidez del aluminio al alojamiento. La capa de aluminio es casi 10% del grosor del cojinete, es suficientemente blanda para proveer buena capacidad de absorción, pero fuerte y durable bajo pesadas cargas cíclicas. También conduce bien el calor y lo transfiere de la superficie del cojinete al refuerzo de acero. La unión de cobre tiene un grosor aproximado de un diezmilésimo de pulgada, provee buena adherencia entre la capa de aluminio y la de plomo y estaño, transfiere el calor con rapidez de la segunda capa a la primera y ofrece una superficie de desgaste blanda, cuando la capa de plomo y estaño se desgasta.

La capa de plomo y estaño tiene un grosor aproximado de un milésimo de pulgada (o sea la mitad del grosor de una hoja de papel); es muy blanda y tiene buena capacidad de lubricación, de absorción y adaptabilidad. El baño de estaño es apenas de unos millonésimos de pulgada, protege contra la corrosión y da buena apariencia.

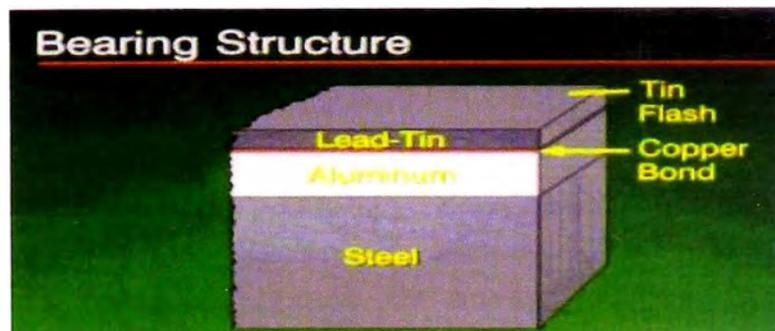


FIG. 4.61. Estructura de un cojinete de motor.

Operación

Después de montar todas las piezas, los motores están listos para ponerlos en servicio. Una vez que el motor comienza a funcionar, la vida útil de los cojinetes depende de que la lubricación, las cargas y la temperatura sean adecuadas. Veamos a continuación estas áreas críticas de funcionamiento.

Cuando un motor arranca, entre la superficie de los cojinetes y la del cigüeñal hay sólo una pequeña cantidad de aceite residual. Hasta que llega el aceite nuevo, las asperezas de las superficies hacen contacto y generan calor (fig.4.62). Por eso, para evitar el sobrecalentamiento, es importante mantener al mínimo la carga y las RPM.

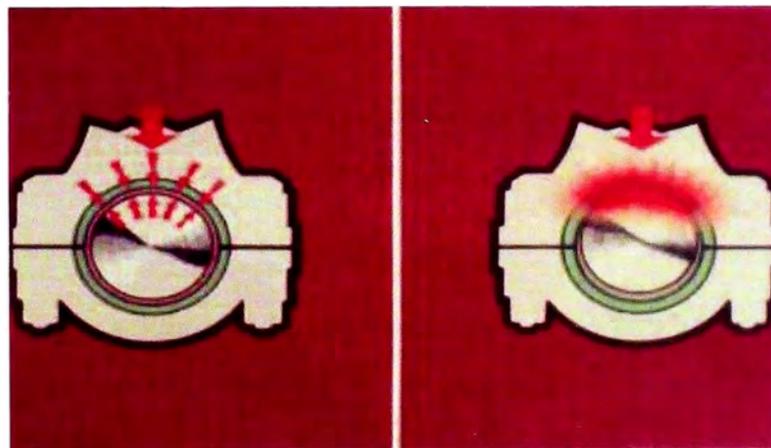


FIG. 4.62. Zonas de carga y calor en los cojinetes, durante el arranque.

Durante todo este tiempo la bomba de aceite funciona, mandando aceite rápidamente por los conductos hacia el enfriador y los filtros. Las bombas de aceite de motor suministran más aceite del que necesita el motor y desvían

continuamente una parte para devolverlo al cárter. A medida que el motor se desgasta y aumenta el juego entre piezas, la cantidad de aceite que requiere el motor aumenta y la que va al cárter disminuye. Esto explica por qué los motores generalmente tienen constantemente elevado nivel de presión de aceite en toda su vida útil.

El aceite frío y espeso y las restricciones del sistema hacen subir la presión. La bomba, el enfriador y los filtros de aceite tienen válvulas de derivación para que el aceite pase alrededor de estos componentes cuando las restricciones son muy grandes (fig.4.63). Así, elevadas RPM al arrancar cuando el aceite está frío, hacen que las válvulas de derivación se abran y pase aceite sin filtrar a los cojinetes.

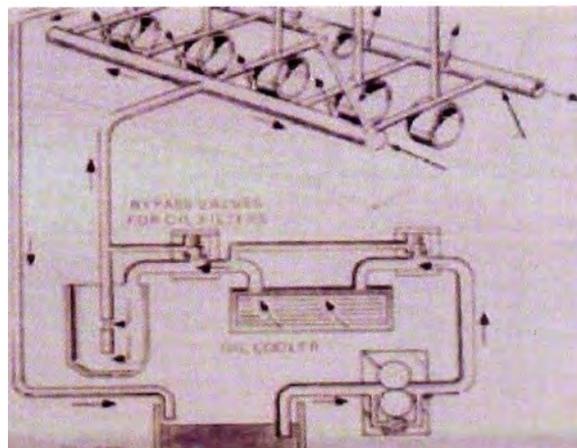


FIG. 4.63. Sistema básico de lubricación de un motor.

Los filtros de aceite controlan el tamaño y la cantidad de partículas erosivas y abrasivas presentes en el aceite. Para esto, los filtros se fabrican de manera que funcionen con la válvula de derivación del filtro. Por ejemplo: las presiones

que abren la válvula de derivación del filtro de aceite son altas y el papel no sólo debe retener basura nociva a flujos elevados sino también soportar elevadas diferencias de presión sin romperse como cuando está parcialmente taponado de basura.

Como el filtro de aceite está en un lugar de fácil acceso y se cambia con frecuencia, tiene gran potencial de venta. Muchos fabricantes de filtros producen y venden filtros de aceite que se pueden instalar en variedad de motores pero que no son necesariamente productos de calidad.

En cualquier momento en que se produzca desgaste por abrasión de los cojinetes (denominado por lo general “daño causado por basura”) debemos cortar y abrir cuidadosamente los filtros de aceite para ver si tienen defectos.

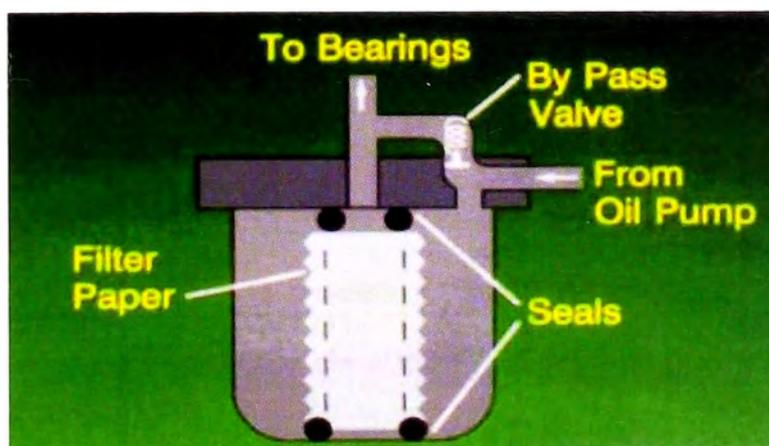


FIG. 4.64. Esquema de funcionamiento de un filtro con derivación.

Cuando el aceite llega a los cojinetes, separa las superficies de desgaste y reduce la temperatura que se ha producido con el arranque (fig.4.65). Durante el funcionamiento normal, las cargas pasan a los cojinetes por la capa de aceite

atrapado y la generación de calor se reduce grandemente. Las superficies de los cojinetes entran en contacto directo con el cigüeñal sólo al arrancar o en condiciones de muy poca lubricación. Noten que el orificio del semicasco superior del cojinete de bancada actúa como orificio final para limitar el flujo de aceite a los cojinetes de bielas.

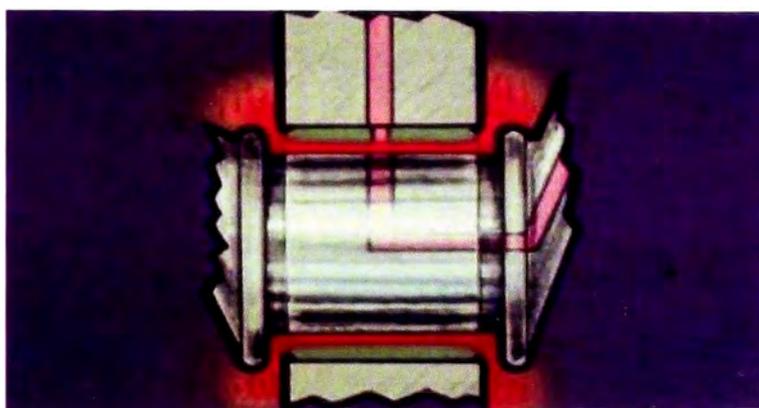


FIG. 4.65. Generación de calor producida en el muñón de bancada durante el arranque.

Hay quien piense que la presión de aceite de un sistema crea el espesor de la película de aceite en los cojinetes, pero la presión del aceite del sistema apenas abastece el aceite que va a los cojinetes. Es la rotación del cigüeñal lo que determina el espesor de la película de aceite (si la rotación aumenta, atrae más aceite y la película se hace de mayor espesor). Del mismo modo, el espesor se puede reducir, bajando la velocidad de rotación del cigüeñal, también se puede reducir diluyéndolo, por medio de temperaturas muy elevadas o bajando la presión de suministro de aceite.

La falla de un cojinete de biela o de bancada por lo general no causa falta de lubricación de los otros cojinetes a menos que el motor funcione a bajas revoluciones por minuto. Cuando un cojinete comienza a fallar (pero no ha patinado todavía) la pérdida de aceite estará limitada por el orificio del cojinete de bancada y la válvula de derivación de la bomba comenzará a cerrarse y a enviar más aceite al motor, manteniendo de este modo la presión de aceite del sistema.

Pero cuando las RPM son bajas, la bomba de aceite no bombea mucho aceite, su válvula de alivio se cierra y un cojinete de biela o de bancada que ha fallado puede perder tanto aceite que cause una disminución en el suministro y un daño en otro cojinete. Por eso, antes de opinar es necesario obtener todos los datos sobre la operación del motor.

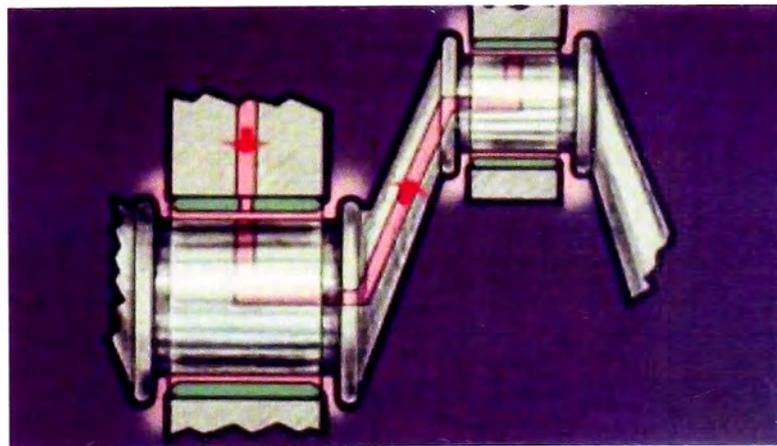


FIG. 4.66. Flujo de aceite desde el muñón de bancada hacia el muñón de biela.

Actualmente la carga en los cojinetes es mucho más severa que la de los primeros motores Diesel; por eso los cojinetes y cigüeñales requieren mejor

diseño y calidad superior. Anteriormente muchos motores Diesel funcionaban a menos de 1500 RPM; las presiones máximas de los cilindros eran inferiores a 10,3 MPa y las áreas de contacto de los cojinetes eran amplias. Los motores de hoy funcionan a más de 3000 RPM, tienen presiones máximas de los cilindros de más de 13.8 MPa y tienen menores áreas de contacto de cojinetes.

Estas exigentes condiciones requieren que la calidad del cigüeñal y de los cojinetes sea muy alta y que la aplicación, operación y mantenimiento se hagan con mucho más cuidado.

Cuando se permite que las temperaturas de las superficies suban sobre 175 grados C, los cojinetes se pueden dañar. Los operadores deben asegurar de que el arranque sea a bajas RPM y en buenas condiciones de lubricación.

Algunos desgastes anormales

Los filtros de aceite y las muestras de análisis de aceite, son para el analista tan importantes como los cojinetes (fig.4.67).



FIG. 4.67. Filtro y muestra de aceite de motor.

Al inspeccionar los cojinetes debemos mirar todas las superficies, no sólo la de desgaste (interior). A menudo cada una de las superficies tiene algo para añadir al historial del desgaste: el semicasco superior, el inferior, la parte de adentro, la de adelante, la de atrás, las caras de contacto, las ranuras para marcas de colocación y los lados. Debemos tomar el tiempo necesario para ver lo que cada superficie trata de decirnos.

Además de determinar tipos y gravedad de desgaste, debemos especialmente hallar pruebas de calentamiento inusitado, desalineación y piezas no genuinas. Calentamiento indica presencia de condiciones adversas. Desalineación indica pieza doblada o mala mano de obra. Si la pieza no es genuina debemos encontrar la causa principal y ayudar al cliente a comprender la diferencia que establecen los productos de calidad y los alternativos.

El desgaste por adherencia

El desgaste por adherencia se produce cuando las temperaturas de las superficies se elevan tanto que las capas de plomo y estaño o la de aluminio se funden y se adhieren al cigüeñal. Muchas son las causas que producen este tipo de desgaste:

1. Falta aceite en el cárter;
2. Nivel bajo de aceite, en consecuencia la bomba no funciona correctamente debido a:
 - (i) Operación inclinada;
 - (ii) Varilla de aceite, tubo o cárter que no son los adecuados;
 - (iii) Pérdidas (fugas).
 - (iv) Consumo de aceite.
 - (v) Llenado insuficiente (debido a más piezas extras como otros filtros)
3. Viscosidad inadecuada del aceite;
4. Tipo de aceite que no conviene;
5. Aditivos inadecuados del aceite
6. Dilución del combustible;
7. Refrigerante en el aceite;
8. Sobre velocidad;
9. Desalineación;
10. Espacios libres excesivos;
11. Mal funcionamiento de la válvula de derivación;

12. Otras causas.

El desgaste por adherencia comienza puliendo el baño de estaño. Si la temperatura sube, la capa de plomo y estaño se funde y “desparrama”. Este juego de cojinetes de biela (fig. 4.68.) es típico de cojinetes que operan con suministro interrumpido de aceite. Noten que el daño es mayor en los números impares que en los pares, Hay dos razones por las cuales el centro de los cojinetes se calienta y funde primero que los bordes:

1. Cuando el suministro de aceite es interrumpido, hay menos aceite en el centro que en los bordes, porque el orificio de lubricación del cigüeñal recoge aceite del centro del cojinete. Esto acaba la película de aceite y produce mayor contacto por fricción en el centro y mayor generación de calor que en los bordes.
2. A medida que el centro del muñón se va calentando, se expande y su diámetro aumenta incrementando más el contacto y el calor en el centro.

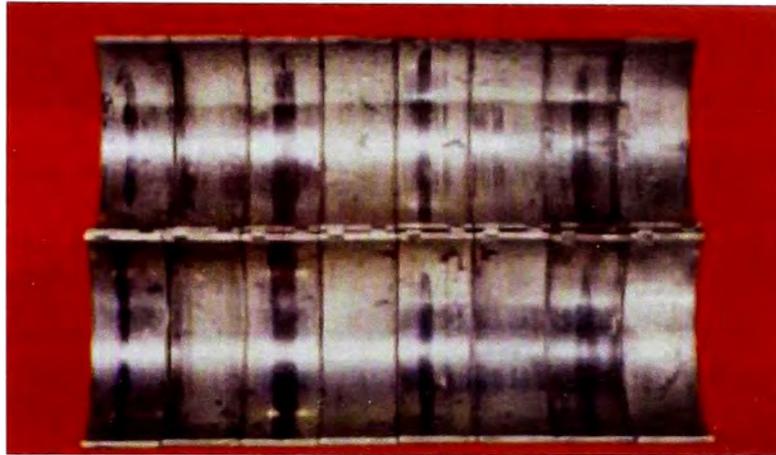


FIG.4.68. Cojinetes de biela que funcionaron con suministro interrumpido de aceite.

Si estudiamos el flujo de aceite de un motor típico en "V", vemos que los conductos de aceite de los cojinetes de biela con número par están perforados en los conductos inclinados con número impar (fig. 4.69). A medida que el cigüeñal gira, la fuerza centrífuga empuja el aceite de los conductos "inclinados hacia los conductos que interceptan y a los cojinetes de biela con números pares.

Esto indica que si hay sólo poco de aceite en el cigüeñal, la fuerza centrífuga lo mueve hacia los cojinetes pares. Por eso los cojinetes de biela impares en los motores en "V" recibirán menos aceite y se dañarán más que los pares, cuando haya poco aceite.

Igualmente, si hay basura en el sistema de lubricación de los motores en V", la fuerza centrífuga la enviará a los cojinetes de biela pares, produciendo daños por abrasión más severos, que los daños de los cojinetes impares. Los

conductos de aceite de otros motores están en otros lugares, pero la fuerza centrífuga siempre hace que el material más pesado salga primero. Estudiando la disposición de los conductos, sabremos qué cojinetes estarán más afectados por la falta de aceite o la presencia de basura.

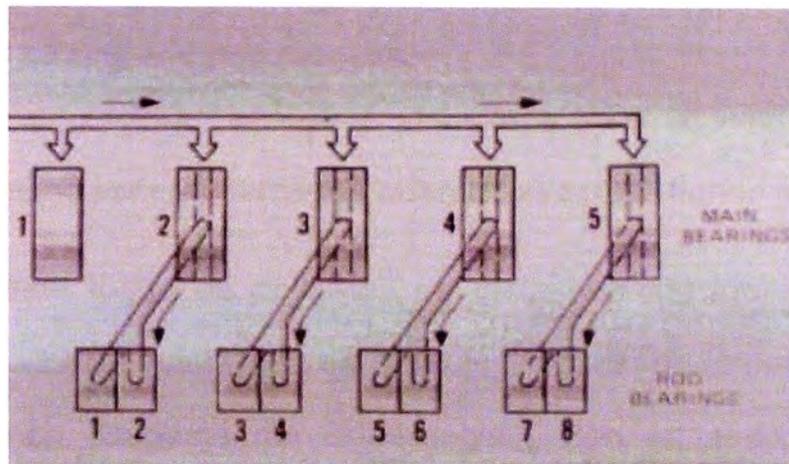


FIG. 4.69. Disposición de conductos de lubricación en un cigüeñal de motor en “V”

Algunas veces no es la cantidad de aceite sino la calidad lo que produce el desgaste por adherencia. Por ejemplo este usuario hizo funcionar el motor con una fuga considerable de refrigerante varios días hasta que se paró. Un cojinete de biela se había atascado completamente y otros estaban en diversos estados de desgaste adhesivo. Los cojinetes de bancada no se atascaron. Pero todos, como se ve aquí, se ennegrecieron (fig. 4.70). Podemos ver que los indicios de este tipo de desgaste son similares a los de falta de aceite, pero con la dilución del refrigerante tenemos además el ennegrecimiento de la capa de plomo y estaño.

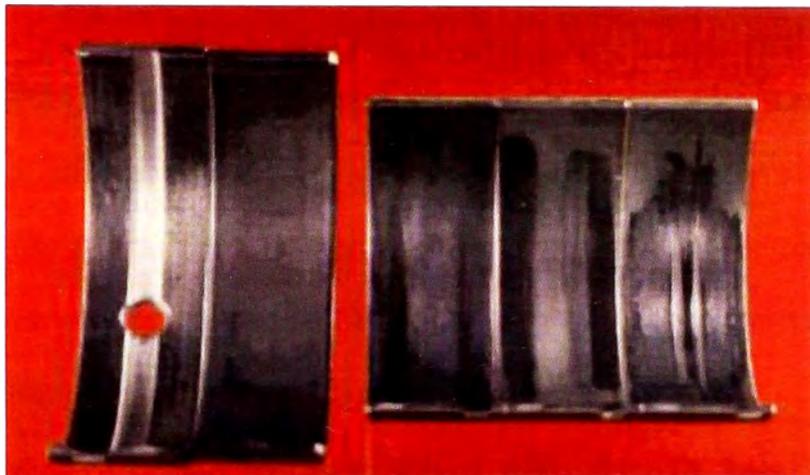


FIG. 4.70. Cojinetes ennegrecidos por operar con aceite diluido con refrigerante.

Consideremos este juego de cojinetes de biela que funcionaron con 20% de dilución de combustible hasta que se produjo un ruido de impacto en el motor. Todos ellos tienen desgaste por adherencia y han patinado. Dos cojinetes tienen todavía alguna evidencia en la superficie de desgaste (fig. 4.71).

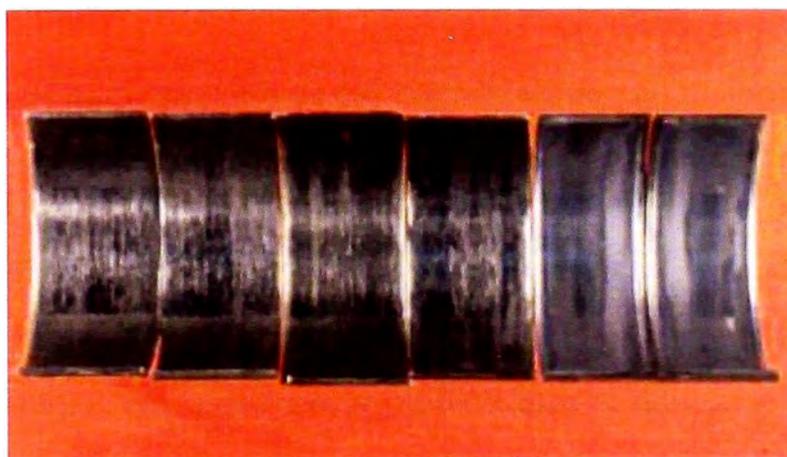


FIG.4.71. Cojinetes con desgaste por adherencia que operaron con aceite diluido con combustible.

Una inspección más detenida de estos cojinetes (fig.4.72) indica que en los bordes ha quedado algo de la capa de plomo y estaño, pero que se ha desgastado en el centro y en las orillas mismas, donde las temperaturas fueron más elevadas y se produjo adherencia. Noten también que el color del cojinete difiere del que se produce cuando falta aceite o hay refrigerante diluido. Cada causa principal tiene indicios distintos.



FIG.4.72. Vista de acercamiento de los cojinetes que aún tienen algo de la capa de plomo y estaño.

El desgaste por adherencia puede avanzar muy rápidamente por el aluminio y llegar al respaldo de acero. La compresión del cojinete impide que gire mientras se derrite el aluminio. Sin embargo, a medida que el desgaste por adherencia avanza hacia el refuerzo de acero, la fuerza de atascamiento será mayor que la de compresión y el cojinete se quedará pegado al cigüeñal y girará en el agujero de biela.

Estos cojinetes (fig. 4.73) se rompieron cuando el operador drenó el aceite para cambiarlo y olvidó reponerlo antes de encender el motor. Este funcionó sólo unos minutos con poca carga, por eso el daño tiene este aspecto. Noten que **NO HABÍA ACEITE** en el agujero o ranura de lubricación del semi casco superior.

Otras claves son:

1. El cárter estaba lleno de aceite (cantidad correcta).
2. El aceite era muy limpio (buena calidad);
3. Los filtros de aceite eran filtros Caterpillar y parecían nuevos (buena calidad);
4. Los filtros de aceite no tenían aceite ni residuos, parecían secos y nuevos(cantidad incorrecta, buena calidad);
5. No había residuos en el cárter de aceite (buena calidad).



FIG.4.73. Cojinetes con desgaste por adherencia que operaron sin aceite.

Cuando los cojinetes fallan por falta de lubricación, las temperaturas sobrepasan los 430 °C y el acero se ablanda y se extruye, como vemos en la fig. 4.74. Por lo general estas fallas son fáciles de analizar porque la causa de la falta de lubricación está presente en el momento de la falla.

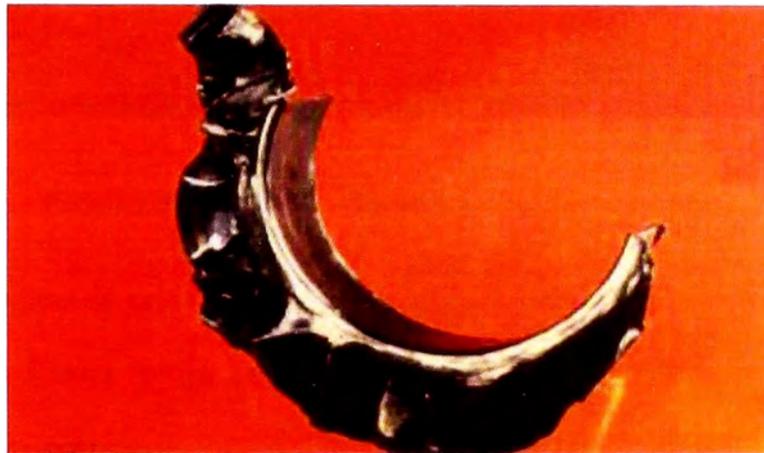


FIG.4.74. Cojinete extruido.

Ocasionalmente encontramos que solamente uno de los cojinetes patinó y los otros tienen una apariencia normal, como en la fig. 4.75. Estas fallas son difíciles de analizar porque (1) la causa de la falla puede haber ocurrido meses o cientos de horas antes; y (2) porque cuando el cojinete patina, destruye los indicios que nos podrían haber llevado a la causa original. Nos quedan datos circunstanciales de los reportes de ensamble en fábrica, en el lugar de trabajo del cliente o en el pedazo de hierro roto para ayudar a definir la causa original más probable de la falla.

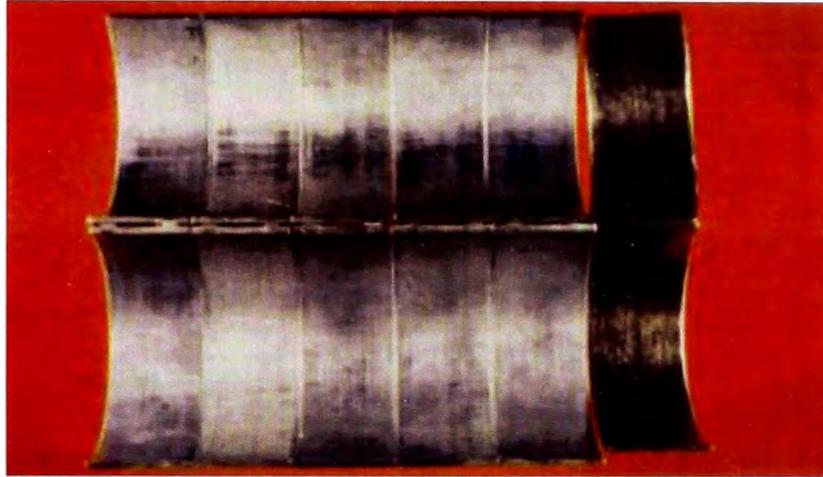


FIG.4.75. Conjunto de cojinetes de bancada.

Todo lo que nos dice el cojinete es que había lubricación y refrigerante cuando el motor se paró. Estas fallas se denominan “averías únicas e inexplicadas de cojinetes” y siguen siendo las más difíciles de analizar.

Desgaste abrasivo

El desgaste por abrasión ocurre cuando partículas extrañas llenan el espesor de la película de aceite- o- cuando el daño en las superficies de desgaste produce irregularidades que llenan el espacio del aceite. Las superficies de los cojinetes se cortan y estrían si entran residuos duros o se rayan e incrustan si entran residuos blandos. Los lubricantes disipan rápidamente el calor generado, las superficies permanecen casi a la temperatura normal durante el comienzo del daño por abrasión. Cuando las superficies se ponen tan ásperas que la película de aceite no puede separarlas, se genera calor por fricción y comienza el desgaste por adherencia. Hay muchas posibles causas de desgaste por abrasión. Algunas de ellas son:

1. Materias extrañas que han quedado en los conductos de aceite durante el montaje;
2. Lubricante sin filtrar con partículas de carbón y residuos propios;
3. Superficies ásperas;
4. Residuos del servicio;
5. Daño por soldadura de arco o picaduras por descarga eléctrica;
6. Otras causas.

Se calcula que más de la mitad de las fallas ocurridas en el lugar de trabajo resultan del daño por abrasión, y que la causa principal de los abrasivos en el lubricante es la filtración deficiente del aceite.

Aquí vemos partículas abrasivas corrientes, sacadas de un filtro de un sistema de lubricación (fig.4.76). A pesar del cuidado que se tuvo durante el montaje, operación y mantenimiento del motor, estos pedacitos de pintura, tierra y carbón entrarán en el aceite. Usando el filtro de aceite Caterpillar es el modo más seguro de evitar que este material pase al aceite de lubricación.

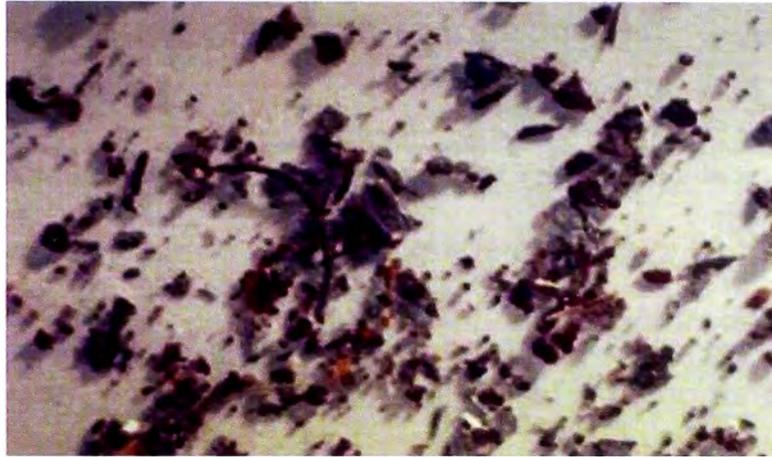


FIG.4.76. Partículas abrasivas corrientes encontradas en un filtro de aceite.

El daño por abrasión causado por basura grande y dura es más fácil de reconocer y de identificar. Este cojinete de biela de un motor de prueba de 200 horas en fábrica se dañó con virutas de acero grandes que habían quedado en el cigüeñal al montarlo (fig.4.77). Cuando el motor se puso en marcha, el flujo de aceite empujó las virutas al cojinete, rayando gravemente el centro del cojinete e incrustando viruta al azar. Los otros cojinetes estaban muy limpios y sin ningún daño.



FIG.4.77. Cojinetes con daños por abrasión por partículas grandes.

Un examen más detallado del semicasco inferior (sin carga) indica que las virutas de acero abrieron ranuras en "v" y que mucha viruta se incrustó en la capa de plomo y estaño y en el aluminio (fig.4.78). Como la mayoría de estas virutas incrustadas se aflojaron y salieron, sabemos que el corte por abrasión se produjo mucho antes en el cojinete y que hubo muchas horas de servicio para eliminarlas. También hubo algo de recalentamiento, como se puede ver en la capa por el pulido de la capa de plomo y estaño, cerca de las áreas dañadas.

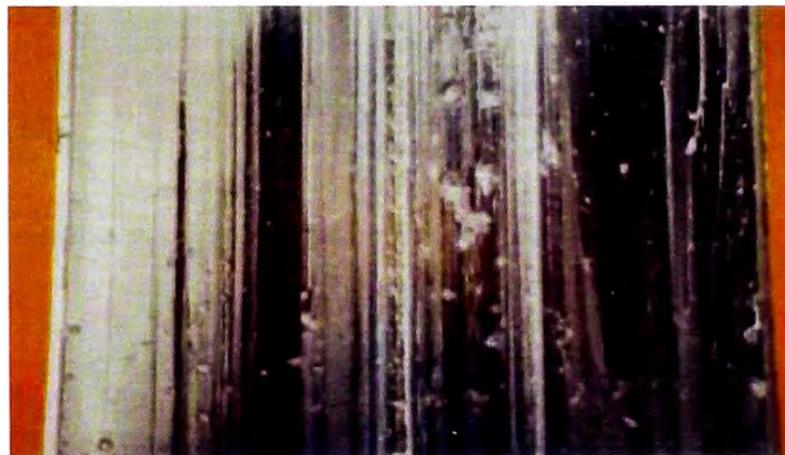


FIG. 4.78. Vista de acercamiento a ralladuras e incrustaciones en cojinete.

Un examen más detallado del semicasco superior (cargado) de este cojinete indica que las asperezas de la superficie han producido ya desgaste secundario por adherencia. Noten también que las temperaturas elevadas de la superficie oxidaron y ennegrecieron la capa de plomo y estaño a ambos lados del centro.

La operación en estas condiciones (especialmente durante el arranque antes de que llegue el aceite) hace que la superficie áspera genere cada vez más calor, y llegue eventualmente a producir desgaste por adherencia en el refuerzo de

acero (fig.4.79). El resultado final podría ser otra "falla inexplicada". Pero en este caso sabemos que el daño se debió a los residuos que quedaron en el cigüeñal.

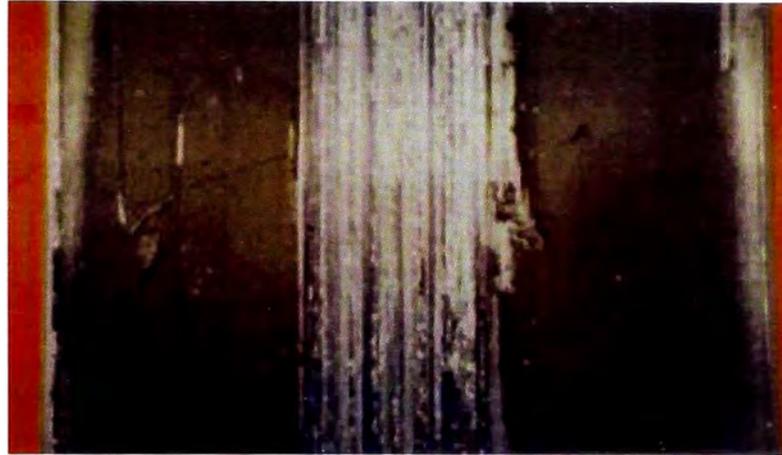


FIG.4.79. Desgaste secundario por adherencia producido en el refuerzo de acero.

Este cojinete de la fig.4.80 tuvo un daño por abrasión menos serio, típico del daño producido por filtros defectuosos o con intervalos de cambio prolongados.



FIG.4.80. Cojinetes con desgastes por abrasión.

Los cojinetes ennegrecidos porque han absorbido demasiado carbón empezarán a perder su capacidad de lubricación y de absorción (fig. 4.81). Durante el arranque habrá más fricción y se generará más calor. Los cojinetes se deteriorarán lentamente hasta que uno desarrolla desgaste secundario por adherencia y comienza a patinar.



FIG.4.81. Cojinetes ennegrecidos por absorción de carbón (hollín).

Un examen más detallado del cojinete de bancada en peores condiciones indica que la superficie está llena de incrustaciones y parece que partes de la capa de plomo y estaño completamente absorbida se han desprendido en los arranques con el enclavamiento del cigüeñal y las asperezas de la superficie del cojinete.

Después, como un estropajo, el material suelto produjo cortes por abrasión antes que llegara aceite para sacarlo del área del cojinete (fig.4.82). Este daño se asemeja a los cortes producidos por el carbón que suelen verse sobre el anillo superior de los pistones después de cientos de horas de funcionamiento.

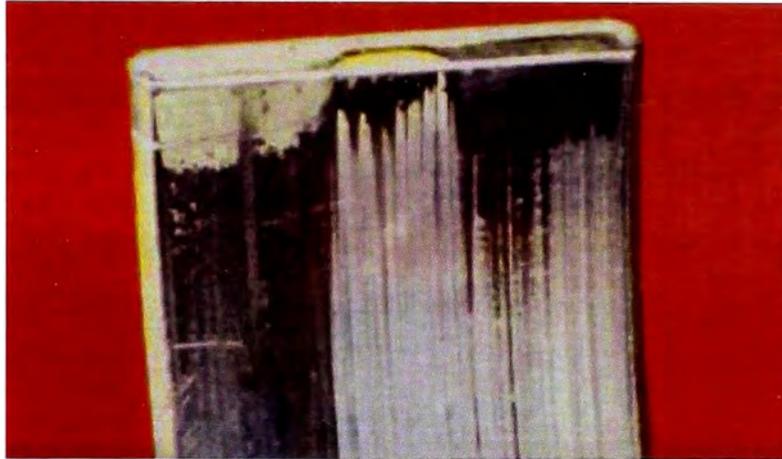


FIG.4.82. Cortes por abrasión producto de material suelto del mismo cojinete.

Si cortamos por la mitad uno de estos cojinetes con incrustaciones anormales y utilizamos gran ampliación, podemos observar el estado de la capa de plomo y estaño (fig.4.83). Noten en esta sección transversal que la capa brillante de aluminio representa sólo el 10% del grosor del cojinete. Es difícil ver la de plomo y estaño porque es muy fina.

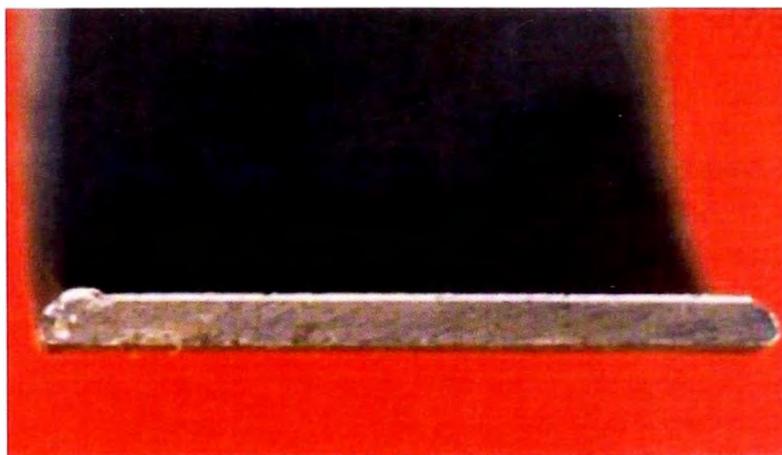


FIG.4.83. Corte transversal de un cojinete.

Con una ampliación de 400, vemos en este cojinete que gran parte de la capa de plomo y estaño con incrustaciones ya se ha desgastado (fig. 4.84). Con cada arranque la capa se va dañando y desgastando. Por último, el cojinete dañado puede empezar un desgaste secundario por adherencia y comenzar a dar vueltas.

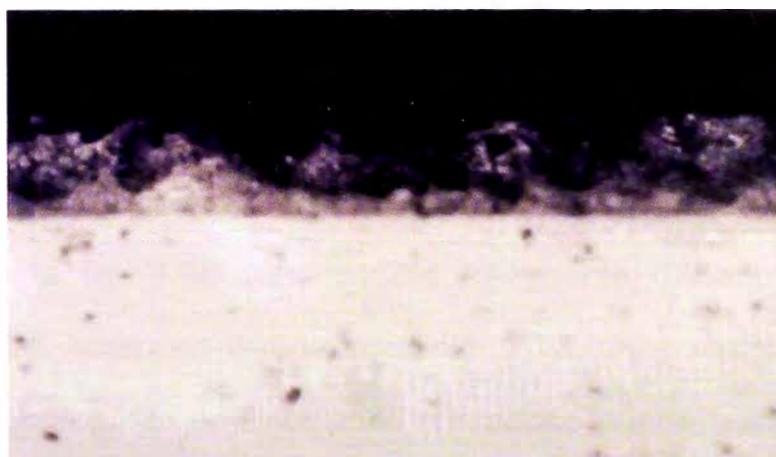


FIG.4.84. Ampliación del corte transversal de un cojinete.

Cuando los cojinetes tienen un color negro o son negros y el corte por abrasión fino les ha quitado la capa de plomo y estaño, como lo muestra la fig. 4.85., debemos empezar a recoger datos sobre la causa del exceso de carbón en el aceite.

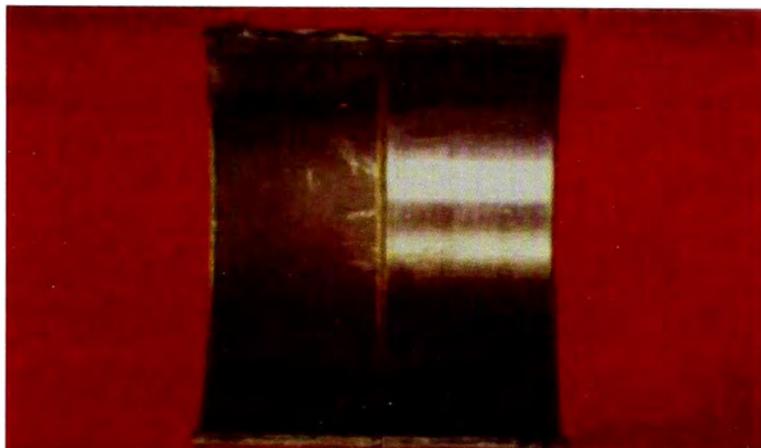


FIG. 4.85. Cojinetes ennegrecidos por exceso de carbón en el aceite.

Cuando los cojinetes de bancada están gastados y pulidos con apariencia de cromo como en la fig. 4.86 (uno quizás totalmente dañado) y cuando los cojinetes de bielas están en buena condición, debemos sospechar que hubo una descarga eléctrica. Un analista poco cuidadoso puede "saltar" a la errónea conclusión de que se produjo desgaste por adherencia sin haber hecho una inspección detenida de las superficies de desgaste de los cojinetes y del cigüeñal.

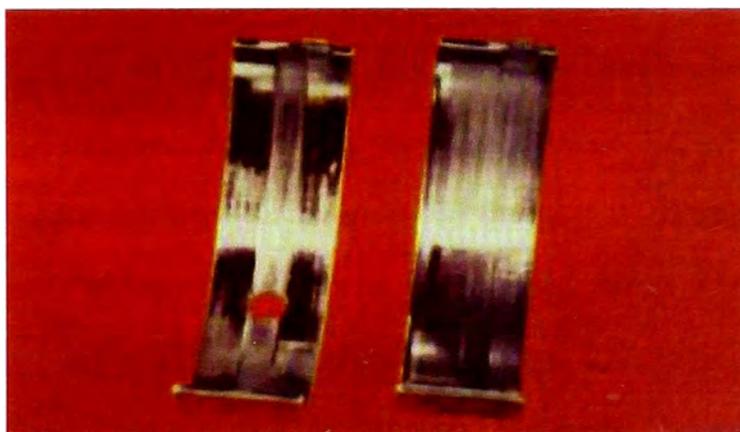


FIG. 4.86. Cojinetes de bancada altamente pulidos.

Una inspección más detallada de la superficie del cojinete (fig. 4.87) revela cortes finos por abrasión y picaduras pequeñas que se parecen a cicatrices de “sarampión”.

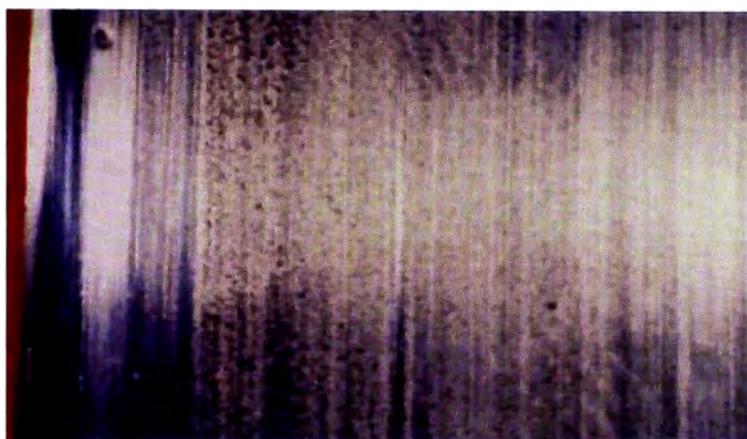


FIG. 4.87. Ralladuras finas y picaduras pequeñas en superficie de cojinete.

Erosión por Cavitación

La erosión por cavitación es normal en los cojinetes de biela y de bancada después de muchas horas de servicio. Los vapores atrapados en el aceite de lubricación forman burbujas en áreas de baja presión. Cuando las burbujas pasan a áreas de alta presión en la película de aceite atrapado, se revientan enviando adentro un chorro de aceite a gran velocidad. La velocidad de este chorro puede ser supersónica, ejerciendo gran fuerza al golpear contra pequeñas áreas de la superficie del cojinete. La capa de plomo y estaño es blanda y después de repetidas implosiones las áreas pequeñas desarrollan

grietas por fatiga. Pronto se desprenden pedazos pequeños de plomo y estaño que flotan en la película de aceite atrapado, causando poco daño por abrasión a medida que salen.

La erosión por cavitación severa indica que las burbujas de vapor eran muy grandes o muy numerosas, o ambas cosas. A continuación damos algunas causas posibles de burbujas anormales de vapor y la erosión por cavitación producida:

1. Restricciones a la entrada de la bomba de aceite que causan cavitación;
2. La válvula de derivación de la bomba de aceite retorna aceite (y burbujas de vapor atrapadas) a la admisión de esta bomba y no al cárter, dejando que las burbujas recirculen;
3. Viscosidad inadecuada del aceite o largos intervalos para cambiarlo, el aceite se espesa y la cavitación aumenta;
4. Alto nivel de aceite, el cigüeñal se sumerge en aceite e introduce aire;
5. Bajo nivel de aceite, permite la absorción de aire en la campana de succión;
6. Perdidas de aire del lado de succión de aceite permiten la entrada de burbujas.

La erosión por cavitación empezó a quitar el aluminio de este cojinete y produjo un poco de desgaste por abrasión (fig.4.88). Muchos de los otros cojinetes de este juego tuvieron daños similares. La erosión fue suficientemente severa para

arrancar trozos grandes de aluminio. Noten que los tres pedazos que se desprendieron están para caerse y empezar a circular en el sistema.

Un peor caso de erosión por cavitación puede producir desgaste secundario por abrasión y acortar la vida útil del cojinete. Es necesario determinar la causa de la erosión y solucionar el problema. Si la causa está en el uso o funcionamiento excesivos, pero necesarios, la solución puede estar en cambiar los cojinetes a las horas de cambio indicadas.



FIG.4.88. Cojinete con erosión por cavitación.

Corrosión por Frotamiento

La corrosión debida a desportillamiento por rozadura se produce cuando los cojinetes quedan flojos en su alojamiento. Eso puede ser el resultado de:

1. Cojinete muy pequeño;
2. Alojamiento demasiado grande;

3. Perno o tuerca flojo o floja;
4. Carga es demasiado grande;
5. Alojamiento cónico o de perfil irregular;
6. Basura entre caras de contacto al montar el cojinete.

La corrosión de desportillamiento por rozadura no produce los daños más serios en un cojinete original. A menudo un cojinete de repuesto no calza bien en su alojamiento debido a acumulación de corrosión resultante de desportillamiento por rozadura del cojinete original que produce puntos calientes y desgaste por adherencia en el de repuesto.

Veamos este juego de cojinetes de bancada de un motor, que funcionó unas pocas horas después de reacondicionar el motor (fig. 4.89). El cojinete número uno patinó en su alojamiento en el bloque, averiando el cigüeñal y haciendo necesario reperfurar el bloque. Al observar el cojinete roto vemos que la lubricación había sido adecuada cuando se produjo la falla, pero otros indicios se destruyeron cuando comenzó a girar. Debemos buscar datos circunstanciales en los cojinetes restantes para tratar de saber qué causó la falla.

Notemos que varios cojinetes de bancada parecerían tener puntos calientes, especialmente cerca de las caras de contacto. En particular, el segundo a partir de la derecha se debe examinar detenidamente.

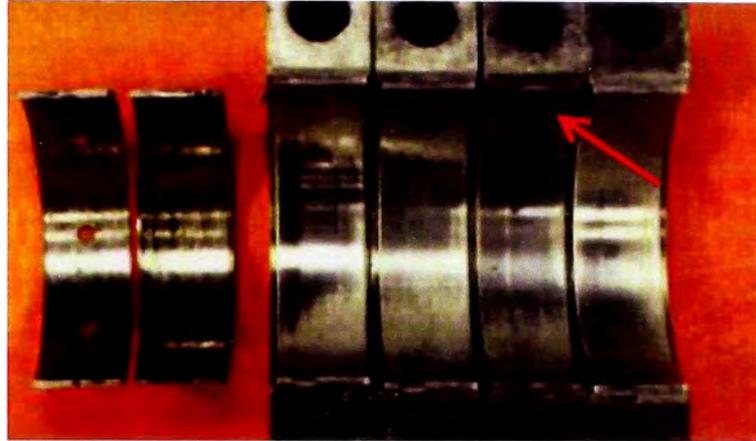


FIG.4.89. Cojinetes de bancada con puntos calientes.

Cuando sacamos el cojinete vemos en su alojamiento considerable acumulación de corrosión debida a desportillamiento por rozadura (fig.4.90). Este es un depósito de esta corrosión dejada por el cojinete anterior que se había aflojado. El depósito tiene una altura de más de 4 milésimos de pulgada y causó contacto entre el cojinete nuevo y el cigüeñal desarrollando un punto caliente a pocas horas de ponerse en funcionamiento.

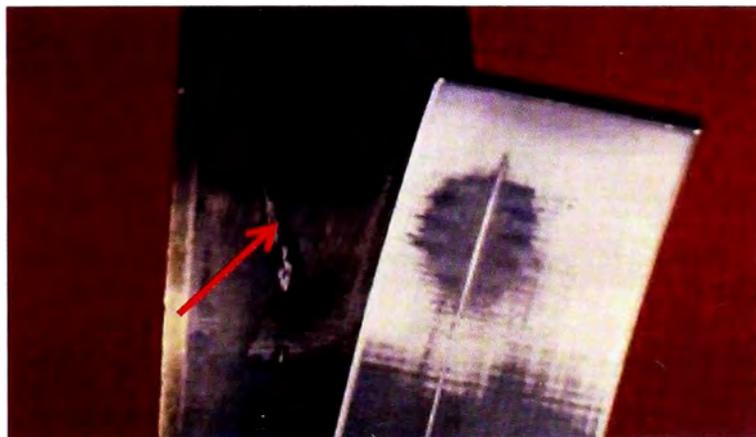


FIG.4.90. Depósito de corrosión en el respaldo (tapa de bancada) del cojinete.

Cuando hacemos la inspección del dorso del nuevo cojinete (fig. 4.91) vemos que hay una amplia área del dorso que nunca estuvo en contacto con el alojamiento del cojinete, reduciendo la conducción del calor en esta parte de la pieza. Como muchos de estos cojinetes tienen grandes depósitos de corrosión debida a desportillamiento por rozadura, es probable que el cojinete que falló también los tenga, lo que pudo haber causado atascamiento y patinaje del cojinete.

A medida que se sacan los cojinetes usados, el analista cuidadoso debe observar el dorso para ver si hay evidencia de corrosión por desportillamiento. Si la encuentra, debe tomar las medidas correctivas del caso antes de instalar nuevos cojinetes.



FIG.4.91. Amplia área en el dorso del cojinete sin evidencia de contacto con su alojamiento.

4.6 SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL MOTOR CATERPILLAR C175-16.

Flujo de aceite del motor

La figura 4.92 muestra el flujo del aceite a través del motor C175. El aceite es succionado desde el fondo del cárter (1) a través de una rejilla (2) por la bomba de aceite (3). La bomba envía el aceite al regulador de presión (4) que dirige el aceite hacia los enfriadores (5) o a través de la válvula de derivación (6), o de vuelta al cárter, en caso de que la presión sea demasiado alta.

El aceite fluye desde los enfriadores de aceite o la válvula de derivación hasta los filtros de aceite (7). El sensor de presión de aceite sin filtrar (8) y el sensor de presión de aceite filtrado (9) calculan la restricción de los filtros.

Desde los filtros de aceite de motor, el aceite entra al monobloque y fluye por la galería principal para lubricar los componentes internos del motor y los turbos (10). El aceite filtrado también es enviado para lubricar la bomba de combustible de alta presión (11).

Si la presión de aceite del motor aumenta por encima de los 550 KPa. (80 PSI), ésta se manifiesta en la parte superior del regulador, y lo mueve hacia abajo, en contra de la fuerza del resorte, dirigiendo el aceite hacia el depósito en el fondo del cárter.

En la sección frontal del depósito del cárter se encuentra la bomba de barrido (12). La bomba de barrido es la encargada de succionar el aceite desde la sección trasera del depósito y lo envían al depósito principal. La bomba de pre-lubricación (13) proporciona aceite de lubricación al sistema, y se conecta entre el regulador de presión y los enfriadores de aceite del motor.

Además, en la línea de la bomba de aceite se encuentra instalada la válvula de alivio (14), que limita la presión máxima del sistema a 875 KPa (127 PSI). La toma de muestra de aceite SOS (15) está ubicada en la válvula de derivación de los enfriadores de aceite.

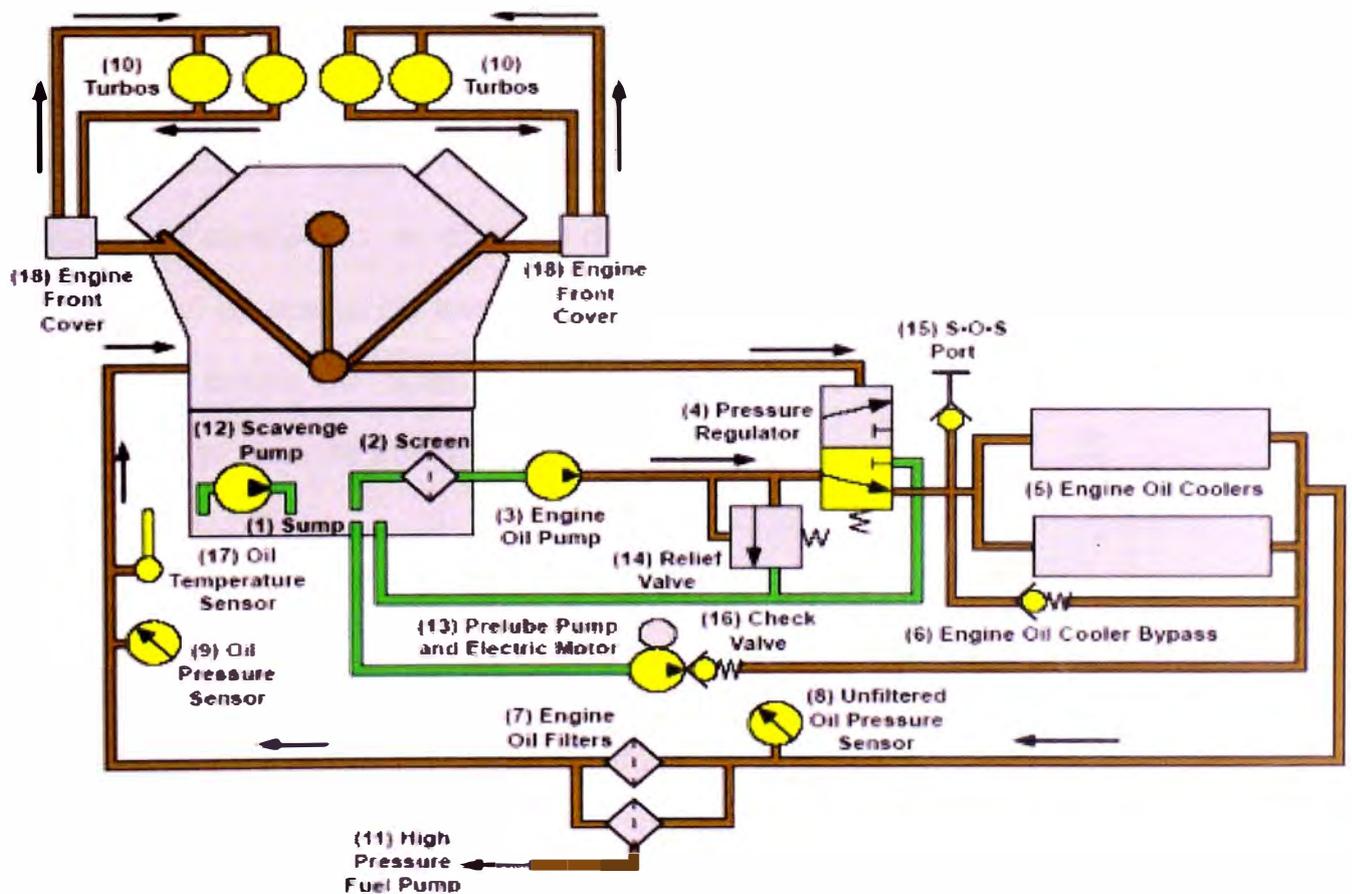


FIG. 4.92. Flujo de aceite a través del motor Caterpillar C175-16.

La figura 4.93 muestra la ubicación de la mayoría de los componentes del sistema de lubricación, en el lado izquierdo del motor:

1. Válvula de alivio y regulador de presión de aceite.
2. Bomba de aceite.
3. Válvula de derivación de los enfriadores de aceite.
4. Toma de muestra SOS.
5. Enfriadores de aceite del motor.

La tubería de aceite (6) comunica el flujo del aceite desde los enfriadores hacia los filtros de aceite, en el lado derecho del motor. El interruptor de nivel de llenado rápido de aceite (7) proporciona una señal de nivel de aceite al indicador de nivel lleno, en el panel de llenado rápido Caterpillar. El interruptor de bajo nivel de aceite (8) proporciona una señal de nivel de aceite al ECM de Motor. La mirilla de nivel de aceite (9) permite a los técnicos chequear visualmente el nivel de aceite desde el piso.

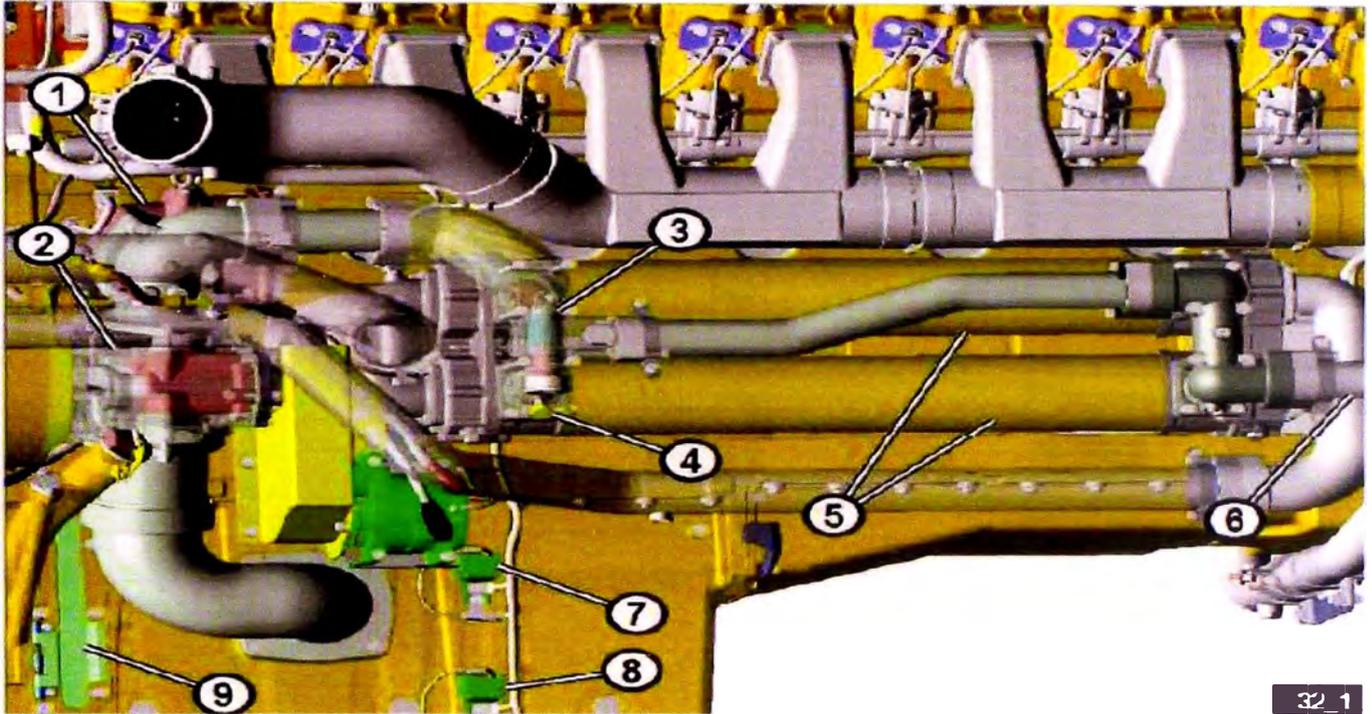


FIG. 4.93. Principales componentes periféricos del lado izquierdo del motor Caterpillar C175-16.

La figura 4.94 muestra la ubicación de los componentes del sistema de lubricación, en el lado derecho del motor C175-16:

1. Tubería inferior de aceite.
2. Base de los filtros de aceite.
3. Tubería superior de aceite.
4. Filtros de aceite.
5. Sensor de temperatura de aceite.
6. Sensor de presión de aceite filtrado.
7. Sensor de presión de aceite sin filtrar.

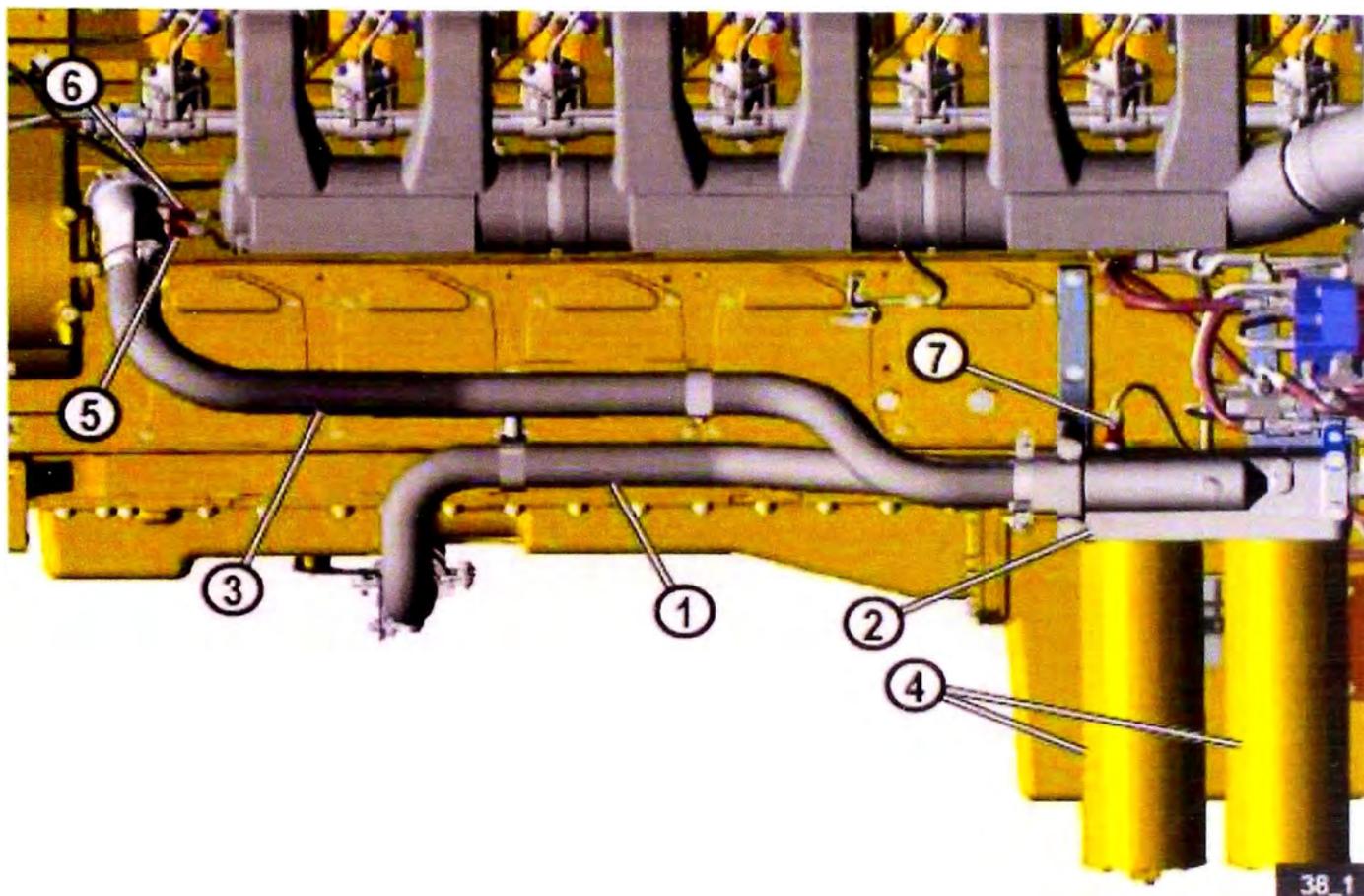


FIG. 4.94. Principales componentes periféricos del lado derecho del motor Caterpillar C175-16.

Flujo del aceite de lubricación

El aceite es succionado desde el depósito en el cárter, a través de la rejilla de succión, por la bomba de aceite (1), desde donde es enviado a la válvula de alivio y al regulador de presión.

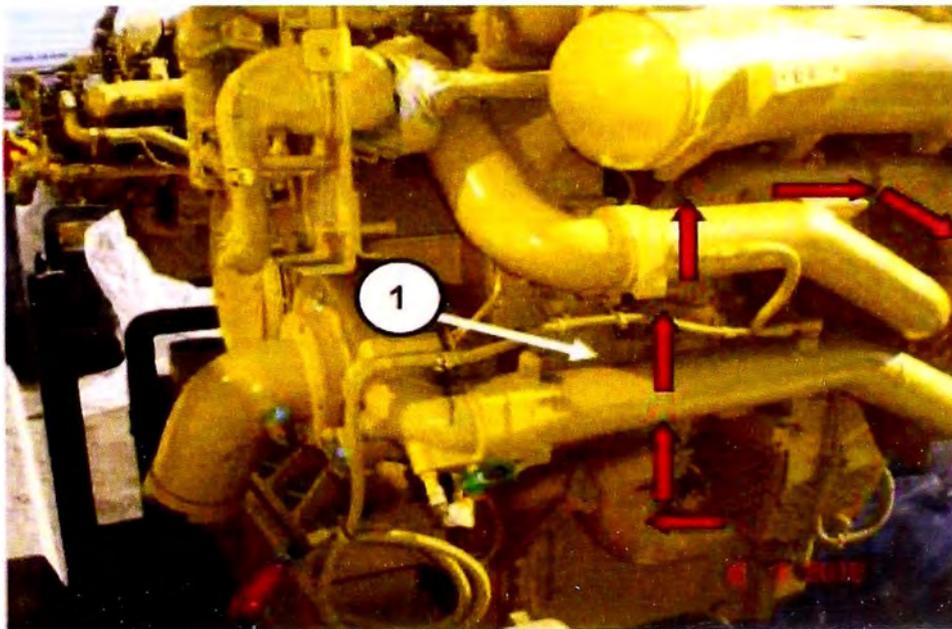


FIG.4.95. Flujo de aceite en los periféricos del lado izquierdo del motor Caterpillar C175-16.

Luego el aceite es dirigido a los enfriadores de aceite de motor (2), o a la válvula de derivación (3), desde donde sale por la tubería inferior de aceite (4).

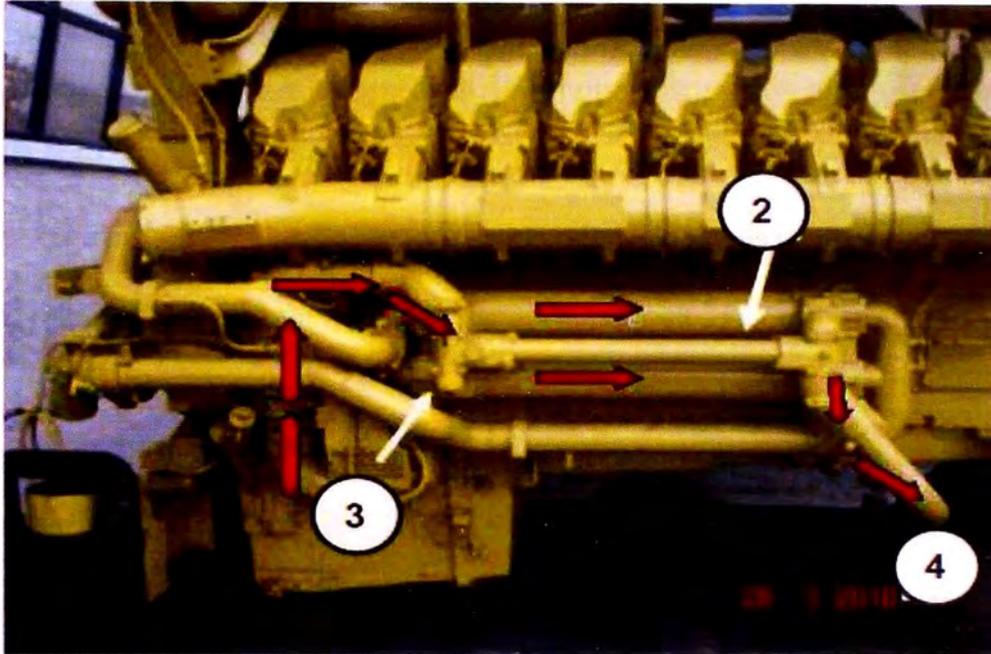


FIG.4.96. Flujo de aceite en los periféricos del lado izquierdo del motor Caterpillar C175-16.

Por la tubería inferior, el aceite llega a la base de los filtros (1), pasa por los filtros (2), desde donde sale por la tubería superior hasta el block, y por una línea paralela (6), a lubricar la bomba de alta presión.

El flujo del aceite de entrada al monobloque es monitoreado por el sensor de temperatura de aceite (3) y el sensor de presión de aceite filtrado (4). El sensor de presión de aceite filtrado monitorea la presión en el lado de descarga de la base de los filtros, y trabaja junto con el sensor de presión de aceite sin filtrar (5) para determinar el grado de saturación de los filtros. El sensor de presión de aceite sin filtrar monitorea la presión de aceite a la entrada del grupo de filtros.

El sensor de presión de aceite filtrado es el encargado de iniciar una Alarma de Nivel 1 por filtros de aceite saturados, y envía una señal al panel del Advisor, para informar al operador. La información del sensor de presión que es enviada al ECM de Motor, también se usa como presión determinante para controlar un evento de baja presión de aceite del motor.

El sensor de temperatura de aceite se usa para monitorear la temperatura en las estrategias de protección del motor. La temperatura debe ser controlada para informar al operador, vía panel del Advisor (panel en la cabina del operador), que la temperatura del aceite está por sobre los límites.

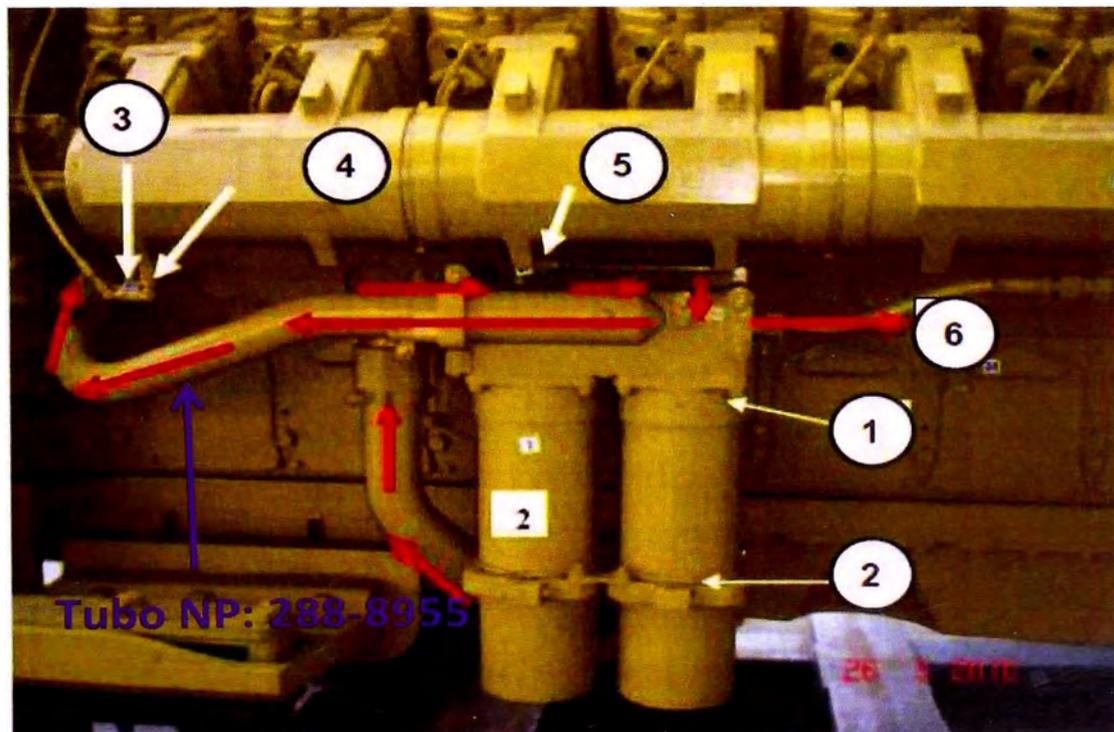


FIG.4.97. Flujo de aceite en los periféricos del lado derecho del motor Caterpillar C175-16..

CAPÍTULO V

DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.

5.1 APLICACIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS DE FALLAS.

5.1.1 Aplicación de los 5 Primeros Pasos del Método de Análisis de Fallas.

Paso 1: Definir el problema de forma clara y exacta.

Cliente:	COMPAÑÍA MINERA ANTAMINA S.A.	OT Cliente	PA31482
Modelo Máquina:	793F	Número Serie de Máquina:	SSP00114
Identificación Máquina:	HT056	Horas Máquina:	8782.6
Componente:	MOTOR	OT Anterior:	---
Número de Parte:	250-7100	Fecha Instalación:	15/03/2010
Horas Componente:	3146	Fecha Falla:	20/06/2011
Síntoma de Falla:	Falla de la biela de posición nro. 8 ocasiona fractura de monobloque en lado izquierdo del motor.		



FIG. 5.1. Imágenes tomadas en el lugar donde se produjo la falla.

Paso 2: Organizar nuestros pensamientos en preparación de la recopilación de hechos.

Previo a la recopilación de hechos en las partes del motor, solicitaremos y revisaremos la información referente a los antecedentes de mantenimiento y operación del camión, en búsqueda de indicios que pudieran predecirnos la ocurrencia de la falla. Esta información se puede encontrar en los siguientes documentos:

Historial de mantenimientos preventivos y correctivos.

Historial de análisis de aceite de motor.

Última inspección del elemento del filtro de aceite de motor antes de la falla.

Descarga de eventos registrados en el módulo electrónico del motor.

Continuaremos con la inspección de las partes internas del motor (inspecciones que serán debidamente registradas con fotografías), estableciendo como un área de análisis las partes relacionadas con las bielas de posición nro. 7 y 8.

Recuperación y agrupación de partes separadas o desechos caídos en el cárter del motor a consecuencia de la falla.

Remoción y corte de filtros de aceite de motor.

Inspección de balancines y superficie de culatas de posiciones nro. 7 y 8.

Agrupación e inspección de bielas de posición nro. 7 y 8.

Verificación del ajuste de los pernos de tapa de bielas de todas las demás bielas.

Inspección de todos los cojinetes de biela.

Inspección de todos los cojinetes de bancada.

Inspección de los conductos de lubricación para los cojinetes de la bancada nro. 4 y las bielas de posición nro. 7 y 8.

Inspección de los muñones de biela y bancada del cigüeñal.

Paso 3: Observar y recopilar los hechos.

- Historial de Mantenimientos Preventivos

Tabla 5.1. Historial de mantenimientos preventivos.

FECHA	EQUIPO	ODIOMETRO	OT	PM	COMPARTIMENTO
03-Jun-2010	HT056	4714	MD003110	X 50 HORAS	MOTOR
06-Oct-2010	HT056	5464	MD003110	CAMBIO DE ACEITE	MOTOR
12-Oct-2010	HT056	5511	MD003110	CORRECTIVO	MOTOR
25-Oct-2010	HT056	5712	MD003110	PM3	MOTOR
18-Nov-2010	HT056	6067	MD003110	PM4	MOTOR
10-Dic-2010	HT056	6400	MD003110	PM5	MOTOR
10-Ene-2011	HT056	6668	MD004338	PM6	MOTOR
11-Feb-2011	HT056	6925	MD004338	PM1	MOTOR
12-Mar-2011	HT056	7219	MD004338	PM2	MOTOR
30-Mar-2011	HT056	7523	MD004338	PM3	MOTOR
18-Abr-2011	HT056	7835	MD004338	PM4	MOTOR
11-May-2011	HT056	8090	MD004338	PM5	MOTOR
25-May-2011	HT056	8333	MD004338	PM6	MOTOR
10-Jun-2011	HT056	8597	MD004338	PM7	MOTOR

Del historial de mantenimientos preventivos se observa que estos se realizaron aproximadamente cada 250 horas, como indica el manual de mantenimientos. También podemos observar que el último mantenimiento al motor (cambio de aceite y filtros) se realizó el 10 de junio del 2011, 10 días antes de presentarse la falla.

- Historial de Mantenimientos Correctivos (últimos 2 meses)

Tabla 5.2. Historial de mantenimientos correctivos.

FSA OT	Descripción	Fecha de Ejecución
PA31478	DESCARGA DE VIMS Y CÓDIGOS EVENTOS DE MAQUINA	23/06/2011 15:10
PA31459	DESCARGA DE VIMS Y CONFIGURACIÓN	22/06/2011 11:04
PA31467	EVALUACIÓN DE EQUIPO POR PROBLEMA DE MOTOR	22/06/2011 10:58
PA31466	MONITOREO DE EQUIPO EN OPERACIÓN	22/06/2011 10:57
PA29300	APOYO A CAMIONES	19/06/2011 12:36
PA29244	BITM2234 : Mejora en conector de sensor de escape.	17/06/2011 17:30
PA31005	CAMBIO DE SENSOR DE MANIFOLD LADO RH	15/06/2011 12:51
PA31182	CAMBIO DEL LEVER SWITCH	15/06/2011 10:37
PA31213	DRENADO DE ACEITE DE DIRECCIÓN	15/06/2011 09:59
PA31230	INSPECCIÓN DE MEJORAS INSTALADAS EN MÚLTIPLE DE ESCAPE	14/06/2011 19:39
PA31258	EVALUACIÓN DE CÓDIGO ACTIVO DE INYECTOR 10	14/06/2011 16:20
PA31044	EVALUACIÓN POR PERDIDA DE POTENCIA	06/06/2011 17:21
PA31048	COLOCAR BATERÍAS PARA CARGA	06/06/2011 17:11
PA30497	EVALUACIÓN POR PÉRDIDA DE POTENCIA	04/06/2011 13:17

PA30931	MONITOREO EN CAMPO	03/06/2011 08:32
PA30939	EVALUACIÓN DE EQUIPO POR SONIDO DE TRANSMISIÓN	02/06/2011 16:18
PA30812	REPARACIÓN DE ACUMULADORES DE DIRECCIÓN	01/06/2011 16:41
PA30913	EVALUACIÓN DE EQUIPO POR PROBLEMA EN LA TRANSMISIÓN	01/06/2011 16:37
PA30733	EVALUACIÓN DE EQUIPO POR CÓDIGOS ACTIVOS	01/06/2011 09:57
PA30882	CAMBIO DE SENSOR DE PRESIÓN ATMOSFÉRICA Y PRESIÓN DE CARTER	31/05/2011 16:25
PA30866	EVALUACIÓN POR PÉRDIDA DE POTENCIA	30/05/2011 16:48
PA30367	EVALUACIÓN DE EQUIPO POR PROBLEMAS DE ARRANQUE	30/05/2011 16:41
PA30878	EVALUACIÓN POR PÉRDIDA DE POTENCIA, SEGUIMIENTO EN CAMPO	30/05/2011 14:26
PA30869	EVALUACIÓN DE SISTEMA AIRE ACONDICIONADO POR NO SALIR AIRE FRIO	30/05/2011 13:16
PA30837	EVALUACIÓN POR EVENTOS DE ADMISIÓN	30/05/2011 09:56
PA30852	MONITOREO DE EQUIPO EN OPERACIONES POR EVENTOS ACTIVOS	29/05/2011 15:01
PA30843	INSPECCIÓN DE MANIFOLD DE ESCAPE Y TOMA DE FOTOS	29/05/2011 12:24
PA30842	REGULACIÓN DE LOS LIMPIAPARABRISAS	29/05/2011 12:17
PA30813	REPARACIÓN DE PERNOS DE MÚLTIPLE DE ESCAPE	28/05/2011 17:19
PA30809	EXTRACCIÓN DE PERNOS DE Y DE ESCAPE DE TURBO #4	28/05/2011 16:56

PA30798	EVALUACIÓN DE INYECTORES N° 9 ERROR	27/05/2011 00:00
PA30486	INSTALACIÓN DE PERNOS A BASE DE FILTROS SECUNDARIOS Y SENSOR DE PRESIÓN DE COMBUSTIBLE	26/05/2011 16:35
PA29842	CAMBIO DE BELLOW DE ESCAPE.	17/05/2011 12:30
PA30032	TIBU6010 : Mejora en los clamps que sujetan la manguera de levante que pasa por el tubo central.	17/05/2011 08:18
PA30547	CAMBIO DE MANIFOLD DE ESCAPE LADO DERECHO	16/05/2011 20:24
PA30544	TRASLADO DE CAMIÓN A PLATAFORMA	16/05/2011 17:55
PA30536	EVALUACIÓN DE EQUIPO POR PRESIÓN MÚLTIPLE DE ADMISIÓN	16/05/2011 17:52
PA29488	BITM2231 : AISLAMIENTO DE VIBRACIÓN PARA SENSOR DE PRESIÓN MÚLTIPLE ADMISIÓN 793F.	15/05/2011 17:39
PA29954	EVALUACIÓN DE MOTOR POR EVENTO INYECTORES	15/05/2011 12:23
PA30513	MONITOREO DE EQUIPO EN OPERACIONES	14/05/2011 19:54
PA29344	CAMBIO DE MANIFOLD Y BELLOW DE ESCAPE RH	14/05/2011 18:58
PA30482	CAMBIO DE BELLOWS DE ESCAPE TURBO #4	13/05/2011 19:32
PA30472	INSPECCIÓN DE EQUIPO POR FUGA DE ACEITE Y REALIZACIÓN DE BACKLOG	13/05/2011 07:36
PA30425	APLICACIÓN DE BITM 2230-4 EVITAR FALLAS DE TURBO TCT	13/05/2011 07:23
PA28775	PI31841 : Trabajo en el compresor de aire camión 793F.	11/05/2011 11:41
PA28579	EVALUACIÓN DE VELOCIDAD DE FAN	10/05/2011 22:22
PA29147	APLICACIÓN DE SERVICE LETTER	07/05/2011 10:46

PA28666	BITMAAAA : Pruebas en los camiones 793F. Instalación de tuberías flexibles. A solicitud de soporte del producto. El procedimiento va ser enviado por Caterpillar.	07/05/2011 08:48
PA30251	BITM2230-04: ACCIÓN DE EMERGENCIA PARA EVITAR FALLAS TURBOS TCT 793F Las acciones a tomar se describen en el documento adjunto.	06/05/2011 19:27
PA30352	EVALUACIÓN DE SISTEMA DE DIRECCIÓN	06/05/2011 19:13
PA30333	EVALUACIÓN DE SUSPENSIONES EN OPERACIÓN	06/05/2011 09:09
PA28583	YPERLINK N DE MOTOR POR PERDIDA DE POTENCIA	05/05/2011 18:12
PA30295	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE	04/05/2011 13:02

Se revisó el historial de mantenimientos correctivos del camión, no encontrándose actividades en el motor que implicaran la remoción y/o reinstalación de cojinetes o bielas, así como tampoco actividades que pudieran provocar el ingreso de contaminación al sistema de lubricación del motor.

- Historial de análisis de aceite de motor

Es el mismo que se observa en las páginas 30 y 31 del presente informe, y en el se puede observar que el último muestreo de aceite de motor se realizó el 10/06/2011 (10 días antes de la falla) en el cual los resultados arrojaron todas

las tendencias de desgastes y contadores de partículas dentro de lo normal. También se observa que durante la inspección de la falla el 20 de junio del 2011 se volvió a muestrear encontrando principalmente la presencia de hierro en 148 ppm (crítico) producto de los desgastes propios de la falla y también se encontró la presencia de silicio en 15 ppm (crítico) el cual es un elemento externo al motor y que compone la tierra o polvo ambientales.

- Última inspección del elemento del filtro de aceite de motor antes de la falla.



FIG.5.2. Imagen del recorte del filtro de aceite de motor.

De la inspección visual realizada por el personal técnico de mina a los elementos filtrantes del motor, estos no presentaron partículas visibles

que dieran indicios de posibles desgastes o daños anormales en el motor.

- Descarga de eventos registrados en el módulo electrónico del motor.

Caterpillar Electronic Technician 2010C v1.0
Código de suceso registrado

20/06/2011 09:05 a.m.

Tabla 5.3. Descarga de sucesos registrados del módulo electrónico del motor.

Código	Descripción	Veces
C175 793 (B7B00103)		
E2143 (2)	Nivel bajo de refrigerante del motor	4
SMH Primera: 8782:38:26 SMH Última: 8782:38:26		
RTC Primera: 20/06/2011 05:35:09 a.m. RTC Última: 20/06/2011 01:55:20 p.m.		
E2112 (1)	Presión baja de refrigerante del motor	1
SMH Primera: 8782:38:17 SMH Última: 8782:38:17		
RTC Primera: 20/06/2011 05:10:35 a.m. RTC Última: 20/06/2011 05:10:35 a.m.		
E360 (1)	Baja presión del aceite del motor	1
SMH Primera: 8782:36:20 SMH Última: 8782:36:20		
RTC Primera: 20/06/2011 05:08:38 a.m. RTC Última: 20/06/2011 05:08:38 a.m.		
E360 (3)	Baja presión del aceite del motor	1
SMH Primera: 8782:36:19 SMH Última: 8782:36:19		

RTC Primera: 20/06/2011 05:08:37 a.m. RTC Última: 20/06/2011 05:08:37 a.m.		
E098 (1)	Anulación de la prelubricación del motor	8
SMH Primera: 8669:12:12 SMH Última: 8768:54:45		
RTC Primera: 14/06/2011 07:16:15 p.m. RTC Última: 19/06/2011 12:04:03 p.m.		
E101 (1)	Alerta de alta presión del cárter	85
SMH Primera: 8559:21:21 SMH Última: 8715:00:28		
RTC Primera: 08/06/2011 12:08:13 p.m. RTC Última: 16/06/2011 10:01:38 p.m.		
E586 (1)	Presión diferencial alta de entrada de aire número 4	11
SMH Primera: 8650:43:12 SMH Última: 8714:47:24		
RTC Primera: 13/06/2011 06:06:00 p.m. RTC Última: 16/06/2011 09:48:33 p.m.		
E585 (1)	Presión diferencial alta de entrada de aire número 3	11
SMH Primera: 8650:43:12 SMH Última: 8714:47:24		
RTC Primera: 13/06/2011 06:06:00 p.m. RTC Última: 16/06/2011 09:48:33 p.m.		
E584 (1)	Presión diferencial alta de entrada de aire número 2	11
SMH Primera: 8650:43:12 SMH Última: 8714:47:24		
RTC Primera: 13/06/2011 06:06:00 p.m. RTC Última: 16/06/2011 09:48:33 p.m.		
E583 (1)	Presión diferencial alta de entrada de aire número 1	11
SMH Primera: 8650:43:12 SMH Última: 8714:47:24		
RTC Primera: 13/06/2011 06:06:00 p.m. RTC		

Última: 16/06/2011 09:48:33 p.m.		
E586 (2)	Presión diferencial alta de entrada de aire número 4	4
SMH Primera: 8650:43:15 SMH Última: 8714:06:35		
RTC Primera: 13/06/2011 06:06:03 p.m. RTC Última: 16/06/2011 09:07:42 p.m.		
E585 (2)	Presión diferencial alta de entrada de aire número 3	4
SMH Primera: 8650:43:16 SMH Última: 8714:06:35		
RTC Primera: 13/06/2011 06:06:04 p.m. RTC Última: 16/06/2011 09:07:42 p.m.		
E584 (2)	Presión diferencial alta de entrada de aire número 2	4
SMH Primera: 8650:43:15 SMH Última: 8714:06:35		
RTC Primera: 13/06/2011 06:06:03 p.m. RTC Última: 16/06/2011 09:07:42 p.m.		
E583 (2)	Presión diferencial alta de entrada de aire número 1	4
SMH Primera: 8650:43:15 SMH Última: 8714:06:35		
RTC Primera: 13/06/2011 06:06:03 p.m. RTC Última: 16/06/2011 09:07:42 p.m.		

En lo referido a códigos de sucesos registrados podemos observar:

- El código E360 (niveles 1 y 3) el cual indica presión baja de aceite de motor y el código E2112 (nivel 1) el cual indica presión baja de refrigerante del motor, los que sucedieron consecutivamente, el

primero a las 5:08 am. nos precisa la hora de la falla catastrófica y el segundo ocurrido a las 5:10 am. nos precisa la fractura del mono bloque con fuga de refrigerante.

- El código E101 (nivel 1) registrado 85 veces indica alerta de alta presión de gases en el cárter y corresponde a una falla propia del sensor el cual será reemplazado oportunamente.
- El código E098 (nivel 1) registrado 8 veces, nos indica anulación de la pre-lubricación del motor.

Inspección realizada a las partes que componen el motor durante el desarmado realizado en el CRC.

Recuperación y agrupación de partes separadas o desechos caídos en el cárter del motor a consecuencia de la falla y corte de filtros de aceite de motor.

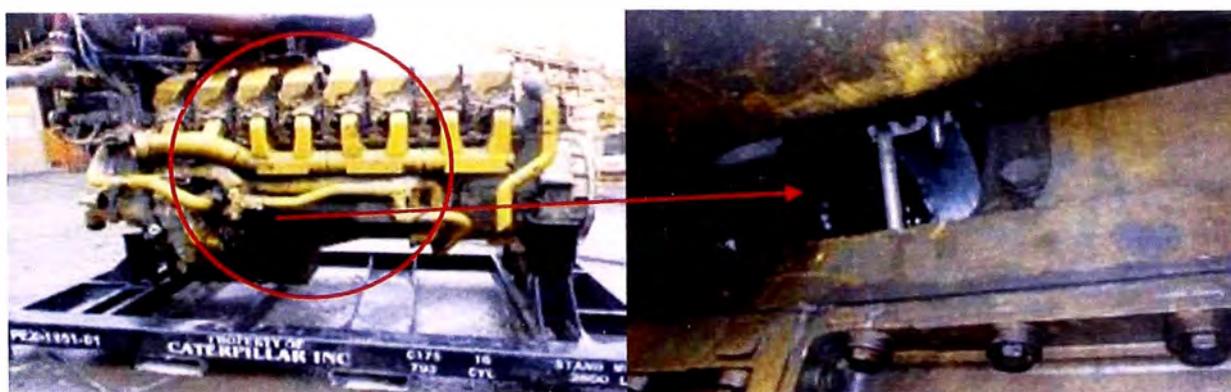


Fig. 5.3. Previo al lavado del motor Caterpillar C175-16 se verificó su número de serie NS: B7B00103 y su número de identificación interno Plaqueteo: SSP100082001.



c

Fig. 5.4. Partes del motor recuperadas en los alrededores del camino donde se detuvo el camión luego de la falla.



Fig. 5.5. Luego de la remoción del cárter del motor se encontró la biela y tapa de biela de posición nro. 7, así como también residuos de cojinetes extruidos.

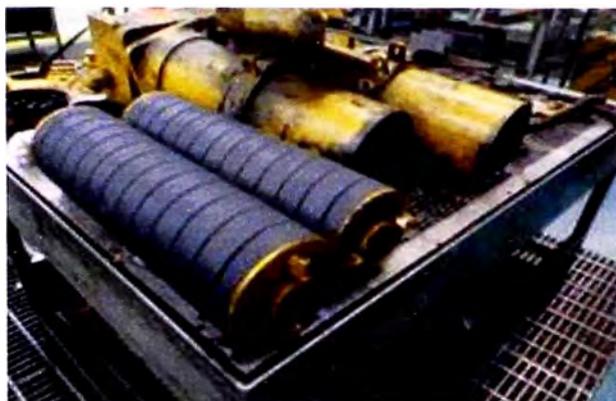


Fig. 5.6. Filtradores removidos de sus respectivos porta filtros.

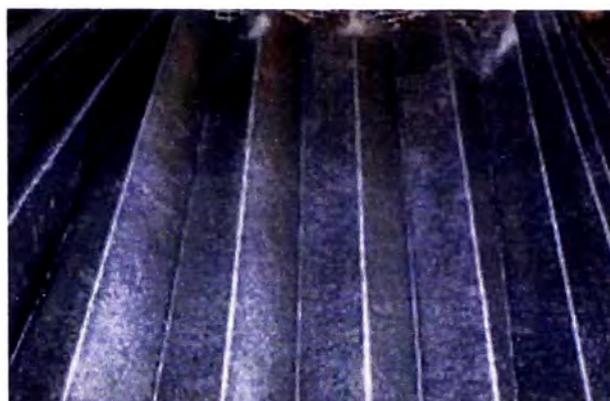


Fig. 5.7. Parte externa del elemento del filtro donde no se observan partículas adheridas y/o daños en el elemento filtrante.

Inspección de balancines y superficie de culatas de posiciones nro. 7 y 8.



Fig. 5.8. Balancines de la culata de posición nro. 7 en condiciones normales.

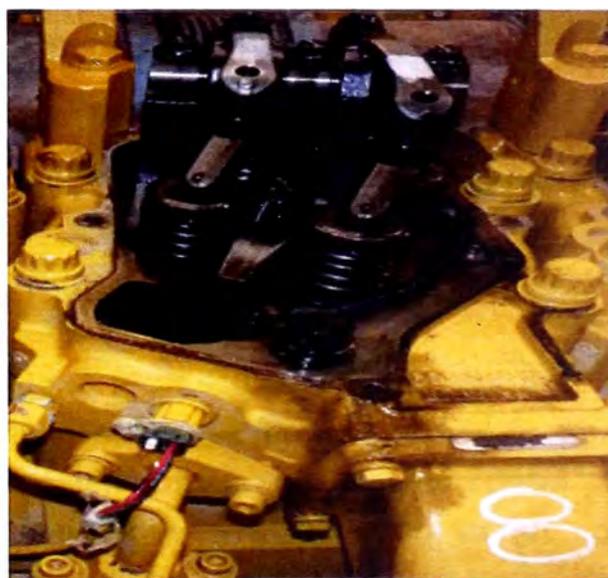


Fig. 5.9. Balancines de la culata de posición nro. 8 en condiciones normales.



Fig. 5.10. Superficie de combustión y cabezas de válvulas de la culata nro. 7 se hallaron con daños causados por el impacto contra la corona del pistón.



Fig. 5.11. Superficie de combustión y cabezas de válvulas de la culata nro. 8 se hallaron con daños causados por el impacto contra la corona del pistón.

Agrupación e inspección de bielas de posiciones nro. 7 y 8.



Fig. 5.12. La biela de posición nro. 7 presenta severos daños por recalentamiento e impactos contra el monobloque y cigüeñal por lo que no se pueden identificar los tipos de fractura presentes. Se lograron recuperar todas las partes de las bielas con sus respectivos pernos.



Fig. 5.13. La biela de posición nro. 8 presenta severos daños por recalentamiento e impactos contra el monobloque y cigüeñal por lo que no se pueden identificar los tipos de fractura presentes. Se lograron recuperar todas las partes de las bielas con sus respectivos pernos.

- Verificación del ajuste (Nm) de los pernos de tapa de bielas de todas las demás bielas.

Tabla 5.4. Verificación de ajuste de los pernos de tapa de biela.

Cilindro	Perno 1	Perno 2	Perno 3	Perno 4	Perno 5	Perno 6
1	175	187	168	182	168	172
2	163	171	161	152	159	153
3	169	---	178	---	193	---
4	184	188	186	188	188	188
5	184	175	182	167	184	165
6	---	---	---	---	---	---
7	---	---	---	---	---	---
8	---	---	---	---	---	---
9	178	184	175	183	175	194
10	179	169	159	183	167	178
11	186	178	182	180	183	199
12	153	184	172	179	193	182
13	160	---	157	---	161	---
14	188	176	188	194	190	194
15	155	148	164	153	142	161
16	164	168	176	184	178	161

De la verificación de los ajustes de los pernos de tapa de biela se encontraron en promedio a 175 Nm. Ninguno de los pernos se halló flojo o con un ajuste menor a 90 Nm., encontrándose con un ajuste aceptable según especificación del fabricante.

Inspección de todos los cojinetes de biela.



Fig. 5.14. Luego del desmontaje de los cojinetes se procedió a su identificación (numeración) en la zona correspondiente a su seguro de instalación, dado que en esa zona no se afecta alguna superficie de desgaste que sea de importancia para el análisis de falla.



Fig. 5.15. Se inspeccionó el número de parte NP: 322-3030, códigos de fabricación y marca registrada de todos los cojinetes.



Fig. 5.16. Se realizó la presentación ordenada de los 16 juegos de cojinetes de biela a fin de observar mejor los desgastes y/o algún patrón anormal de desgaste. Principalmente se observa la extrusión total de los cojinetes las bielas de posiciones nro. 7 y 8 y ralladuras superficiales en todos los semicascos.



Fig. 5.17. El cojinete de posición nro. 4 presenta una ralladura profunda (señalada con flecha roja) la cual ha recorrido toda la longitud de ambos semicascos. En el semicasco superior (lado derecho) se observa que la ralladura se encuentra sobre el desgaste normal erosivo presente en el cojinete, lo cual indica que la ralladura se produjo durante las últimas horas operativas del motor.

Inspección de todos los cojinetes de bancada.

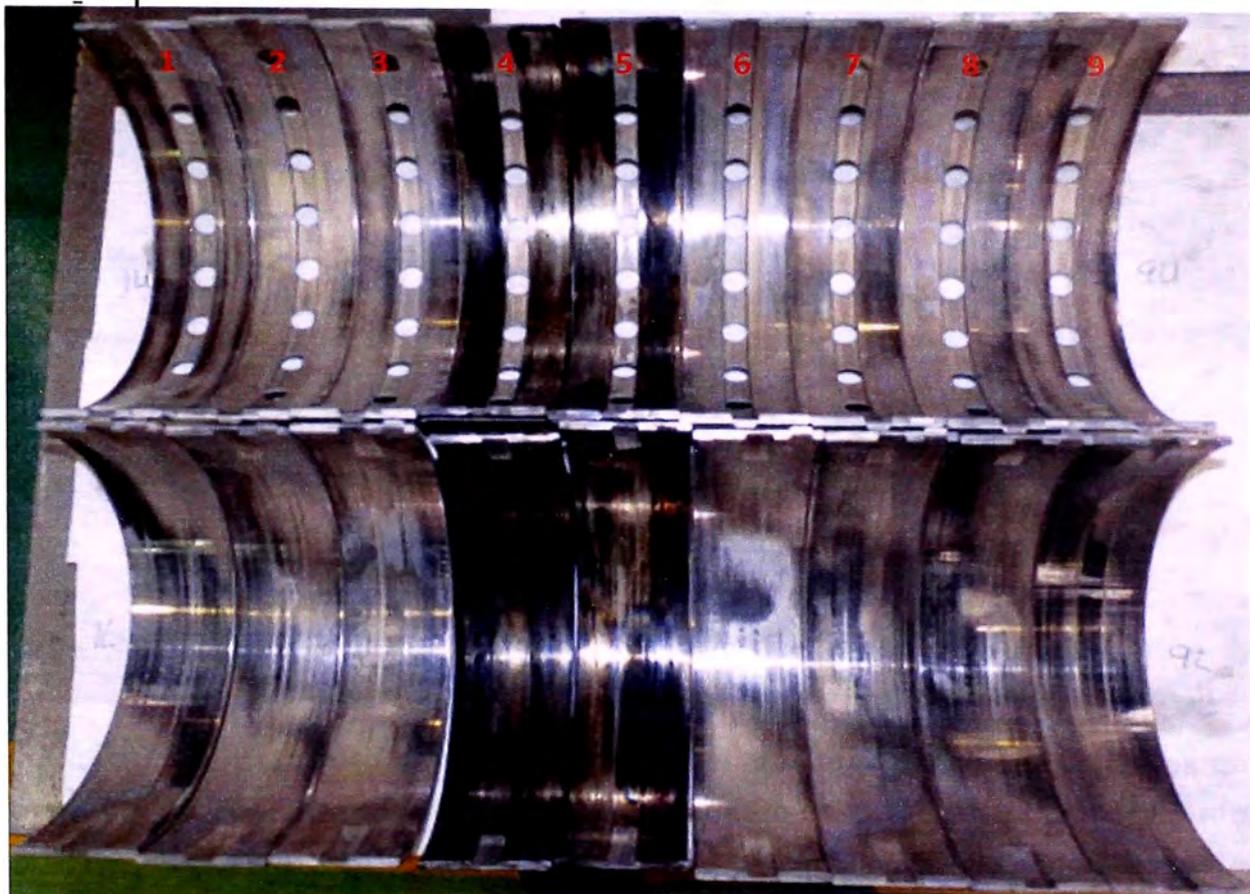


Fig. 5.18. Se realizó la presentación ordenada de los 9 juegos de cojinetes de bancada NP: 286-5801 a fin de observar mejor los desgastes y/o algún patrón anormal de desgaste. Principalmente se observa la deformación por altas temperaturas de los cojinetes de posición nro. 4 y 5. La superficie de los semicascos de los cojinetes nro. 4 y 5 se hallaron con ralladuras y microsoldaduras severas. Todos los demás semicascos presentaron ralladuras superficiales.

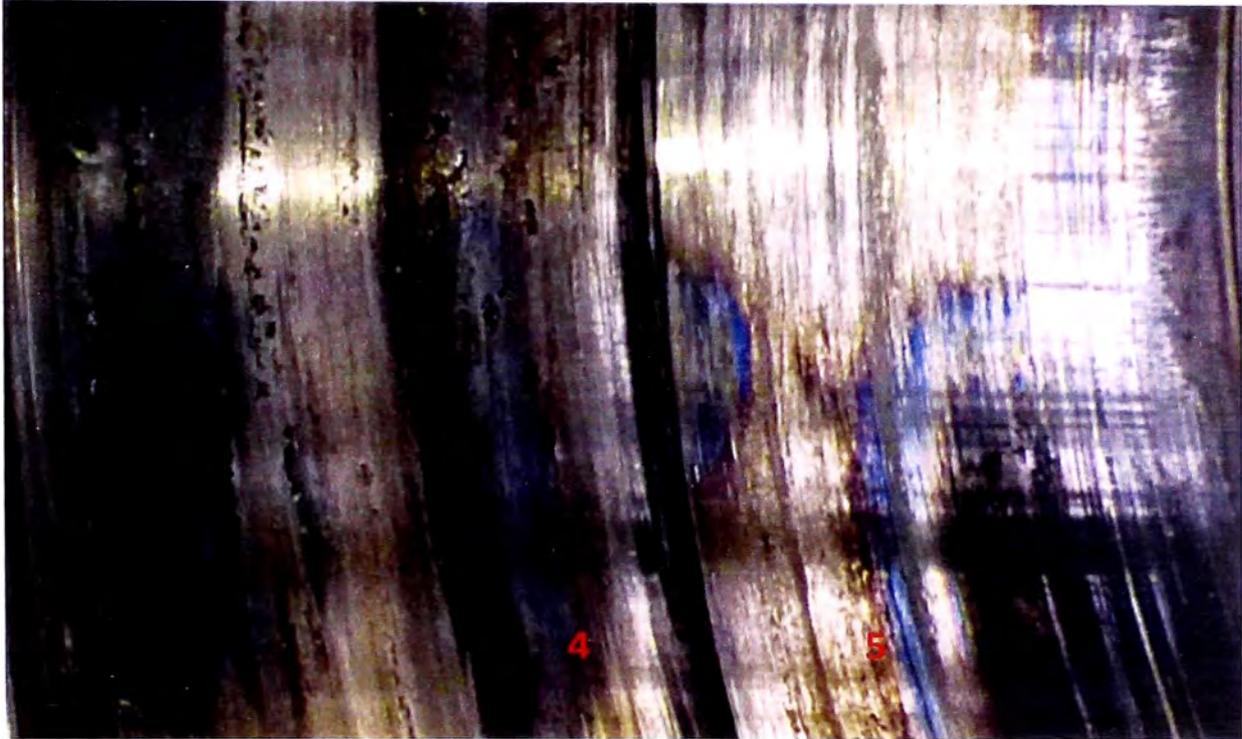


Fig. 5.19. Acercamiento de la superficie de los semicascos de los cojinetes de bancada de posición nro. 4 y 5. Principalmente se observa recalentamiento severo con coloración negra y azul. Las superficies muestran ralladuras y desprendimientos por adherencia (microsoldaduras).

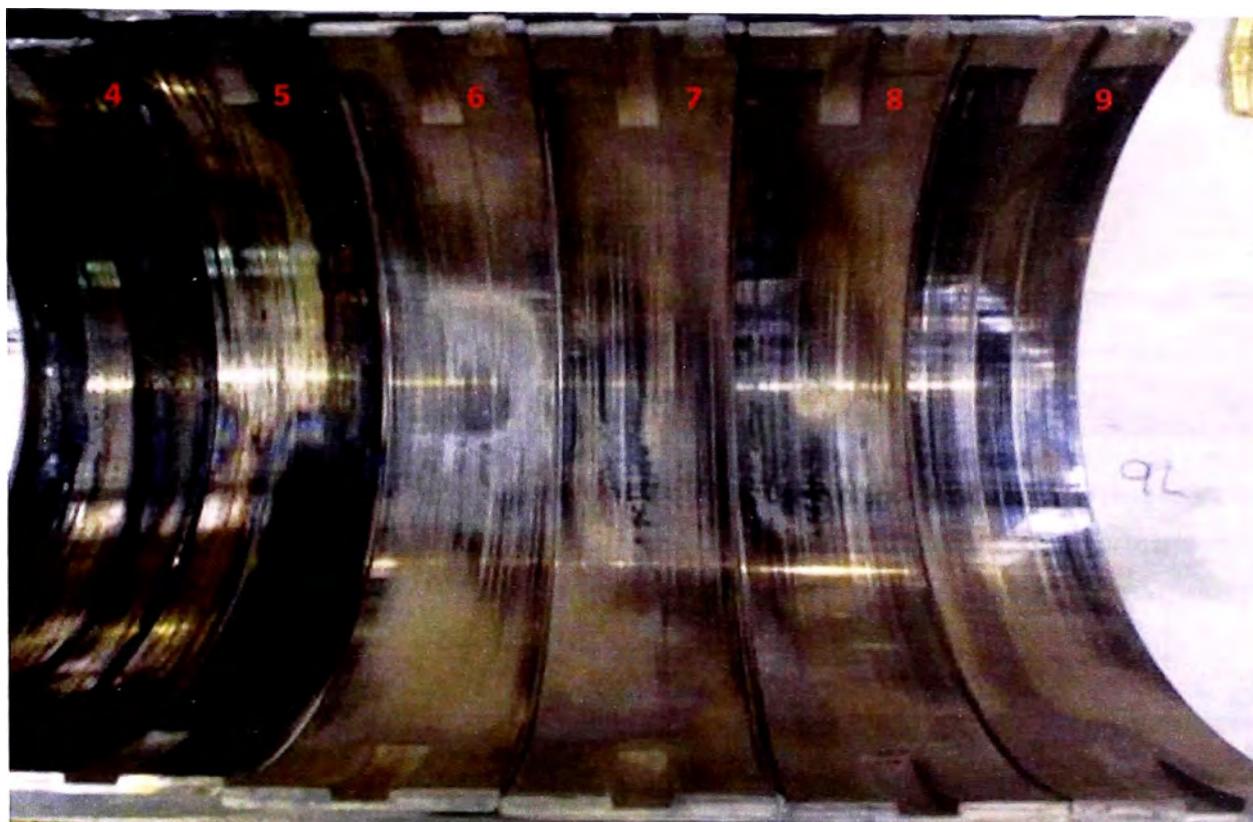


Fig. 5.20. Los cojinetes de bancada de las posiciones nro. 6, 7,8 y 9, al igual que los demás cojinetes presentaron ralladuras superficiales.



Fig. 5.21. Acercamiento de la superficie de los semicascos de los cojinetes de bancada de posición nro. 4 y 5. En un comparativo con los cojinetes de bancada de posición nro. 6, podemos apreciar que los cojinetes de bancada de posición nro. 4 y 5 no poseen sus seguros de instalación

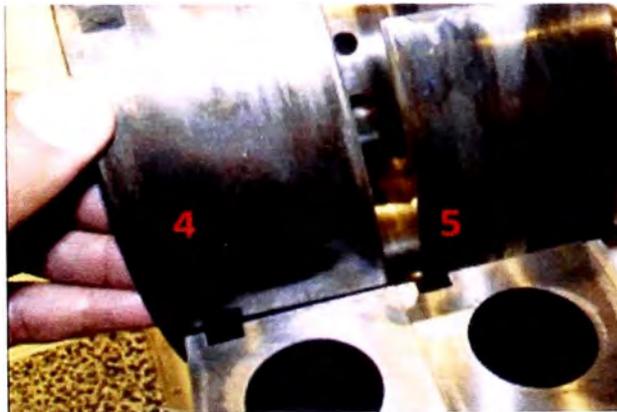


Fig. 5.22. Acercamiento de la superficie posterior de los semicascos de los cojinetes de bancada de posición nro. 4 y 5. Estos respaldos se encuentran con ralladuras severas.

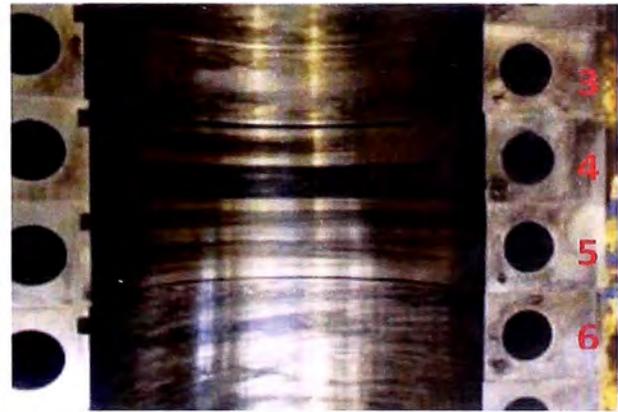


Fig. 5.23. Acercamiento de la superficie de las tapas de bancada de los muñones nro. 4 y 5. En un comparativo con las demás tapas de bancada estas se observan con ralladuras severas.

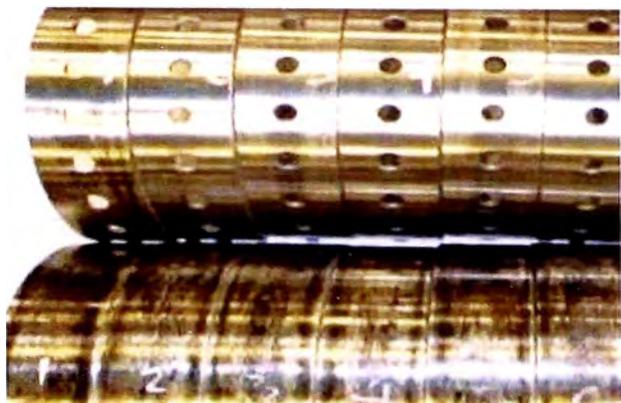


Fig. 5.24. Imagen de la parte posterior de los semicascos de bancada con los desgastes normales de corrosión por frotamiento por horas de operación.



Fig. 5.25. Imagen de la parte superior del túnel de bancada en el monobloque con los desgastes normales por horas de operación.

Inspección de los conductos de lubricación para los cojinetes de la bancada nro. 4 y las bielas de posición nro. 7 y 8.



Fig. 5.26. Inspección de los conductos de lubricación en el monobloque.



Fig. 5.27. Inspección de los conductos de lubricación en el cigüeñal.

Inspección de los muñones de biela y bancada del cigüeñal.



Fig. 5.28. Cigüeñal recién retirado del monobloque listo para ser ubicado en su bahía correspondiente.



Fig. 5.29. Cigüeñal ubicado en un banco elevado y giratorio, además de limpio para su inspección respectiva.

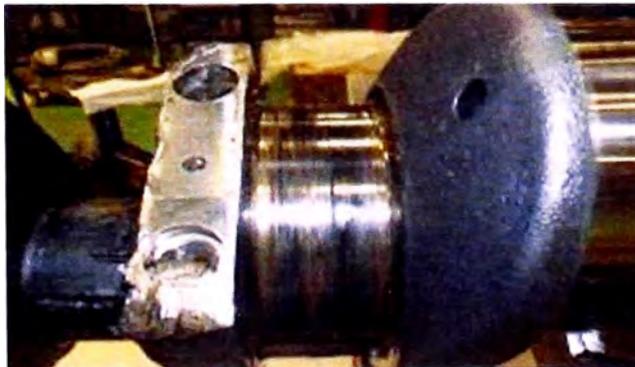


Fig. 5.30. Muñón de bancada de posición nro. 4 severamente recalentado y con desprendimientos por adherencia.

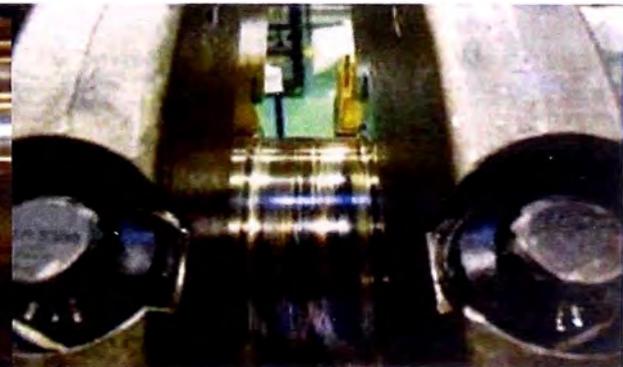


Fig. 5.31. Muñón de bancada de posición nro. 5 severamente recalentado y con desprendimientos por adherencia.

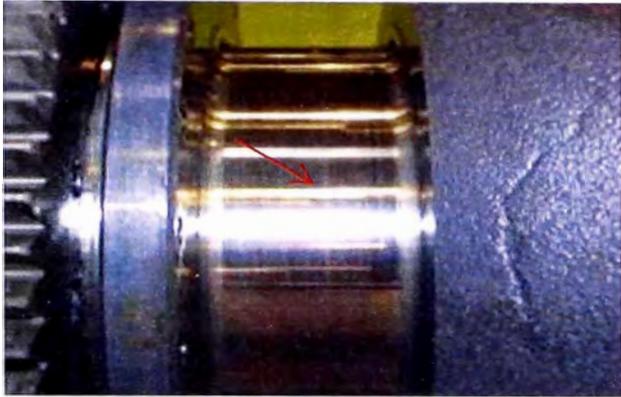


Fig. 5.32. Muñón de bancada de posición nro. 1 con ralladuras superficiales.

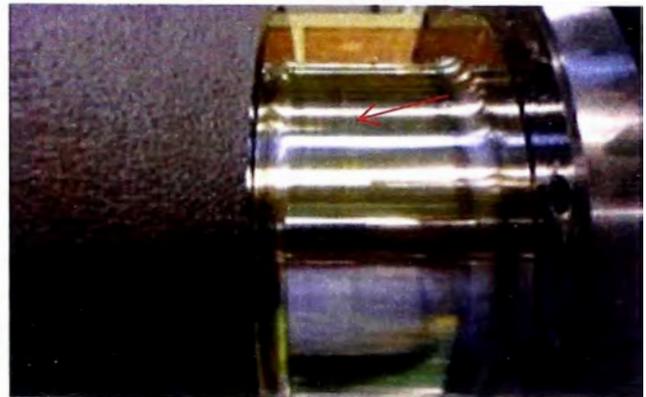


Fig. 5.33. Muñón de bancada de posición nro. 9 con ralladuras superficiales.

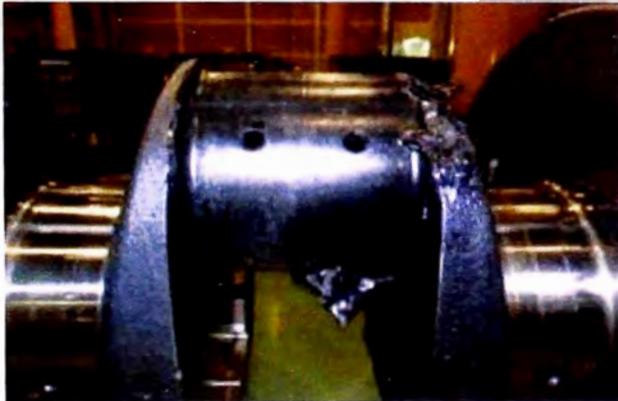


Fig. 5.34. Muñón de bielas de posición nro. 7 y 8 severamente recalentada.

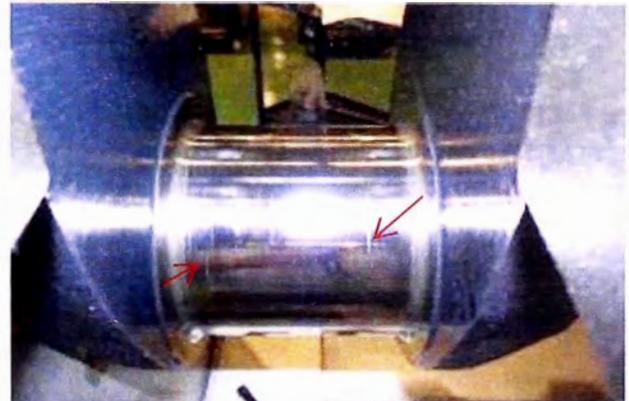


Fig. 5.35. Muñón de bielas de posición nro. 13 y 14 con ralladuras superficiales.

Paso 4: Pensar lógicamente con base en los hechos.

Luego de concluida la recopilación de hechos, observamos que los hechos más importantes se hallaron en los cojinetes de bancada y de biela del motor.

Los cojinetes de biela de posición nro. 7 y nro. 8 se hallaron completamente extruidos. Sabemos que para conseguir la extrusión de las almas de acero de los cojinetes se debió incrementar excesivamente la temperatura en los semicascos y esto es causado normalmente por una lubricación deficiente.

Los cojinetes de bancada de posición nro. 4 y nro. 5 presentan severo desgaste primario por abrasión, desgaste secundario por adherencia y ennegrecimiento de sus superficies superiores e inferiores debido a aceite quemado y adherido. De manera complementaria se observa que estos cojinetes han perdido sus seguros de instalación y se han girado de su posición original de instalación.

Todos los cojinetes de biela y bancada (a excepción de los cojinetes directamente afectados por la falla que son los cojinetes de bancada de posición nro. 4 y 5 y los cojinetes de biela de posición nro. 7 y 8) presentan desgastes abrasivos (ralladuras fácilmente visibles) en los semicascos superiores e inferiores.

Los hechos recopilados nos indican que el primer componente en fallar fue el cojinete de bancada de posición nro. 4 dados que estos hechos encajan perfectamente en la siguiente secuencia de falla:

1ro. Cojinete de bancada de posición nro. 4 se recalienta, se reduce su resistencia (se debilita) y se fracturan sus seguros de instalación.

2do. Al perder los seguros de instalación, el cojinete comienza a girar en su alojamiento en la bancada y bloquea el pase de aceite hacia su muñón de biela.

3ro. Al bloquearse el flujo de aceite hacia el muñón de las bielas de posición nro. 7 y 8, sus cojinetes también se recalientan, debilitan y se comienzan a extruir.

4to. Al haberse extruido y perdido totalmente los cojinetes de bielas de las posiciones nro. 7 y 8, el juego radial de las bielas se incrementa, incrementándose también las cargas de impacto de dichas bielas sobre su muñón.

5to. El incremento de las cargas sobre el muñón de las bielas nro. 7 y 8 se refleja en sus bancadas de soporte afectando también al cojinete de bancada de posición nro. 5.

6to. El incremento del juego radial y de las cargas de impacto produce la fractura de los pernos de las tapas de las bielas nro. 7 y 8 con la consecuente caída de dichas tapas.

7mo. Al perderse las tapas de biela, los cuerpos de las bielas nro. 7 y 8 impactan contra el monobloque, camisas y cigüeñal, generando todos los daños vistos en la inspección.

Ahora continuaremos nuestra investigación buscando las condiciones anormales que pudieron producir que el cojinete de bancada de posición nro. 4 falle y se gire. Nuestro primer y más importante indicio a seguir es el patrón de desgaste abrasivo visto en todos los cojinetes, los cuales principalmente se deben a:

- Partículas contaminantes que han quedado en los conductos de aceite durante el armado del motor. Esta posibilidad se descarta dado que la falla se ha producido luego de muchas horas de funcionamiento desde que el motor fue armado y también porque estas materias extrañas no se han visto reflejadas en los primeros resultados de análisis de aceite de motor y más aun teniendo en cuenta que ya el aceite se ha cambiado en reiteradas oportunidades.
- Partículas contaminantes autogeneradas en el motor. Esta posibilidad se descarta dado que se inspeccionaron los conductos de lubricación en el monobloque del motor y el tubo NP: 288-8955 (ver figuras 5.26 y 5.37) hallándose en condiciones normales.
- Paso de lubricante sin filtrar con partículas de carbonilla y residuos propios del motor. Esta posibilidad se descarta dado que el motor

posee un sensor de presión de aceite sin filtrar y otro sensor de presión aceite filtrado, con los cuales el módulo electrónico del motor calcula la restricción de los filtros de aceite del motor y con ello el hecho que la válvula de derivación se halla activado y dejado pasar aceite sin filtrar directamente al conducto principal de lubricación, y para nuestro caso este evento no se encuentra registrado.

- Superficies ásperas. Esta posibilidad se descarta ya que las superficies ásperas (superficie superior de los semicascos del cojinete de bancada nro. 4 o superficie del muñón de bancada nro. 4 del cigüeñal) tendrían que haber estado presentes desde el inicio de operación del motor y hubieran dado indicios de partículas de desgastes anormales de la superficie más suave, que correspondería al recubrimiento antifricción de plomo y estaño del cojinete, lo cual no se observó en ninguno de los resultados de análisis de aceite previos a la falla.
- Residuos del servicio. Esta posibilidad se descarta en todos los servicios de mantenimiento menos en el último ya que al disponer de resultados periódicos del análisis de aceite del motor, estos residuos se hubieran visto reflejados como elevados contadores de partículas de desgaste.
- Daños por soldadura de arco o picaduras por descarga eléctrica. Esta posibilidad se descarta dado que no se tienen picaduras en las superficies superiores e inferiores de los semicascos y corroboradas

con el historial de mantenimientos donde no se tienen registradas dichas actividades.

Otro aspecto a destacar del desgaste abrasivo visto es que las ralladuras producidas tienen un ancho considerable, en el mayor de los casos equivalente al ancho de un cabello humano (ancho mayor a 80 micrones). Estas ralladuras las deberían ocasionar partículas de un diámetro similar o mayor al de 80 micrones, pero que difícilmente pueden traspasar el elemento del filtro de alta eficiencia, el cual tiene una eficiencia del 100% para partículas mayores de 40 micrómetros (ver figura 5.36). Esto sumado al hecho que no se tienen registrados eventos de restricción de filtros, en el que el aceite se halla derivado sin filtrar hacia el conducto principal de lubricación en el monobloque, lo que reduce la zona de ingreso de partículas contaminantes entre la salida de los filtros y los conductos de lubricación del monobloque y las actividades que se pueden desarrollar en esas partes comprometidas.

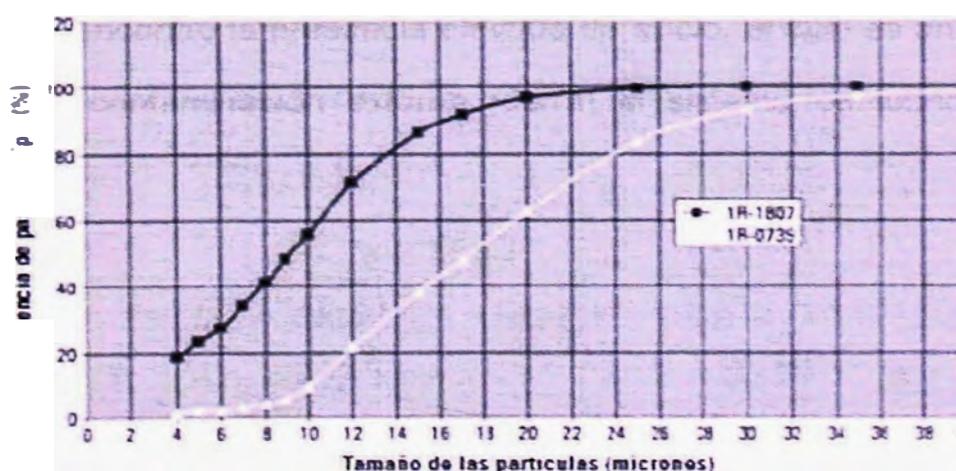


FIG. 5.36. Eficiencia de paso – Tamaño de partículas.

Paso 5: Identificar la causa real más probable.

Al haberse encontrado ralladuras fácilmente visibles, aproximadamente del ancho de un cabello humano, nos da indicios que se trataron de partículas de gran tamaño que no pueden superar la capacidad de filtrado de los filtros motor, lo cual reduce las zonas del circuito de lubricación donde se pudo generar el ingreso de partículas contaminantes a el tramo entre el filtro del motor y el cojinete de bancada nro. 4 (ver figura 5.37), y teniendo en cuenta que en ningún momento se activó la válvula de derivación del filtro de aceite, la causa más probable de falla se debería al ingreso de contaminación externa durante el último cambio de filtro de motor realizado el 10 de junio del 2011, y que no se pudo prever ya que no se contó con monitoreo de condiciones desde la fecha de dicho cambio hasta el momento de la falla por encontrarse muy cercanas en el tiempo. Esto se refuerza con lo hallado en los resultados de la muestra de aceite tomada durante la inspección del camión por la falla el 20 de junio del 2011 donde se encontró la presencia elevada de silicio, el cual es un indicativo del ingreso de contaminación externa (tierra) al sistema de lubricación del motor.

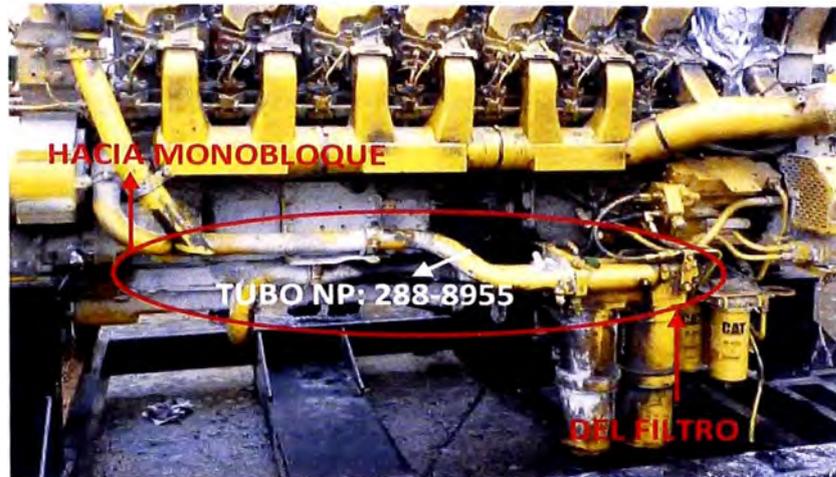


FIG. 5.37. Tramo de circuito de aceite ente el filtro y el monobloque.

Esta contaminación externa dañó en sobremanera el cojinete de bancada de posición nro. 4, provocando el progresivo desprendimiento de sus capas superficiales de plomo y estaño debido al desgaste abrasivo, lo que sumado a las altas cargas cíclicas inerciales a las que son sometidos los cojinetes durante la operación normal del motor, propiciaron una lubricación deficiente entre cojinete y muñón de cigüeñal, lo que conlleva a la pérdida de sus propiedades antifricción, de su propiedad de disipación de calor y de absorción de partículas, lo que a su vez redujo su resistencia mecánica permitiendo, inicialmente, la fractura y pérdida de sus seguros de instalación.

5.1.2 Recomendación Producto del Resultado del Análisis de Fallas.

Dado que la causa más probable de falla del motor Caterpillar C175-16 del camión HT056 del 20 de junio del 2011 es el ingreso de contaminación externa, se recomienda realizar el procedimiento dado por el fabricante en lo referido a

cambio de filtro de aceite de motor cumpliendo con los estándares adecuados de control de contaminación a fin de evitar el ingreso de tierra o polvo al sistema de lubricación del motor.

5.2 VERIFICACIÓN DEL RESULTADO DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO CON LA PRUEBA DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA POR BARRIDO.

Por tratarse de una falla de relevancia, posteriormente se solicitó a planta de fabricación de motores Caterpillar en Lafayette, Indiana, USA, la realización de una prueba de Microscopía Electrónica de Barrido.

Esta prueba arrojó como dato más importantes el que se hallaran en las ralladuras, incrustaciones de hierro, óxido de silicio y óxido de aluminio (fig.5.38), lo cual corroboró que el origen de las ralladuras es debido a la presencia de partículas de tierra y/o polvo en el aceite del motor.

- **Issue:**
Experienced engine ventilation at cylinders # 7-8, at 8782 hours (3146 hours after rebuild at Cat) on June 20, 2011.
- **Failure Analysis:**
Rod bearings 7 and 8 seized and spun on the crankshaft. Failure of the rods and bolts were after the bearing failure.
 - Rod bearings 6 and 9 lower shells showed polishing on the running surface and build up of material on the back side
 - All rod bearing uppers showed debris scratching
 - All rod bearing upper shells showed more wear than expected**Main bearings 4 and 5 had seized and spun**
 - All main bearings showed significant debris damage and higher wear than expected**Scanning electron microscope (SEM) evaluation of debris from multiple bearings showed silicon oxides (sand), aluminum oxides, and iron.**
- **Conclusions:**
Failure sequence began with main bearing #4, followed by failure of rod bearings #7 and #8, leading to ventilation of the engine block.
External debris introduced into the engine led to bearing failure.

FIG.5.38. Resultado de la prueba de Microscopía Electrónica por Barrido.

Otro dato muy importante que nos dio el resultado de esta prueba es la determinación exacta del ancho de las ralladuras más severas vistas en los cojinetes variando entre 60 y 80 micrómetros (fig. 5.39).

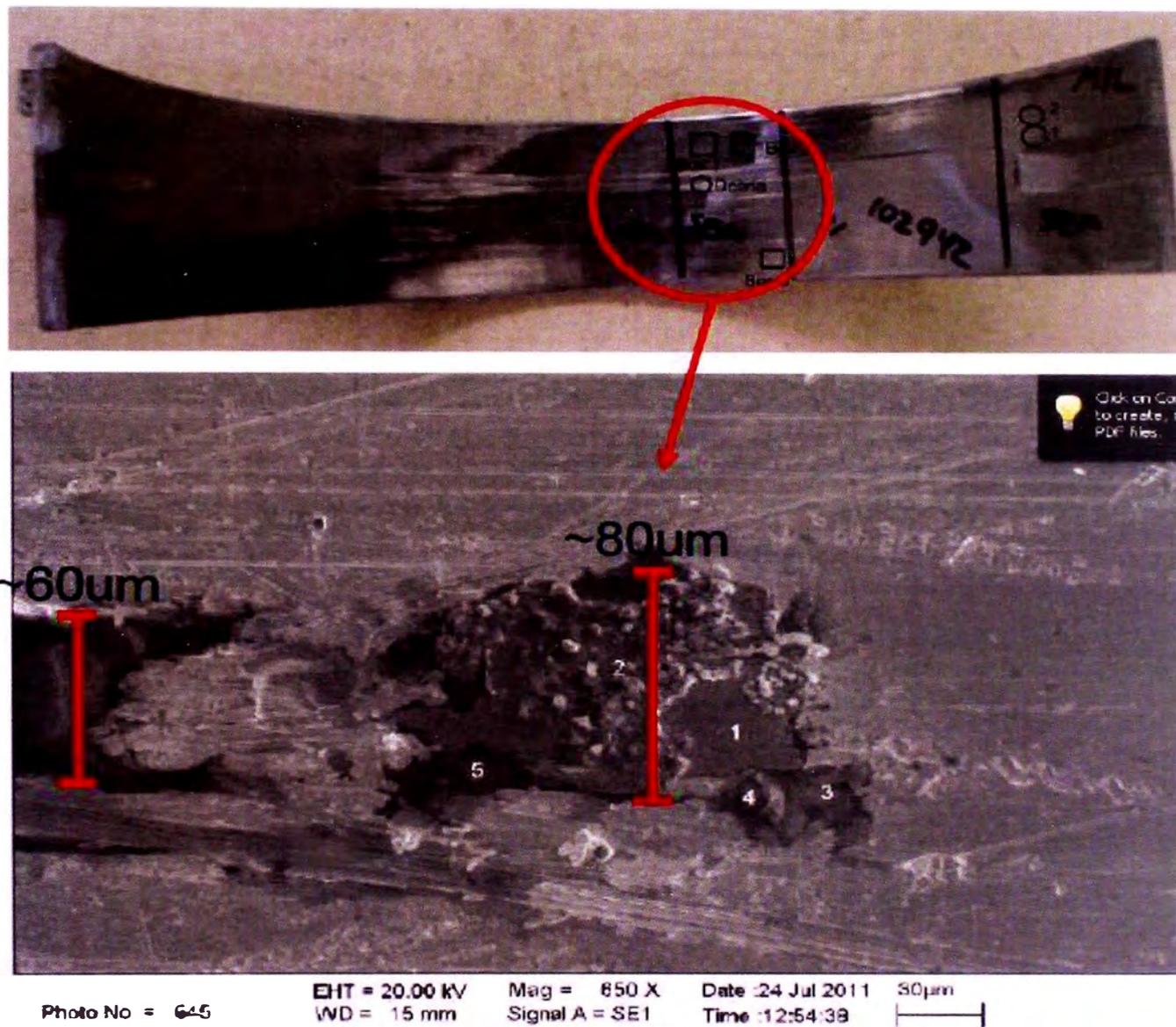


FIG.5.39. Imágenes de la prueba de Microscopía Electrónica por Barrido.

5.3 ESTIMADO DE COSTOS PRODUCTO DE LA FALLA.

5.1.3 Estimado de Costos de Mantenimiento.

Teniendo en cuenta los siguientes costos* en dólares americanos (detalles en el apéndice 1):

Costo de repuestos: \$ 476069.22.

Costo de la evaluación: \$ 22395.87.

Costo del análisis de falla (AFA): \$ 950.00.

Costo de actividades de cambio de motor: \$ 9192.40.

Costo de la microscopía electrónica por barrido (SEM) en 2 puntos:
\$ 800.00 – Precio referencial en Perú.

Costo de un motor remanufacturado: \$ 423493.93.

Costo de un motor nuevo: \$ 825890.24.

Para el presente caso se tienen 3 alternativas de solución técnica-económica:

1. *Análisis de falla con reparación de motor*, lo cual sumaría el costo de repuestos más los costos de evaluación, el costo de análisis de falla, el costo de actividades de cambio de motor, el costo de la microscopía electrónica por barrido, lo cual hace un total de \$ 509407.49 dólares americanos.

ANÁLISIS DE FALLAS CON REPARACIÓN DE MOTOR	
COSTOS	US \$
REPUESTOS	476069.22
EVALUACIÓN	22395.87
AFA	950
CAMBIO DE MOTOR	9192.4
SEM	800
TOTAL	509407.49

2. *Análisis de falla con compra de motor remanufacturado***, lo cual sumaría el costo del análisis de falla, costo de actividades de cambio de motor, el costo de la microscopía electrónica por barrido y el costo de un motor remanufacturado, lo cual hace un total de \$ 434436.33 dólares americanos.

ANÁLISIS DE FALLAS CON MOTOR REMANUFACTURADO	
COSTOS	US \$
MOTOR REMAN	423493.93
AFA	950.00
CAMBIO DE MOTOR	9192.40
SEM	800.00
TOTAL	434436.33

3. *Análisis de falla con compra de motor nuevo*, lo cual sumaría el costo del análisis de falla, costo de actividades de cambio de motor, el costo de la microscopía electrónica por barrido y el costo de un motor nuevo, lo cual hace un total de \$ 836832.64 dólares americanos.

ANÁLISIS DE FALLAS CON MOTOR NUEVO	
COSTOS	US \$
MOTOR NUEVO	825890.24
AFA	950.00
CAMBIO DE MOTOR	9192.40
SEM	800.00
TOTAL	836832.64

* Los costos no incluyen IGV.

** Motor remanufacturado es un motor reparado en fábrica con piezas recuperadas de diferentes motores que fallaron en el mundo, con una garantía equivalente al de un motor nuevo.

5.3.2 Estimado de Costos por Pérdidas de Producción.

Teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- El camión HT056 tiene una capacidad de carga de 226 toneladas métricas.

El camión HT056 realiza un ciclo completo de transporte en promedio cada 40 minutos.

El tiempo de paralización del camión producto de la falla fue de 72 horas.

La utilidad neta recibida por la empresa minera es de aproximadamente \$ 24.00 dólares americanos por tonelada de material procesado.

Se calcula que el camión dejó de transportar 24408 toneladas, lo que significa una pérdida de utilidades netas para la empresa fue de aproximadamente \$ 585792.00 dólares americanos.

CONCLUSIÓN

Considerando que:

Se aplicó el Método de Análisis de Fallas y se obtuvo la causa más probable de falla del motor analizado.

La verificación del Método de Análisis de Fallas realizado mediante una Microscopía Electrónica por Barrido arrojó resultados coherentes con la causa más probable hallada con el método aplicado.

Luego de la realización del Análisis de Falla la Compañía Minera Antamina S.A. optó por la compra de un motor remanufacturado, con lo que la falla le representó un costo total (costos de mantenimiento + costos por pérdida de producción) equivalente a \$ 1020228.33 dólares americanos, lo cual se convierte en un monto significativo y que justifica la inversión en un Análisis de Fallas y la inmediata toma de acción respecto a las recomendaciones.

Se concluye que si fue posible encontrar la causa raíz de la falla del motor Caterpillar C175-16 perteneciente al camión HT56 de la flota de camiones Caterpillar Compañía Minera Antamina S.A. mediante la aplicación del método de Análisis de Fallas con la finalidad de evitar la recurrencia de la falla.

RECOMENDACIONES

1. Incorporar la aplicación del Método de Análisis de Fallas u otros métodos de análisis de causa raíz, en la falla de los componentes principales del equipo minero de mayor escala, cuando esta no sea evidente, dado que está comprobado que ayuda a corregir y eliminar problemas.
2. Aplicar los 8 pasos del método propuesto con la finalidad de lograr la mayor satisfacción del cliente a pesar del malestar natural ocasionado por una falla.
3. Lograr el apoyo de la mayoría de personas tanto del cliente, proveedor y fabricante en el proceso de analizar una falla y hacer que sean reconocidos por sus contribuciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Caterpillar, Administración del Análisis de Falla Aplicado, USA, Caterpillar Inc., 1ra. Edición, 2000.
2. Caterpillar, Fundamentos del Exámen Visual, USA, Caterpillar Inc., 1ra. Edición, 2000.
3. Caterpillar, Fundamentos de Desgastes, USA, Caterpillar Inc., 1ra. Edición, 2000.
4. Caterpillar, Fundamentos de Fracturas, USA, Caterpillar Inc., 1ra. Edición, 2000.
5. Caterpillar, Fundamentos de Cojinetes Antifricción, USA, Caterpillar Inc., 1ra. Edición, 2000.
6. Lourival Tavares, Administración Moderna del Mantenimiento, Brasil, Novo Polo Publicaciones de Brasil, 2001.

7. John Moubray, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, USA, Industrial Press Inc., 2da. Edición, 1997.
8. Francisco Cornejo, Manual del Estudiante Motor C175, Chile, Finning Capacitación, 1ra. Edición, 2011.
9. Patologías y Rehabilitación en Construcción, Ibertis – Gabinete Técnico Pericial (<http://www.patologiasconstruccion.net/2012/12/la-microscopia-electronica-de-barrido-sem-i-concepto-y-usos/>), consultado el 01 de setiembre del 2013.

7. John Moubray, *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*, USA, Industrial Press Inc., 2da. Edición, 1997.
8. Francisco Cornejo, *Manual del Estudiante Motor C175*, Chile, Finning Capacitación, 1ra. Edición, 2011.
9. *Patologías y Rehabilitación en Construcción*, Ibertis – Gabinete Técnico Pericial (<http://www.patologiasconstruccion.net/2012/12/la-microscopia-electronica-de-barrido-sem-i-concepto-y-usos/>), consultado el 01 de setiembre del 2013.

APÉNDICE

Apéndice 1. Presupuestos relacionados a la falla del motor.

Presupuesto de Repuestos

PRESUPUESTO DE REPUESTOS

OT	N° Cotización	Seg- mento	Ops- ración	Referencia	Componente	N° Parte	Descripción	Canti- dad	Precio unitario	Precio total	Precio CORE	Tipo Carga	Clima	GAT	Minería GW	Proyec- to	Conse- ción Com. GW	CRC	OBSERVACIONES
CR33103	13E296924	04		MOTOR	PRUEBA DE MOTOR	3E7424	CLAMP	4	11.60	46.40		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296924	04		MOTOR	PRUEBA DE MOTOR	8T4986	CLAMP/ABRAZADERA	6	14.07	84.42		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	1P7115	GROMMET A	4	7.92	31.68		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	1R0755	FILTER A	3	63.87	191.61		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	1S0994	CLIP/ABRAZADERAS	1	3.62	3.62		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	1T1068	SEAL	2	3.65	7.30		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	1W4099	RING	1	26.54	26.54		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2M9780	SEAL O RING	4	1.07	4.28		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3E6751	SEAL	1	26.68	26.68		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3E6785	SEAL-O RING	4	18.82	75.28		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3N3790	PLATE SERIAL	1	6.79	6.79		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	4D8123	CLIP	2	4.42	8.84		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	5G3676	GROMMET	3	12.53	37.59		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	5N4428	BOOT	2	18.47	36.94		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	5N4432	BOOT/MANGUITO	4	15.95	63.80		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	5P0599	CLAMP/ABRAZADERAS	1	5.33	5.33		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	5P3860	CLAMP/ABRAZADERAS	4	7.15	28.60		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	5P4057	SEAL/SELLO	1	15.06	15.06		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	5P4868	CLAMP UNION/ABRAZA	2	5.74	11.48		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	5P4869	CLAMP/ABRAZADERA	2	6.27	12.54		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	5P8118	RING	2	6.65	13.30		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	6V1196	SEAL/SELLO	7	15.88	111.16		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	6V5266	SEAL O R	2	8.29	16.58		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	6V7238	VALVE	1	30.23	30.23		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	6V7970	SEAL	4	1.03	4.12		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	6V8397	SEAL	14	0.69	9.66		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	6V8398	SEAL O RING	3	0.76	2.28		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	6V9028	SEAL	10	0.77	7.70		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	6V9508	PLUG	1	3.64	3.64		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	6V9746	SEAL O RING	7	0.87	6.09		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	6V9829	PLUG AS	1	5.24	5.24		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	6V9832	PLUG AS	4	12.10	48.40		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	783028	SCREW/PERNO	2	0.17	0.34		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	8C3078	SEAL-O-R	2	7.90	15.80		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	8C3107	SEAL-O-RING	4	14.06	56.24		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	8S0948	CLIP/ABRAZADERA	2	5.13	10.26		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	8T6880	O RING SEAL	7	0.85	5.95		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	8T7525	O-RING SEAL	3	1.29	3.87		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	8T7526	O RING SEAL	2	1.48	2.96		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	8T7876	O-RING S	1	0.65	0.65		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	8T9524	SEAL	16	6.99	111.84		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	9M7959	CLAMP	4	4.44	17.76		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	9X6772	STRAP	2	1.08	2.16		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	1030892	GROMMET	1	21.32	21.32		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	1075591	NUT-JAM	1	0.70	0.70		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	1090077	SEAL	2	9.46	18.92		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	1236979	CLAMP	1	32.07	32.07		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	1313718	SEAL-O-R	2	17.44	34.88		Falla	100%						Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	1370135	DOWEL	4	30.17	120.68		Falla	100%						Desarmado y evaluación.

CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2139397	SEAL-O-RING	3	4.93	14.79	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2168578	SEAL-O-RING	16	1.44	23.04	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACION	2177742	GROMMET	1	52.45	52.45	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2287088	SEAL-O-RING	2	2.90	5.80	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2287089	SEAL-O-RING	1	3.05	3.05	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACION	2287090	SEAL-O-RING	26	3.33	86.58	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2287102	SEAL-O-RING	3	3.65	10.95	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2287105	SEAL-O-RING	5	4.28	21.40	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2287106	SEAL-O-RING	5	5.34	26.70	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2424100	SEAL-INTEGRA	16	49.82	797.12	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2432975	CLAMP AS-V-B	4	25.89	103.56	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2453574	SEAL-CSHAFT	1	112.36	112.36	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2453575	SEAL-CSHAFT	1	112.36	112.36	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2464924	GASKET	16	11.14	178.24	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACION	2501486	VALVE-SHUTOF	1	292.78	292.78	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2502343	SEAL-O-RING	18	1.07	19.26	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2588316	ELBOW	2	28.43	56.86	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2588733	SEAL-O-RING	2	14.17	28.34	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2588738	SEAL O-RING	2	8.06	16.12	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2589925	GASKET-COMB	16	28.60	457.60	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2589926	GASKET	16	8.46	135.36	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACION	2594597	SEAL-O-RING	3	3.46	10.38	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACION	2594600	SEAL-O-RING	2	19.15	38.30	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACION	2608448	HOSE AS	2	20.53	41.06	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACION	2608449	HOSE AS	1	22.50	22.50	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2681565	ELBOW	1	25.53	25.53	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2697885	SEAL-O-RING	12	18.13	217.56	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3025889	CLAMP-V-BAND	8	29.70	237.60	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3049600	BELLOWS AS	4	327.97	1,311.88	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3116030	SCREEN AS	4	38.71	154.84	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3172122	CLAMP AS-V-B	8	111.17	889.36	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3180820	GROMMET	7	7.13	49.91	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3249235	HOSE AS	2	57.13	114.26	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3249238	HOSE AS	1	89.63	89.63	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3249240	HOSE AS	1	74.38	74.38	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3249241	HOSE AS	4	126.76	507.04	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3249242	HOSE AS	1	71.27	71.27	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACION	3270812	HOSE AS	2	55.89	111.78	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3318554	GASKET OIL P	1	48.08	48.08	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3427962	RING	2	56.15	112.30	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3449285	RING	7	47.01	329.07	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3449286	RING	4	51.66	206.64	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACION	3479223	GROMMET	2	48.82	97.64	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3543510	BELLOW AS	4	929.98	3,719.92	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3625169	SEAL-INTEGRA	1	154.51	154.51	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACION	3637078	KIT-LINE AS	1	336.84	336.84	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACION	2H3928	SEAL O RING/ROSEL	6	4.22	25.32	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	6V5052	SEAL	1	20.87	20.87	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	4M0189	SEAL/SELLO	1	4.23	4.23	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3489252	BELLOWS AS	2	696.51	1,393.02	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	8T3095	TAP	1	84.66	84.66	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2467516	INSERT KIT	1	51.25	51.25	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACION	3303517	SEAL-O-RING	2	7.95	15.90	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2287091	SEAL-O-RING	2	3.63	7.26	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3303517	SEAL-O-RING	2	7.95	15.90	Falla	100%					Desarmado y evaluación.

CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	8N3640	RING/ANILLO	2	34.58	69.16		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	7E7209	RING	7	24.82	173.74		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	1539964	RING	2	26.68	53.36		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	4F7387	RING/ANILLO	2	4.80	9.60		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	5P4295	CLIP	1	5.83	5.83		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	4D7735	CLIP	2	6.96	13.92		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3E6735	SEAL	2	2.94	5.88		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	6V6560	O-RING S	3	0.76	2.28		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3145837	HOSE-HUMP	4	150.69	602.76		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3154016	CLAMP-V-BAND	4	12.99	51.96		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	2828229	CLAMP AS	4	13.69	54.76		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3175519	HOSE AS	1	44.05	44.05		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3175579	HOSE AS	1	45.88	45.88		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	8H7521	SEAL/SELLO	1	4.05	4.05		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	0689002	SEAL	2	6.37	12.74		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3K0360	SEAL	1	0.93	0.93		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	1128186	SEAL O RING	1	9.08	9.08		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3P0655	SEAL/SELLO	2	18.39	36.78		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	5F7054	SEAL/SELLO	1	1.27	1.27		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3625169	SEAL-INTEGRA	16	154.51	2,472.16		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3049595	BELLOWS AS	4	169.22	676.88		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296746	01	01	MOTOR	REPARACIÓN	3033131	CLAMP-V-BAND	8	75.49	603.92		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296770	02	01		ADICIONAL	1221148	CLAMP A	2	25.76	51.52		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296770	02	01		ADICIONAL	7X7911	CLIP	1	27.76	27.76		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296770	02	01		ADICIONAL	3286864	BRACKET AS	1	93.71	93.71		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297538	02	01		ADICIONAL	2330643	GEAR-FLYWHEEL	1	869.44	869.44		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297538	02	01		ADICIONAL	2831678	DAMPER GP (B	1	8,652.94	8,652.94		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297538	02	01		ADICIONAL	2599073	MOUNT AS	1	2,328.40	2,328.40		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	3251922	BRACKET	1	1.71	1.71		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	3219767	BRACKET	1	38.98	38.98		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	3219791	SUPPORT	1	102.18	102.18		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	6V4356	CLIP	1	18.27	18.27		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	6V4357	BRACKET	1	19.56	19.56		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	4D7388	CLIP	1	5.22	5.22		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	3413372	HOSE AS	1	102.04	102.04		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	1299454	FLANGE	2	110.58	221.16		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	1570670	CAP-DUST	1	4.02	4.02		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	2201851	VALVE-COOLAN	1	19.09	19.09		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	2608448	HOSE AS	2	20.53	41.06		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	3608039	BRACKET	1	59.61	59.61		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	3449288	FLANGE	2	52.80	105.60		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	2275714	ELBOW-90 DEG	2	8.79	17.58		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	2416158	PLUG-STOR	1	22.19	22.19		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	6V6782	CLIP	1	27.96	27.96		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	6V6783	BRACKET	1	20.38	20.38		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	6V9829	PLUG AS	1	5.24	5.24		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	6V8629	ELBOW	1	21.82	21.82		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	7S3916	CLIP/ABRAZADERAS	1	2.24	2.24		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	7S3919	CLIP/ABRAZADERAS	1	3.96	3.96		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	3178365	TUBE AS	1	389.82	389.82		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	1229088	TEE ORFS	1	40.81	40.81		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	3025905	RETAINER-LFT	2	63.21	126.42		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	6V5844	BOLT	2	1.29	2.58		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	9X8268	WASHER	2	0.70	1.40		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	5K9090	SEAL O RING	2	1.08	2.16		Faltantes	100%				Faltante.

CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	6V9854	ELBOW	1	42.21	42.21		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	6V8635	CONNECTOR	1	12.61	12.61		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	6V8640	CONNECTO	1	9.23	9.23		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	3383754	HOSE AS	1	50.75	50.75		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296771	03	01		FALTANTES	6V8943	REDUCER	1	18.03	18.03		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296917	01	05	MOTOR	REPARACIÓN	2173309	SEAL-O-RING	0	-	-		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296917	01	05	MOTOR	REPARACIÓN	*2287105	SEAL-O-RING	1	4.28	4.28		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296917	01	05	MOTOR	REPARACIÓN	2720759	SEL-PIP	16	22.48	359.68		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296917	01	05	MOTOR	REPARACIÓN	2287101	SEAL-O-RING	5	3.37	16.85		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296917	01	05	MOTOR	REPARACIÓN	8T7525	O-RING SEAL	4	1.29	5.16		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296917	01	05	MOTOR	REPARACION	5F7054	SEAL/SELLO	1	1.27	1.27		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296917	01	05	MOTOR	REPARACIÓN	2487584	ORIFICE	2	19.93	39.86		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296917	01	05	MOTOR	REPARACIÓN	2487585	ORIFICE	6	47.26	283.56		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296917	01	05	MOTOR	REPARACIÓN	6V3535	DOWEL	32	5.06	161.92		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296917	01	05	MOTOR	REPARACIÓN	6V6560	O-RING S	1	0.76	0.76		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296917	01	05	MOTOR	REPARACIÓN	2442446	PLUG-CUP	2	18.35	36.70		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296917	01	05	MOTOR	REPARACIÓN	2621102	PLUG-CUP	26	23.63	614.38		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296917	01	05	MOTOR	REPARACIÓN	2621258	SCREEN-SCAV	1	255.84	255.84		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296917	01	05	MOTOR	REPARACION	3P0656	SEAL/SELLO	4	17.87	71.48		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296917	01	05	MOTOR	REPARACIÓN	559134	SEAL O R	2	20.36	40.72		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296917	01	05	MOTOR	REPARACIÓN	3427290	DOWEL	16	17.44	279.04		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296919	02	05		ADICIONAL	2621273	TUBE	2	671.35	1,342.70		Falla	100%				Deformación por impacto.
CR33103	13E296919	02	05		ADICIONAL	2903443	CLIP-2PC	2	21.50	43.00		Falla	100%				Deformación por impacto.
CR33103	13E296919	02	05		ADICIONAL	2903444	CLIP-2PC	2	17.43	34.86		Falla	100%				Deformación por impacto.
CR33103	13E298792	01	06	MOTOR	EVALUACION PISTONES	2531238	RETAINER-PIN	32	6.57	210.24		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E298792	01	06	MOTOR	EVALUACION PISTONES	2542054	RING-PISTON	16	59.24	947.84		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E298792	01	06	MOTOR	EVALUACION PISTONES	2868928	RING-PISTON	16	59.24	947.84		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E298792	01	06	MOTOR	EVALUACION PISTONES	2940309	RING PISTON-	16	59.24	947.84		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E298793	02	06		ADICIONALES PISTON	3234017	PISTON AS	11	1,420.58	15,626.38		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E298793	02	06		ADICIONALES PISTON	3234017	PISTON AS	4	1,420.58	5,682.32		No Falla	100%				A solicitud de fábrica se envían partes de regreso.
CR33103	13E298793	02	06		ADICIONALES PISTON	2396051	PIN-PISTON	4	117.70	470.80		No Falla	100%				A solicitud de fábrica se envían partes de regreso.
CR33103	13E298793	02	06		ADICIONALES PISTON	2396051	PIN-PISTON	7	117.70	823.90		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297319	01	07	MOTOR	REPARACION	2539950	SEAL-O-RING	36	7.97	286.92		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297323	01	07	MOTOR	REPARACION	2539950	SEAL-O-RING	12	7.97	95.64		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297318	02	07		ADICIONAL	3137141	LINER-CYLIND	2	348.89	697.78		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297318	02	07		ADICIONAL	3137142	SLEEVE	12	138.18	1,658.16		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297322	02	07		ADICIONAL	3137141	LINER-CYLIND	4	348.89	1,395.56		No Falla	100%				A solicitud de fábrica se envían partes de regreso.
CR33103	13E297322	02	07		ADICIONAL	3137142	SLEEVE	4	138.18	552.72		No Falla	100%				A solicitud de fábrica se envían partes de regreso.
CR33103	13E298975	01	08	MOTOR	REPARACION	3223030	BEARING	8	121.98	975.84		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E298975	01	08	MOTOR	REPARACION	3223031	BEARING	8	122.95	983.60		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E298795	02	08		ADICIONALES BIELAS	3160062	ROD AS-CONN	7	2,485.44	17,398.08		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E298795	02	08		ADICIONALES BIELAS	3160062	ROD AS-CONN	4	2,485.44	9,941.76		No Falla	100%				A solicitud de fábrica se envían partes de regreso.
CR33103	13E297243	02	09		ADICIONAL	2V5829	NUT	8	0.25	2.00		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297243	02	09		ADICIONAL	10R9050	CAMSHAFT	1	2,431.27	2,431.27	1,105.18	Falla	100%				Desprendimiento de material.
CR33103	13E297101	01	10	MOTOR	REPARACION	2865801	BEARING-MAIN	9	201.50	1,813.50		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297101	01	10	MOTOR	REPARACION	3414708	PLATE THRUST	2	243.84	487.68		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297101	01	10	MOTOR	REPARACION	2W2288	PLUG	8	4.16	33.28		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297103	02	10		ADICIONAL	10R8916	CRANKSHAFT A	1	44,413.19	44,413.19	6,117.52	Falla	100%				Daños severos, no reutilizable.

CR33103	13E297103	02	10		ADICIONAL	8T7811	BOLT	42	6.42	269.64		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297103	02	10		ADICIONAL	2542075	CRANKSHAFT	1	1,175.65	1,175.65		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297106	01	11	MOTOR	REPARACION	2416170	PLUG-STOR	1	1.28	1.28		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297106	01	11	MOTOR	REPARACION	2487584	ORIFICE	2	19.93	39.86		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297106	01	11	MOTOR	REPARACION	2487585	ORIFICE	6	47.26	283.56		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297106	01	11	MOTOR	REPARACION	2496392	BEARING-CAMS	9	50.81	457.29		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297106	01	11	MOTOR	REPARACION	6V6560	O-RING S	1	0.76	0.76		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297107	02	11		ADICIONAL	3427301	BLOCK AS-CYL	1	76,344.46	76,344.46		Falla	100%				Fractura por impacto de biela.
CR33103	13E297059	02	13		ADICIONAL	3239918	HEAD 6P-CYL	0	-	-		No Falla		100%			A solicitud de fábrica se envían partes de regreso.
CR33103	13E297059	02	13		ADICIONAL	*3363641	HEAD 6P-CYL	16	3,836.94	61,391.04		No Falla		100%			A solicitud de fábrica se envían partes de regreso.
CR33103	13E296627	01	15	MOTOR	REPARACION	8C3132	SEAL	16	3.31	52.96		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296627	01	15	MOTOR	REPARACION	2435741	SEAL-FUEL SY	16	8.77	140.32		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296627	01	15	MOTOR	REPARACION	2435742	SEAL FUEL SY	16	9.32	149.12		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296627	01	15	MOTOR	REPARACION	2287108	SEAL-O-RING	16	7.24	115.84		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296627	01	15	MOTOR	REPARACION	8T9524	SEAL	16	6.91	110.56		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296627	01	15	MOTOR	REPARACION	9U7071	CAP PLUG	16	0.05	0.80		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296627	01	15	MOTOR	REPARACION	9U7088	CAP PLUG	16	0.15	2.40		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296627	01	15	MOTOR	REPARACION	9U7084	CAP PLUG	16	0.09	1.44		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296627	01	15	MOTOR	REPARACION	9U7187	NON THRD CAP	16	0.18	2.88		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296627	01	15	MOTOR	REPARACION	9U7072	CAP PLUG	16	0.05	0.80		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296588	01	16	MOTOR	REPARACION	6V8553	SEAL O RING	1	20.37	20.37		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296588	01	16	MOTOR	REPARACION	2072755	SEAL-FUEL SY	1	1.59	1.59		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296588	01	16	MOTOR	REPARACION	2072755	SEAL-FUEL SY	2	1.59	3.18		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296588	01	16	MOTOR	REPARACION	2287090	SEAL-O-RING	2	3.31	6.62		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296588	01	16	MOTOR	REPARACION	2287090	SEAL-O-RING	1	3.31	3.31		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296588	01	16	MOTOR	REPARACION	2287105	SEAL-O-RING	4	4.24	16.96		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296588	01	16	MOTOR	REPARACION	6V9746	SEAL O RING	3	0.86	2.58		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296588	01	16	MOTOR	REPARACION	2287093	SEAL-O-RING	1	4.28	4.28		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296588	01	16	MOTOR	REPARACION	2287102	SEAL-O-RING	2	3.62	7.24		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296588	01	16	MOTOR	REPARACION	2380112	SENSOR 6P	1	41.88	41.88		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296588	01	16	MOTOR	REPARACION	2287093	SEAL-O-RING	1	4.28	4.28		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296588	01	16	MOTOR	REPARACION	7Y5280	SEAL O R	1	0.64	0.64		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296588	01	16	MOTOR	REPARACION	8T7876	O-RING S	1	0.65	0.65		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297068	01	16	MOTOR	REPARACION	3324737	PUMP 6P-FUEL	0	-	-		No Falla		100%			A solicitud de fábrica se envían partes de regreso.
CR33103	13E297068	01	16	MOTOR	REPARACION	*3418300	PUMP 6P FUEL	0	-	-		No Fallo		100%			A solicitud de fábrica se envían partes de regreso.
CR33103	13E297068	01	16	MOTOR	REPARACION	*3592806	PUMP 6P-FUEL	1	15,675.62	15,675.62		No Falla		100%			A solicitud de fábrica se envían partes de regreso.
CR33103	13E297068	01	16	MOTOR	REPARACION	1447339	SEAL O RING	1	4.37	4.37		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297068	01	16	MOTOR	REPARACION	2072755	SEAL-FUEL SY	1	1.60	1.60		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297068	01	16	MOTOR	REPARACION	2287105	SEAL-O-RING	2	4.28	8.56		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297068	01	16	MOTOR	REPARACION	2287106	SEAL-O-RING	2	5.34	10.68		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297068	01	16	MOTOR	REPARACION	2385080	SEAL-O-RING	2	4.02	8.04		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297068	01	16	MOTOR	REPARACION	2147568	SEAL-O RING	1	3.42	3.42		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297068	01	16	MOTOR	REPARACION	2287091	SEAL-O-RING	2	3.63	7.26		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297068	01	16	MOTOR	REPARACION	2287092	SEAL-O-RING	2	3.87	7.74		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297068	01	16	MOTOR	REPARACION	2287093	SEAL-O-RING	2	4.32	8.64		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297068	01	16	MOTOR	REPARACION	2287102	SEAL-O-RING	2	3.65	7.30		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297068	01	16	MOTOR	REPARACION	2287106	SEAL-O-RING	2	5.34	10.68		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297068	01	16	MOTOR	REPARACION	2072755	SEAL-FUEL SY	1	1.60	1.60		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297068	01	16	MOTOR	REPARACION	3P1156	SEAL/SELLO	1	5.88	5.88		Falla	100%				Desarmado y evaluación.

CR33103	13E297068	01	16	MOTOR	REPARACION.	3303517	SEAL-O-RING	1	7.95	7.95		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297068	01	16	MOTOR	REPARACION.	1447339	SEAL O RING	1	4.37	4.37		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296922	01	18	MOTOR	PLACA DE MOTOR	3N3790	PLATE SERIAL	1	6.79	6.79		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296922	01	18	MOTOR	PLACA DE MOTOR	7B3028	SCREW/PERNO	2	0.17	0.34		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296922	01	18	MOTOR	PLACA DE MOTOR	1210173	PLATE INFO	1	10.66	10.66		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297593	01	19	MOTOR	REPARACION.	6V0852	CAP	1	4.02	4.02		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297593	01	19	MOTOR	REPARACION.	6V3965	NIPPLE A	1	19.18	19.18		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297593	01	19	MOTOR	REPARACION.	7X0872	SWIVEL TEE	1	27.34	27.34		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297593	01	19	MOTOR	REPARACION.	2147568	SEAL-O-RING	1	3.42	3.42		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297593	01	19	MOTOR	REPARACION.	2287091	SEAL-O-RING	1	3.63	3.63		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297083	01	21	MOTOR	REPARACION	2168578	SEAL-O-RING	16	1.44	23.04		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297083	01	21	MOTOR	REPARACION	2502343	SEAL-O-RING	18	1.07	19.26		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297083	01	21	MOTOR	REPARACION	2287090	SEAL-O-RING	6	3.33	19.98		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297083	01	21	MOTOR	REPARACION	6V7970	SEAL	4	1.03	4.12		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297083	01	21	MOTOR	REPARACION	8C3107	SEAL-O-RING	4	14.06	56.24		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297085	02	21		ADICIONAL	3562341	TURBO 6P-BAS	4	31.635.55	126.542.20		No Falla	100%					A solicitud de fábrica se envían partes de reemplazo.
CR33103	13E297087	03	21		ADICIONAL	8T7491	CONNECTOR	4	40.96	163.84		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296591	01	24	MOTOR	REPARACION	2714928	SEAL	1	8.43	8.43		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296591	01	24	MOTOR	REPARACION	0617538	O RING	1	2.85	2.85		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296591	01	24	MOTOR	REPARACION	9M3786	SEAL O RING/AROSÉL	1	5.45	5.45		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296591	01	24	MOTOR	REPARACION	8T7525	O-RING SEAL	2	1.29	2.58		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296591	01	24	MOTOR	REPARACION	8T7876	O-RING S	1	0.65	0.65		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296751	02	24		ADICIONAL	10R9042	PUMP 6 WATER	1	1,292.49	1,292.49	1,100.48	Falla	100%					Dañado por fractura de block.
CR33103	13E296590	01	25	MOTOR	REPARACION	9M3786	SEAL O RING/AROSÉL	1	5.45	5.45		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296590	01	25	MOTOR	REPARACION	2714928	SEAL	1	8.43	8.43		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296590	01	25	MOTOR	REPARACION	1363742	FILTER	1	0.70	0.70		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296561	01	26	MOTOR	REP BOMBA ACEITE	5P8428	SEAL	1	21.38	21.38		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296561	01	26	MOTOR	REP BOMBA ACEITE	2554854	BEARING-SLEE	1	29.80	29.80		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296561	01	26	MOTOR	REP BOMBA ACEITE	2620562	BEARING-SLEE	1	23.44	23.44		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296561	01	26	MOTOR	REP BOMBA ACEITE	6V5055	SEAL	1	24.39	24.39		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296561	01	26	MOTOR	REP BOMBA ACEITE	2352484	SEAL-LIP TYP	1	64.13	64.13		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296561	01	26	MOTOR	REP BOMBA ACEITE	0535065	SLEEVE	1	11.38	11.38		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296561	01	26	MOTOR	REP BOMBA ACEITE	1313718	SEAL-O-R	1	17.27	17.27		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296561	01	26	MOTOR	REP BOMBA ACEITE	3008567	SLEEVE	1	24.88	24.88		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296637	02	26		ADICIONAL	3412504	SHAFT AS.-DR	1	2,710.72	2,710.72		Falla	100%					Eje fatigado.
CR33103	13E296513	01	27	MOTOR	REPARACION	6V5845	BOLT	1	3.84	3.84		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296513	01	27	MOTOR	REPARACION	2620562	BEARING-SLEE	1	23.44	23.44		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296618	01	28	MOTOR	REPARACION	9V6089	GASKET/EMPAQUET.	1	3.80	3.80		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296723	01	31	MOTOR	REPARACION	6V8398	SEAL O RING	4	0.76	3.04		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296723	01	31	MOTOR	REPARACION	1274422	GASKET	1	7.77	7.77		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296723	01	31	MOTOR	REPARACION	5F5434	VENT A/RESPIRADERO	1	1.80	1.80		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296723	01	31	MOTOR	REPARACION	8T6757	PLUG	2	1.38	2.76		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296723	01	31	MOTOR	REPARACION	6V8397	SEAL	1	0.69	0.69		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296632	02	32		ADICIONAL	3047846	JET AS-PISTO	2	74.96	149.92		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	0336034	O-RING	20	5.13	102.60		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	5L4019	RING	7	1.61	11.27		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	1051797	MOUNT-WIRE	40	1.82	72.80		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	352093	TIE	50	0.15	7.50		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	6V9028	SEAL	20	0.77	15.40		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	2287105	SEAL-O-RING	3	4.24	12.72		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	6V6560	O-RING S	3	0.76	2.28		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	9X6772	STRAP	100	1.07	107.00		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	8T8737	PLUG	2	0.31	0.62		Falla	100%					Desarmado y evaluación.

CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	1171385	SEAL-O-R	3	1.86	5.58	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	6J2245	SEAL O RING/AROSEL	2	4.39	8.78	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	1933973	TIE-WRAP	40	1.29	51.60	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	2M9780	SEAL O RING	4	1.05	4.20	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	6V8048	SEAL-O-R	8	2.99	23.92	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	2147568	SEAL-O RING	2	3.39	6.78	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	8T9655	MOUNT	8	1.98	15.84	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	6V9028	SEAL	1	0.77	0.77	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	9X7378	SEAL	4	1.43	5.72	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	8C6364	BOLT	4	1.59	6.36	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	1H0159	LOCK WASHER	4	0.06	0.24	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	3308197	SEAL-O-RING	1	5.02	5.02	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	2287100	SEAL-O RING	6	3.23	19.38	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	2789047	SHIELD-HEAT	1	22.74	22.74	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	8R1496	SPACER	2	18.46	36.92	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	1051797	MOUNT-WIRE	20	1.85	37.00	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	3S2093	TIE	20	0.15	3.00	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	4S1962	CLIP/ABRAZADERAS	2	5.42	10.84	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	6V7359	GROMMET	2	20.50	41.00	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	7Y5288	SCREW	4	0.25	1.00	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	1H0159	LOCK WASHER	4	0.06	0.24	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	3446178	MOUNT-SHOCK	4	9.07	36.28	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	6J2245	SEAL O RING/AROSEL	1	4.44	4.44	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	9X7562	SEAL O RING	1	23.92	23.92	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	2451094	NUT-PUSH ON	1	1.92	1.92	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	6V5215	BOLT	1	0.18	0.18	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	8T4647	SCREW-MACHIN	4	0.59	2.36	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	0966166	WASHER	8	0.12	0.96	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	5C8312	NUT	4	0.10	0.40	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	1552270	PLUG KIT	1	3.75	3.75	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	8T1159	BOLT/PERNO	1	2.76	2.76	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	0551990	VENT	1	7.11	7.11	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	2198795	CAP	1	0.09	0.09	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	5C8312	NUT	8	0.10	0.80	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	0966166	WASHER	16	0.12	1.92	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296650	01	36	MOTOR	REPARACION	8T4647	SCREW-MACHIN	8	0.59	4.72	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297342	02	36		ADICIONAL	2636648	ADAPTER	1	125.15	125.15	No Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297342	02	36		ADICIONAL	2380112	SENSOR 6P	1	42.29	42.29	No Falla	100%					Fracturado.
CR33103	13E297342	02	36		ADICIONAL	9X0352	RECEPTACLE A	1	18.01	18.01	No Falla	100%					Fracturado.
CR33103	13E297342	02	36		ADICIONAL	3066834	SENSOR 6P-PR	1	187.33	187.33	Falla	100%					Fracturado.
CR33103	13E297591	02	36		MEJORA BITM2233	3045666	SENSOR 6P-PR	2	160.31	320.62	Mejora	100%					BITM2233
CR33103	13E297591	02	36		MEJORA BITM2233	1552260	PLUG KIT-CON	2	3.70	7.40	Mejora	100%					BITM2233
CR33103	13E297591	02	36		MEJORA BITM2233	8T2353	ADAPTER	2	3.44	6.88	Mejora	100%					BITM2233
CR33103	13E297591	02	36		MEJORA BITM2233	0551990	VENT	1	7.11	7.11	Mejora	100%					BITM2233
CR33103	13E297594	02	36		AD MEJORA BITM2231	6V9028	SEAL	1	0.77	0.77	Mejora	100%					BITM2231
CR33103	13E297594	02	36		AD MEJORA BITM2231	1078735	HOSE AS	1	36.62	36.62	Mejora	100%					BITM2231
CR33103	13E297594	02	36		AD MEJORA BITM2231	8T0643	BOLT	1	1.12	1.12	Mejora	100%					BITM2231
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	REPARACION	1274422	GASKET	1	7.77	7.77	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	REPARACION	2287100	SEAL-O RING	1	3.27	3.27	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	REPARACION	5H6734	SEAL O RING/AROSEL	1	4.39	4.39	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	REPARACION	2594598	SEAL-O-RING	4	18.72	74.88	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	REPARACION	2147565	SEAL-O-RING	6	0.82	4.92	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	REPARACION	1999267	SEAL-O-RING	2	3.27	6.54	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	REPARACION	6V6560	O-RING S	1	0.76	0.76	Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	REPARACION	6V6560	O-RING S	1	0.76	0.76	Falla	100%					Desarmado y evaluación.

CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	6V9028	SEAL	2	0.77	1.54		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2287103	SEAL-O-RING	5	3.85	19.25		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	3487074	BEARING-SLEE	1	42.09	42.09		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	5P8118	RING	10	6.65	66.50		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	1654852	SEAL-O-RING	2	28.56	57.12		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2594598	SEAL-O-RING	1	18.72	18.72		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	3487074	BEARING-SLEE	1	42.09	42.09		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	5P8119	SEAL	7	5.09	35.63		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2287099	SEAL-O-RING	2	2.72	5.44		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	1654852	SEAL-O-RING	1	28.56	28.56		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2287103	SEAL-O-RING	2	3.85	7.70		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2594598	SEAL-O-RING	1	18.72	18.72		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	1273400	BEARING-	2	54.30	108.60		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2594598	SEAL-O-RING	4	18.72	74.88		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2812712	WASHER	8	2.88	22.80		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2684148	BEARING-SLEE	0	-	-		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	*3184810	BEARING-SLEE	1	58.50	58.50		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	1654852	SEAL-O-RING	2	28.56	57.12		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	8F6573	PLUG	1	2.88	2.88		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2287102	SEAL-O-RING	1	3.65	3.65		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	3008567	SLEEVE	2	24.88	49.76		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2352484	SEAL-LIP TYP	2	64.76	129.52		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	3110828	SEAL-O-RING	2	8.89	17.78		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	3406283	LUBE FILTER	3	334.66	1,003.98		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2287100	SEAL-O-RING	1	3.27	3.27		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2287101	SEAL-O-RING	1	3.37	3.37		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2287105	SEAL-O-RING	7	4.28	29.96		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	6V1819	BOLT	2	1.44	2.88		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2Y5829	NUT	2	0.25	0.50		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	3216542	GROMMET	2	103.55	207.10		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	6V9746	SEAL O RING	2	0.87	1.74		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	8T7526	O RING SEAL	2	1.48	2.96		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2303728	SEAL	3	6.36	19.08		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2287090	SEAL-O-RING	5	3.33	16.65		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	5P9757	SEAL O RING/ROSEL	4	3.85	15.40		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	3400715	GROMMET	1	22.76	22.76		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2436440	SCREEN AS	1	203.95	203.95		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2918148	SEAL-O-RING	1	1.39	1.39		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	1776911	SEAL-O-RING	2	30.73	61.46		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	5P8861	SEAL	1	28.02	28.02		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	1121579	SEAL O R	1	13.47	13.47		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2154639	SEAL-O-RING	6	6.25	37.50		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	5P8068	SEAL	1	11.69	11.69		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	6V3968	SEAL	1	29.61	29.61		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	3125579	SEAL-INTEGRA	1	227.73	227.73		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	1076280	SEAL O R	1	12.30	12.30		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	7M8485	SEAL	2	1.51	3.02		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	4K1388	SEAL O RING/ROSEL	1	1.39	1.39		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	9Y6089	GASKET/EMPAQUET.	3	3.80	11.40		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2154639	SEAL-O-RING	2	6.25	12.50		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	488407	GASKET	1	1.50	1.50		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	1999267	SEAL-O-RING	4	3.27	13.08		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2147565	SEAL-O-RING	1	0.82	0.82		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	5D4311	SEAL	2	10.23	20.46		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	RÉPARACION	2812711	WASHER	4	11.40	45.60		Falla	100%				Desarmado y evaluación.

CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	REPARACION	8T2153	SET SCRE/PERNO	1	2.04	2.04		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	REPARACION	1095724	SEAL 6	2	85.46	170.92		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	REPARACION	9X7562	SEAL O RING	1	23.92	23.92		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	REPARACION	6V1820	BOLT	3	0.47	1.41		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	REPARACION	6V5839	WASHER-H	3	0.36	1.08		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	REPARACION	1739779	BOLT-HEX	4	7.20	28.80		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	REPARACION	1467406	PLATE	1	24.98	24.98		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297046	01	37	MOTOR	REPARACION	7N8525	WASHER	7	49.40	345.80		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297062	02	37		ADICIONAL	2465481	STUD-TAPERLO	4	9.52	38.08		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297062	02	37		ADICIONAL	6V8149	NUT	4	0.43	1.72		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297062	02	37		ADICIONAL	5P8245	WASHER-HARD	4	0.52	2.08		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297062	02	37		ADICIONAL	2451357	GEAR-AUX DRI	1	1,048.50	1,048.50		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297062	02	37		ADICIONAL	3072402	GEAR AS-IDLE	2	1,209.15	2,418.30		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297062	02	37		ADICIONAL	2451346	GEAR-IDLER	2	1,237.26	2,474.52		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297062	02	37		ADICIONAL	2448593	GEAR-AUX DRI	2	846.09	1,692.18		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297062	02	37		ADICIONAL	1163715	STUD	4	10.82	43.28		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297062	02	37		ADICIONAL	1984766	WASHER-HARD	4	1.86	7.44		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297062	02	37		ADICIONAL	2V5829	NUT	4	0.25	1.00		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297062	02	37		ADICIONAL	1108827	RECEIVER AS	1	194.07	194.07		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297065	02	37		AD.REC.FAB.	2545919	GEAR AS-CLUS	1	1,130.11	1,130.11		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297065	02	37		AD.REC.FAB.	3323998	CAGE AS	1	265.78	265.78		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297065	02	37		AD.REC.FAB.	3392095	ADAPTER AS	1	514.02	514.02		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297571	02	37		AD.MEJORA	5P8118	RING	1	6.65	6.65		Service Letter	100%				Mejora PS43303
CR33103	13E297571	02	37		AD.MEJORA	6V5553	SEAL O RING	1	20.58	20.58		Service Letter	100%				Mejora PS43303
CR33103	13E297571	02	37		AD.MEJORA	1094444	PLUG	1	17.18	17.18		Service Letter	100%				Mejora PS43303
CR33103	13E297571	02	37		AD.MEJORA	1654852	SEAL-O-RING	1	28.56	28.56		Service Letter	100%				Mejora PS43303
CR33103	13E297571	02	37		AD.MEJORA	2164098	PLUG-STOR	1	3.28	3.28		Service Letter	100%				Mejora PS43303
CR33103	13E297571	02	37		AD.MEJORA	2287090	SEAL-O-RING	1	3.33	3.33		Service Letter	100%				Mejora PS43303
CR33103	13E297571	02	37		AD.MEJORA	2287099	SEAL-O-RING	1	2.72	2.72		Service Letter	100%				Mejora PS43303
CR33103	13E297571	02	37		AD.MEJORA	2287102	SEAL-O-RING	1	3.65	3.65		Service Letter	100%				Mejora PS43303
CR33103	13E297571	02	37		AD.MEJORA	2287105	SEAL-O-RING	1	4.28	4.28		Service Letter	100%				Mejora PS43303
CR33103	13E297571	02	37		AD.MEJORA	2915203	BOLT HEX	1	0.68	0.68		Service Letter	100%				Mejora PS43303
CR33103	13E297571	02	37		AD.MEJORA	3541562	ADAPTER AS-P	1	1,900.68	1,900.68		Service Letter	100%				Mejora PS43303
CR33103	13E297066	03	37		FALTANTE	2994931	PLATE AS	1	91.43	91.43		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E297066	03	37		FALTANTE	2465451	STUD-TAPERLO	4	9.52	38.08		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E297066	03	37		FALTANTE	5P8245	WASHER-HARD	4	0.52	2.08		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E297066	03	37		FALTANTE	6V8149	NUT	4	0.43	1.72		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E297066	03	37		FALTANTE	1984766	WASHER-HARD	2	1.86	3.72		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E297066	03	37		FALTANTE	6V3822	BOLT	5	0.52	2.60		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E297066	03	37		FALTANTE	1012862	DOWEL	2	4.35	8.70		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E297066	03	37		FALTANTE	4W5782	PLUG O-RING	1	17.69	17.69		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E297066	03	37		FALTANTE	7U9224	PLUG	1	3.39	3.39		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296787	01	38	MOTOR	REPARACION MOTOR	6V1196	SEAL/SELLO	2	15.88	31.76		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296787	01	38	MOTOR	REPARACION MOTOR	1W4099	RING	2	26.54	53.08		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296787	01	38	MOTOR	REPARACION MOTOR	2697885	SEAL-O-RING	6	18.13	108.78		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296787	01	38	MOTOR	REPARACION MOTOR	8C3445	CAP DUST	1	4.02	4.02		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296787	01	38	MOTOR	REPARACION MOTOR	8C3345	VALVE	1	18.44	18.44		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296787	01	38	MOTOR	REPARACION MOTOR	2095798	SEAL-O-RING	1	9.67	9.67		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296787	01	38	MOTOR	REPARACION MOTOR	2287100	SEAL-O RING	4	3.27	13.08		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296787	01	38	MOTOR	REPARACION MOTOR	2W1969	VALVE	1	48.66	48.66		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296787	01	38	MOTOR	REPARACION MOTOR	2W1635	SPRING	1	29.83	29.83		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296787	01	38	MOTOR	REPARACION MOTOR	8C3076	SEAL	7	3.05	21.35		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296787	01	38	MOTOR	REPARACION MOTOR	2473796	GASKET	4	8.44	33.76		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296787	01	38	MOTOR	REPARACION MOTOR	1128186	SEAL O RING	4	9.08	36.32		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296787	01	38	MOTOR	REPARACION MOTOR	8T7524	O RING SEAL	2	0.90	1.80		Falla	100%				Desarmado y evaluación.

CR33103	13E296787	01	38	MOTOR	REPARACION MOTOR	8T6850	O RING SEAL	4	0.85	3.40		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296787	01	38	MOTOR	REPARACION MOTOR	5K9090	SEAL O RING	2	1.08	2.16		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296787	01	38	MOTOR	REPARACION MOTOR	7M8485	SEAL	1	1.51	1.51		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296789	02	38		ADICIONAL	3477422	CORE AS-OIL	2	5,160.26	10,320.52		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296789	02	38		ADICIONAL	3087222	ELBOW	1	2,808.20	2,808.20		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296789	02	38		ADICIONAL	9Y2099	FLANGE	1	107.59	107.59		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296790	03	38		FALTANTE	6V7673	BOLT	6	0.97	5.82		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296790	03	38		FALTANTE	1984767	WASHER-HARD	6	4.32	25.92		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296790	03	38		FALTANTE	6V8635	CONNECTOR	1	12.61	12.61		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E296790	03	38		FALTANTE	6V9854	ELBOW	1	42.21	42.21		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E297138	01	40	MOTOR	REPARACION	9X7381	SEAL O R	16	1.50	24.00		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297138	01	40	MOTOR	REPARACION	1234724	SEAL-O-RING	16	3.79	60.64		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297132	02	40		ADICIONAL	2839341	TUBE AS	3	94.98	284.94		No Falla	100%				Fdeformado.
CR33103	13E297132	02	40		ADICIONAL	4P0707	CLAMP AS	4	12.84	51.36		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297132	02	40		ADICIONAL	2662199	CLAMP	4	70.86	283.44		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297137	03	40		FALTANTE	2908721	TUBE AS	1	368.57	368.57		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E297137	03	40		FALTANTE	2201851	VALVE-COOLAN	1	19.09	19.09		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E297137	03	40		FALTANTE	1570670	CAP-DUST	1	4.02	4.02		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E297137	03	40		FALTANTE	8T7876	O-RING S	2	0.65	1.30		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E297137	03	40		FALTANTE	6V9829	PLUG AS	1	5.24	5.24		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E297137	03	40		FALTANTE	6V9028	SEAL	4	0.77	3.08		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E297137	03	40		FALTANTE	6V8397	SEAL	4	0.69	2.76		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E297137	03	40		FALTANTE	2275714	ELBOW-90 DEG	5	8.79	43.95		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E297137	03	40		FALTANTE	2609333	CLAMP	4	80.41	321.64		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E297137	03	40		FALTANTE	2882425	RING	4	1.29	5.16		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E297137	03	40		FALTANTE	2496404	CLAMP	4	101.38	405.52		Faltantes	100%				Faltante.
CR33103	13E297480	01	41	MOTOR	REPARACION	2915165	BELLOWS	2	280.08	560.16		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297480	01	41	MOTOR	REPARACION	2432975	CLAMP AS-V-B	4	25.89	103.56		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297480	01	41	MOTOR	REPARACION	2464924	GASKET	16	11.14	178.24		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297480	01	41	MOTOR	REPARACION	6V7743	LOCKNUT	4	0.46	1.84		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297480	01	41	MOTOR	REPARACION	8T7353	BOLT	56	9.07	507.92		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297480	01	41	MOTOR	REPARACION	8T7934	WASHER	56	0.59	33.04		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297480	01	41	MOTOR	REPARACION	2Y5829	NUT	8	0.25	2.00		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297480	01	41	MOTOR	REPARACION	6V5839	WASHER-H	16	0.36	5.76		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297480	01	41	MOTOR	REPARACION	2877632	BOLT	8	9.72	77.76		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297480	01	41	MOTOR	REPARACION	3493559	BOLT-HIGH TE	8	5.40	43.20		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296944	01	42	MOTOR	REPARACION	5H6733	RING/ANILLO	24	6.33	151.92		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297030	02	42		SOPORTE	1N2914	COVER-BLK	1	119.09	119.09		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297030	02	42		SOPORTE	3055623	COVER	2	192.00	384.00		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297030	02	42		SOPORTE	2416174	PLUG-STOR	2	25.51	51.02		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297030	02	42		SOPORTE	8T7526	O RING SEAL	2	1.48	2.96		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297030	02	42		SOPORTE	2720759	SEL-PIP	16	22.48	359.68		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296844	01	44	MOTOR	REPARACION	3595228	BOLT-HIGH TE	8	11.53	92.24		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296844	01	44	MOTOR	REPARACION	8T7353	BOLT	10	9.07	90.70		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296844	01	44	MOTOR	REPARACION	8T7934	WASHER	50	0.59	29.50		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296844	01	44	MOTOR	REPARACION	2496365	STUD-TAPERLO	4	8.98	35.92		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296844	01	44	MOTOR	REPARACION	9M1974	WASHER/ARANDELA	90	0.25	12.50		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296844	01	44	MOTOR	REPARACION	6V5839	WASHER-H	100	0.36	36.00		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296844	01	44	MOTOR	REPARACION	6V8149	NUT	25	0.43	10.75		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296844	01	44	MOTOR	REPARACION	8T3490	NUT	30	0.48	14.40		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296844	01	44	MOTOR	REPARACION	2Y5829	NUT	5	0.25	1.25		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	2643643	BOLT-HEX HEA	3	1.80	5.40		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	7X2545	BOLT	1	2.26	2.26		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	8T4189	BOLT	3	0.22	0.66		Falla	100%				Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	8T5436	BOLT	2	1.99	3.98		Falla	100%				Desarmado y evaluación.

CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	6V7981	BOLT	3	0.95	2.85		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	6V5230	BOLT	3	0.81	2.43		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	6V8675	BOLT	12	0.71	8.52		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	6V1820	BOLT	50	0.47	23.50		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	6V1819	BOLT	4	1.44	5.76		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	8T0356	BOLT	6	2.19	13.14		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	6V3823	BOLT	25	1.25	31.25		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	8T0649	BOLT	6	3.90	23.40		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	2894083	BOLT-HEX HD	16	12.20	195.20		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	3605871	BOLTS	8	1.71	13.68		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	8C8585	BOLT HEX	17	2.45	41.65		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	8T0375	BOLT	4	1.60	6.40		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	8T4139	BOLT	4	0.68	2.72		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	2104460	BOLT-HEX HEA	2	1.81	3.62		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	2915203	BOLT HEX	12	0.68	8.16		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	6V7730	BOLT	1	8.97	8.97		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	8T0642	BOLT	2	0.16	0.32		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	6A5591	BOLT	1	0.54	0.54		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	8T0646	BOLT	1	2.18	2.18		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	8C5748	BOLT	1	0.52	0.52		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	1434654	BOLT	2	0.97	1.94		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	7Y7992	BOLT	3	2.24	6.72		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	6V5684	BOLT	5	0.93	4.65		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	6V3822	BOLT	10	0.52	5.20		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	6V3303	BOLT	16	2.12	33.92		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	1608494	BOLT-HEX HEA	2	1.94	3.88		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	6V2317	BOLT	6	0.28	1.68		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	7X2535	BOLT	4	0.42	1.68		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	8T0355	BOLT	2	1.55	3.10		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	6V3918	BOLT	2	0.48	0.96		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	6V5215	BOLT	2	0.18	0.36		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	6V5686	BOLT	4	1.81	7.24		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	7X2552	BOLT	2	1.66	3.32		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	2089294	BOLT-FLANGE	4	1.45	5.80		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	1520195	WASHER	4	1.64	6.56		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296845	02	44		ADICIONAL	3252670	BOLT	6	22.24	133.44		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297018	02	44		ADICIONAL :NO REUSE	8T2223	BOLT	64	5.08	325.12		Falla	100%					No se reutilizan.
CR33103	13E297018	02	44		ADICIONAL :NO REUSE	2400312	BOLT-12 POIN	12	85.23	1,022.76		Falla	100%					No se reutilizan.
CR33103	13E297018	02	44		ADICIONAL :NO REUSE	3364090	BOLT-12 PT H	16	62.34	997.44		Falla	100%					No se reutilizan.
CR33103	13E296854	03	44		FALTANTES.	3J5696	PIPE	1	7.11	7.11		Faltantes	100%					Faltante.
CR33103	13E296854	03	44		FALTANTES.	1448344	SPACER	3	14.33	42.99		Faltantes	100%					Faltante.
CR33103	13E296854	03	44		FALTANTES.	1193450	SPACER	6	19.54	117.24		Faltantes	100%					Faltante.
CR33103	13E296854	03	44		FALTANTES.	1327551	SPACER	5	8.72	43.60		Faltantes	100%					Faltante.
CR33103	13E296854	03	44		FALTANTES.	7C9560	SPACER	2	36.48	72.96		Faltantes	100%					Faltante.
CR33103	13E296854	03	44		FALTANTES.	1911782	SPACER	1	14.39	14.39		Faltantes	100%					Faltante.
CR33103	13E296854	03	44		FALTANTES.	1911783	SPACER	1	21.92	21.92		Faltantes	100%					Faltante.
CR33103	13E296854	03	44		FALTANTES.	1904885	SPACER	1	51.05	51.05		Faltantes	100%					Faltante.
CR33103	13E296854	03	44		FALTANTES.	7C6921	SPACER	2	10.46	20.92		Faltantes	100%					Faltante.
CR33103	13E296854	03	44		FALTANTES.	5J5801	PIPE	4	45.08	180.32		Faltantes	100%					Faltante.
CR33103	13E297025	02	45		ADICIONAL	3574824	HOUSING AS	1	421.73	421.73		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297025	02	45		ADICIONAL	3579456	BOLT-12 POIN	2	11.45	22.90		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E297263	02	45		ADICIONAL	20R0456	LIFTER LEVEL	16	166.80	2,668.80	808.48	Falla	100%					Por reemplazo de segmento de eje de levas.
CR33103	13E297263	02	45		ADICIONAL	3579456	BOLT-12 POIN	8	11.45	91.60		Falla	100%					Por reemplazo de segmento de eje de levas.

CR33103	13E296974	02	47		ADICIONAL	3339185	PUSHROD	2	58.81	117.62		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296974	02	47		ADICIONAL	5W3670	NUT	4	0.58	2.32		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296974	02	47		ADICIONAL	2360540	SCREW-ADJUST	4	10.49	41.96		Falla	100%					Desarmado y evaluación.
CR33103	13E296974	02	47		ADICIONAL	2839366	ARM AS-RKR	1	197.23	197.23		Falla	100%					Desarmado y evaluación.

476,069.22

Presupuesto de Cambio de Motor

R05 00 SERVICE		WORK IN PROCESS INQUIRY BY WORK ORDER										W032320C		
W/O NO: PA31482		MAKE MODEL	SERIAL NO	CUST ID	OPENED	PROMISED	LST LBR	STAT						
AA	793F US	0SSP00114		CM24427	21/06/11	0/00/00	14/08/11	INV						
Cust: 0100206		COMPAÑIA MINERA ANTAMINA S. Cust P/O: PROYECTO												
Tot Lbr:		8259.25	Tot Pts:	933.15	Tot Msc:	.00	CM							
S	IND	F/R-EST	F	ACTUAL	PCT	FR/ES	CUST NO	SPLIT	PCTGE	W/O	Total:			
=	Seg 01	CAMBIAR MOTOR									9192.40			
L		.00		8259.25					OPS: 003		Seg Total:	8259.25		
P		.00		.00					I20933		Stat:	CL0		
M		.00		.00					I20933		Due:	0/00/00		
T		.00		8259.25					I20933		St:	82 CC: PT		
-	Seg 02	CAMBIAR MOTOR									Seg Total:	933.15		
L		.00		.00					I20933		Stat:	CL0		
P		.00		933.15					I20933		Due:	0/00/00		
M		.00		.00					I20933		St:	82 CC: PT		
T		.00		933.15					I20933		Seg Total:	933.15		

Presupuesto de Evaluación de Motor

R05 00 SERVICE		WORK IN PROCESS INQUIRY BY WORK ORDER					W032320C		
W/O NO: CR33103									
MAKE	MODEL	SERIAL NO	CUST ID	OPENED	PROMISED	LST LBR	STAT		
AA	793F US	OSSP00114	CM24427	27/06/11	27/06/11	17/10/11	INV		
Cust: 0100206 COMPAÑIA MINERA ANTAMINA S. Cust P/O: PA31482									
Tot Lbr:		19192.20	Tot Pts:		.00	Tot Msc:		3203.67	
S	PRC	F/R-EST	F	ACTUAL	PCT	PCTGE	W/O Total:		
IND	AMOUNT	EST	AMOUNT	FR/ES	CUST NO	SPLIT	22395.87		
=	Seg 01	REPARAR MOTOR				OPS: 052		Seg Total:	
L	.00		13114.60		INT8210		21295.80		
P	.00		.00		INT8210		Stat: CLO		
M	.00		3181.20		INT8210		Due: 0/00/00		
T	.00		21295.80				St: 13 CC: DC		
-	Seg 02	ADICIONALES				OPS: 047		Seg Total:	
L	.00		.00		INT8210		.00		
P	.00		.00		INT8210		Stat: CLO		
M	.00		.00		INT8210		Due: 0/00/00		
T	.00		.00				St: 13 CC: DC		
-	Seg 03	FALTANTES				OPS: 047		Seg Total:	
L	.00		.00		INT8210		.00		
P	.00		.00		INT8210		Stat: CLO		
M	.00		.00		INT8210		Due: 0/00/00		
T	.00		.00				St: 13 CC: DC +		
=	Seg 04	PRUEBA EN DINAMOMETRO MOTOR						Seg Total:	
L	.00		.00		INT8210		.00		
P	.00		.00		INT8210		Stat: CLO		
M	.00		.00		INT8210		Due: 0/00/00		
T	.00		.00				St: 13 CC: DC		
-	Seg 05	TRABAJOS INTERNOS CRC				OPS: 006		Seg Total:	
L	.00		1077.60		INT8210		1100.07		
P	.00		.00		INT8210		Stat: CLO		
M	.00		22.47		INT8210		Due: 0/00/00		
T	.00		1100.07				St: 13 CC: DC		
-	Seg 06	RPTOS. POR DEFINIR						Seg Total:	
L	.00		.00		INT8210		.00		
P	.00		.00		INT8210		Stat: CLO		
M	.00		.00		INT8210		Due: 0/00/00		
T	.00		.00				St: 13 CC: DC		

Presupuesto de Motor Nuevo y Motor Remanufacturado

```

R0800 PARTS INV CTL          PARTS AVAILABILITY          PC309356C
Order      Cust      Part Price Cost End B0 Srch      Price
Qty  Part Number  T SOS  No  Cls  Cntr Use  Store  Pgm
  1  250-7100      N 000  USD  10          Y
Make:      Model:      FT Ind: 0
Part:      Model:      USD  10          Y
Make:      Model:      Dsc:  .00
USD CUSTOMER

DESCRIPTION          SELL/CURR  WEIGHT UM  P/Q  A STATUS CC BEC USE
ENGINE AR-B          825890.24/USD  24530.0 PC  1 S  P  2U EBF
ST S LOCATION ON HAND ON ORDER IN PROC INRTN FDOQTY * MIN * MAX
CROSS REFERENCE PART NUMBERS:
ST  O/H SOS PART NUMBER  DESCRIPTION          SELL/CURR  WEIGHT
   000 20R-0487          ENGINE AR-BASIC          423493.93/USD  24
    
```

Presupuesto de Prueba de Microscopía Electrónica por Barrido



**COTIZACIÓN DE SERVICIOS
DE ANÁLISIS DE LABORATORIO**



Documento: LPM-000001 Rev. 03/2010

DATOS DEL CLIENTE:		COTIZACIÓN DE SERVICIO N°	
Empresa:	FERREYROS	N° CAL-003LAS001A-030-51-203, Rev. 0	
Dirección:	Av. Industrial 876, Lima	FECHA DE COTIZACIÓN	28/12/2011
LEA/Proyecto:		COSTOS INCLUYEN:	Preparación de muestras
Atención a cargo:	Ing. FERNANDO SOLAR LOAYZA	TIEMPO DE ENTREGA DE RESULTADOS:	15 días útiles
Teléfono y Fax:		LUGAR DE ENTREGA DE MUESTRAS:	Laboratorio BISA, (Área principal) Calle Natalio Sánchez 220 Of. 301 Edificio Plaza - Jesús María
BUENAVENTURA INGENIEROS S.A.			
RUC: 20700388874			
Lansbury y Urmas 145, Lima 1			
Teléfono: (511) 829-8200 anexos 258 - 275			
Fax: (511) 433-2842			
e-mail: fyers@bisa.com.pe / ypernag@bisa.com.pe / ega@bisa.com.pe			

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT. (S/.)	PRECIO TOTAL (S/.)
01	2	Estudios por Microscopía Electrónica (ME)	S/ 1,073.00	2,146.00
02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				
09				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
			Sub - Total	2,146.00
			IGV (18%)	386.28
			TOTAL S/.	S/ 2,532.28
TIPO DE CAMBIO REFERENCIAL: 2.75			PRECIO TOTAL EN NUEVOS SOLES	

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI - SNA CON REGISTRO N° 49

MÉTODO DE ENSAYO VALIDADO LME-ND-0-01 - Rev. 04 - Octubre 2010
ANÁLISIS CUANTITATIVO DE ROCA TOTAL POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X (FTOX)

MÉTODO DE ENSAYO VALIDADO LME-ND-0-02 - Rev. 03 - Octubre 2009
ANÁLISIS SEMICUANTITATIVO DE ESPECIES MINERALÓGICAS POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X (DRX)



ELABORADO POR: Analista de Laboratorio	REVISADO POR: Jefe de Laboratorio	APROBADO POR: Sub-Gerente de Laboratorio
Nombre: Erles Gabriel	Nombre: José A. Ypanaguerra	Nombre: Fernando Grau

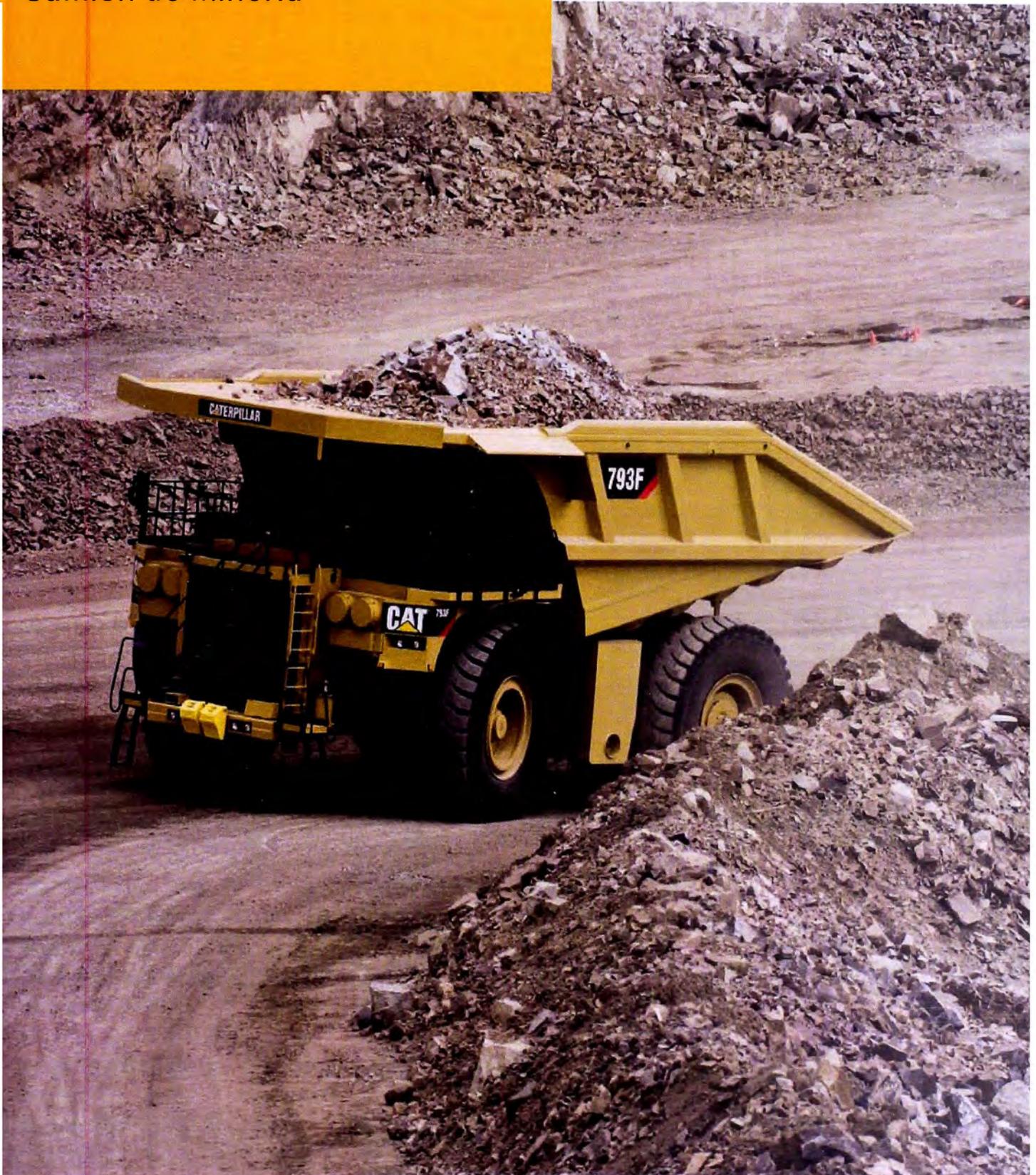
APÉNDICE 2.

Camión Minero Caterpillar 793F

793F

Camión de minería

CATERPILLAR



M

Modelo de motor	C175-16 Cat®	
Potencia bruta – SAE J1995	1.976 kW	2.650 hp
Potencia neta – SAE J1349	1.848 kW	2.478 hp

Especificaciones de operación

Capacidad nominal de carga útil	226,8 toneladas	250 tons
Peso bruto de la máquina en operación	386.007 o 390.089 kg (851.000 o 860.000 lb)	

Características del 793F

Motor de alto rendimiento

El motor C175-16 Cat® ofrece el balance perfecto entre potencia, diseño robusto y economía.

Fácil facilidad de servicio de la máquina

Diseñado con puntos de fácil servicio mejorados y ubicación de puntos agrupados con el propósito de que permanezca por más tiempo en los caminos de acarreo y menos en el taller.

Control de transmisión

El control electrónico de la presión de los embragues (ECP) proporciona al 793F seis cambios suaves de velocidad y al mismo tiempo proporciona una potencia constante y eficacia para el rendimiento máximo del motor de fuerza.

Sistema de tracción mecánica fiable

El tren de fuerza de tracción mecánica Cat proporciona una eficacia de operación inigualable.

Frenos robustos

Los frenos Cat de varios discos en las cuatro esquinas, lubricados por aceite, ofrecen un frenado excepcional, resistente a la fatiga en todo tipo de camino de acarreo.

Cabina cómoda

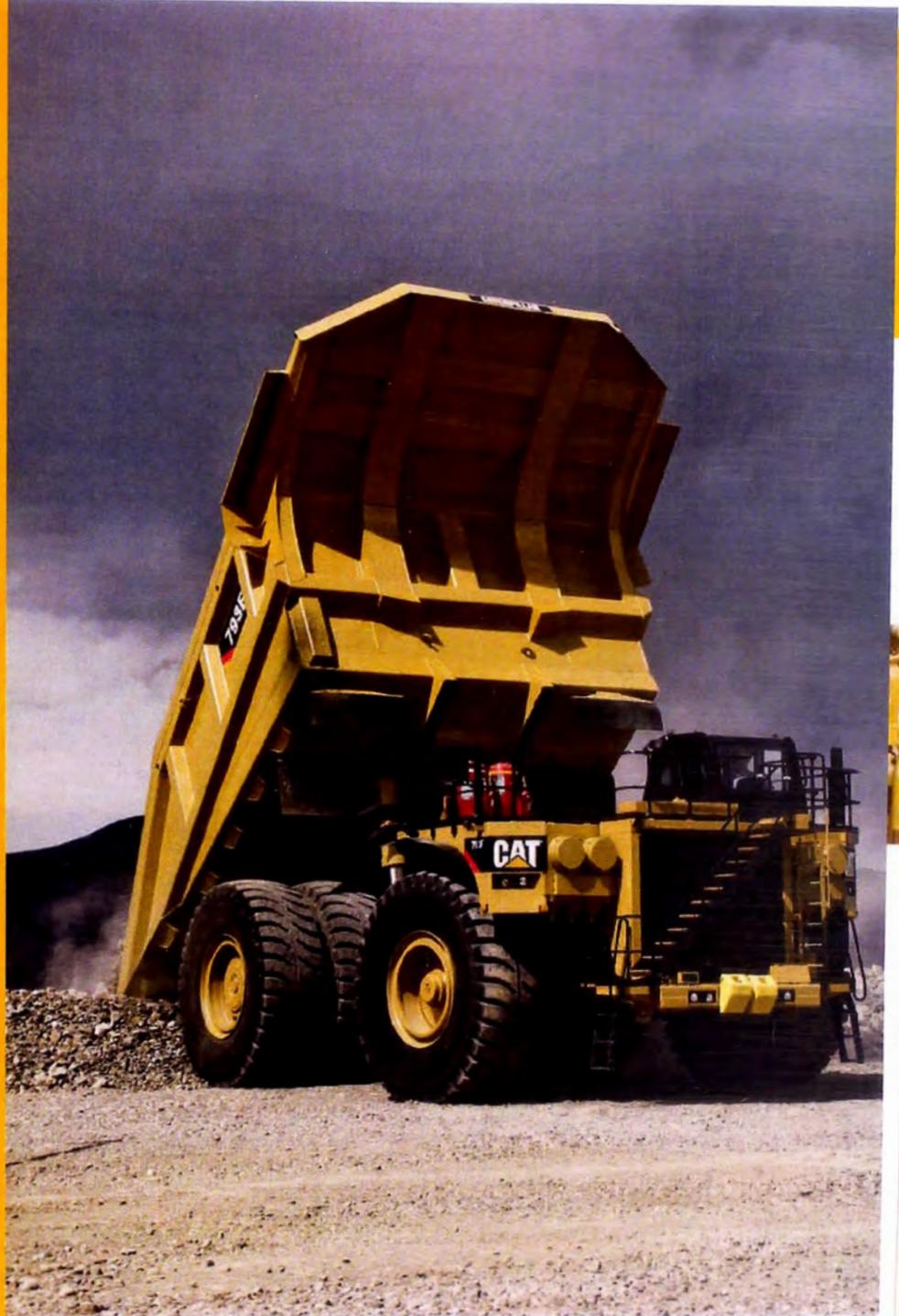
La cabina grande y espaciosa ofrece una visibilidad inigualable y le brinda al operador un confort excepcional.

Variedad de cajas del camión

La variedad de cajas de camiones diseñadas y fabricadas por Caterpillar garantizan un rendimiento y una fiabilidad óptimos en las aplicaciones de minería más exigentes.

Contenido

Tren de fuerza – Motor.....	3
Tren de fuerza – Transmisión.....	4
Opciones del tren de fuerza.....	5
Integración del tren de fuerza/motor.....	6
Sistema de frenos Caterpillar.....	7
Estructuras.....	8
Sistemas de cajas de los camiones.....	9
Sistema monitor.....	10
Estación del operador.....	11
Respaldo al cliente.....	12
Facilidad de servicio.....	13
Seguridad.....	14
Especificaciones del Camión de Minería 793F.....	15
Equipo estándar del 793F.....	23
Equipo optativo del 793F.....	24
Notas.....	25



El 793 comprobado de Cat® es líder en la industria de su clase y ahora el 793F continúa esta tradición con mejoras en la seguridad, la productividad, la facilidad de servicio y el confort. Ya sea que acarree cobre, carbón, oro, mineral de hierro o escombros, el 793F le permitirá obtener el menor costo por tonelada. Combine las características del 793F con el servicio de posventa inigualable y descubrirá la razón por la que más clientes eligen los Camiones de minería de Cat para sus necesidades de producción.

ren de fuerza – Motor

motor C175-16 Cat® fue diseñado para proporcionar potencia, fiabilidad y eficacia.

Motor

El turbocompresor cuádruple C175-16 Cat® y el motor diesel poseenfriador aire – aire mejoraron las capacidades de administración de potencia otorgando el máximo rendimiento de transporte en las aplicaciones de minería más exigentes.

Diseño

El C175-16 tiene un diseño de 16 cilindros y cuatro tiempos que usa cámaras de potencia largas y eficaces para lograr una óptima eficacia.

Compatible con las normas EPA

El motor Cat C175-16 cumple con las normativas de emisiones de la EPA Tier 2 de EE.UU.

Reserva de par de apriete alta

La reserva neta de par de apriete del 20% proporciona una fuerza de tracción inigualable durante la aceleración en pendientes pronunciadas y en condiciones irregulares del terreno. La reserva de par de apriete coincide eficazmente con los puntos de cambio de la transmisión para la máxima eficiencia y tiempos de ciclo más rápidos.

Larga vida útil

El mayor desplazamiento, la clasificación de rpm bajas y las calificaciones conservadoras de potencia significan más tiempo en los caminos de acarreo y menos tiempo en el taller.

Sistema de combustible Common Rail de Cat

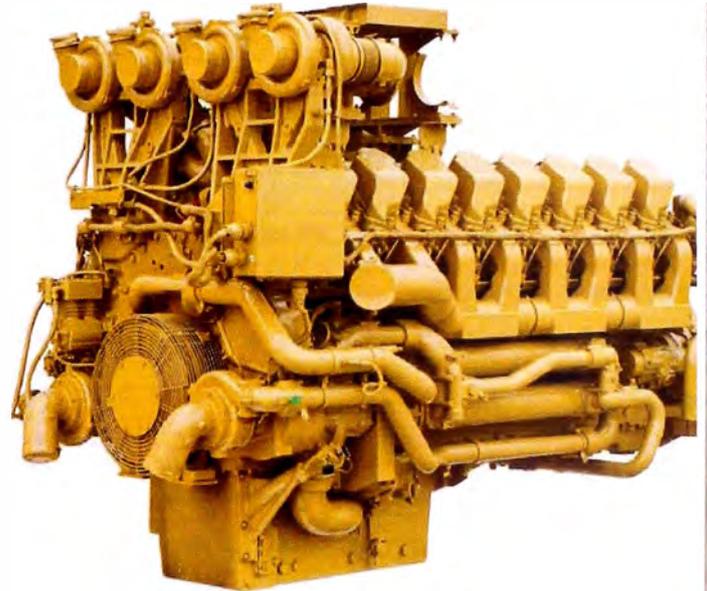
El sistema de inyección electrónica detecta las condiciones de operación y regula el suministro de combustible para proporcionar la máxima eficiencia del mismo. Este sistema de combustible preciso y flexible le brinda al motor la posibilidad de cumplir con las normas de emisión sin que disminuya el rendimiento, la confiabilidad o la durabilidad.

Sistema de enfriamiento

El 793F está equipado con el radiador MESABI®. El diseño centralizable ofrece una larga vida útil, alta durabilidad y facilidad de servicio.

Opciones del motor de arranque

El tanque en el sistema de arranque por aire estándar y el servicio es fácil y se puede realizar a nivel del suelo, mientras que la opción de arranque eléctrica le permite que se pueda quitar el sistema por aire completamente.



Tren de fuerza – Transmisión

Más potencia al nivel del suelo para una mayor productividad.



Tren de fuerza mecánico

El tren de fuerza de tracción mecánica y la servotransmisión Cat proporcionan una eficiencia y control de operación inigualables en pendientes empinadas, en condiciones de terreno blando o resbaladizo y en caminos de acarreo con alta resistencia a la rodadura. El 793F es el camión más rápido en pendientes en su clase.

1 – Transmisión

La servotransmisión planetaria Cat de seis velocidades se acopla con el motor diesel C175-16 de inyección directa para suministrar potencia constante en una amplia gama de velocidades de operación.

Diseño robusto – Diseñado para la más alta potencia del motor C175-16, la servotransmisión planetaria comprobada se fabrica de manera que sea resistente.

Larga vida útil – Un tanque de aceite dedicado y un circuito que proporciona aceite más frío y limpio para el máximo rendimiento y vida útil más larga de los componentes.

Control electrónico de la presión de los embragues

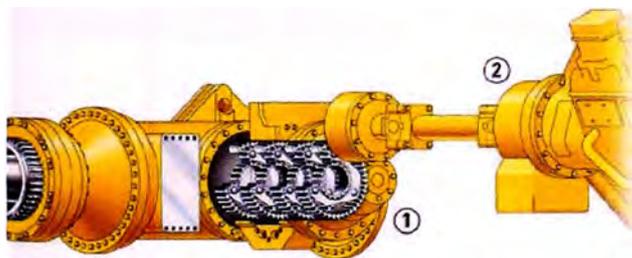
ECPC proporciona máximo rendimiento, cambios más suaves, larga vida útil de los embragues y un andar más confortable.

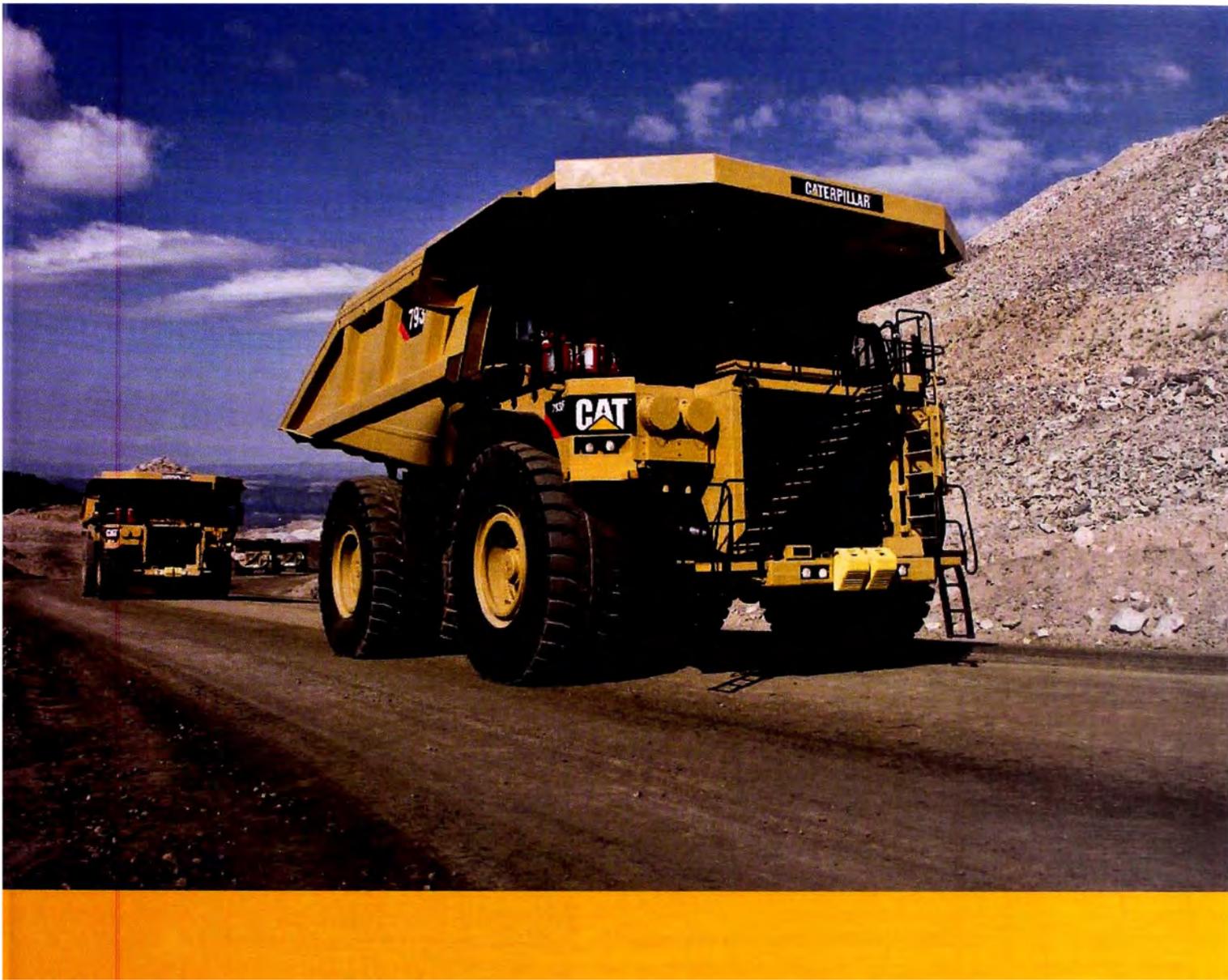
2 – Convertidor de par de apriete con sistema de bloqueo

Combina la fuerza máxima de tracción y la suavidad en los cambios de marcha del mando de convertidor de par de apriete, con la eficiencia y el rendimiento del mando directo. El convertidor de par de apriete con embrague de traba se conecta a aproximadamente 8 km/h (5 mph) para proporcionar más potencia a las ruedas.

3 – Mandos finales

Los mandos finales Cat funcionan como un solo sistema con la servotransmisión planetaria para aplicar la máxima potencia al suelo. Fabricados para resistir las fuerzas de par de apriete elevado y las cargas de impacto, los mandos finales de reducción doble multiplican el par alto para reducir aún más los esfuerzos del tren de impulsión.





Opciones del tren de fuerza

Las opciones del tren de fuerza para adaptar sus aplicaciones o condiciones.

Tubo de ruedas de larga duración

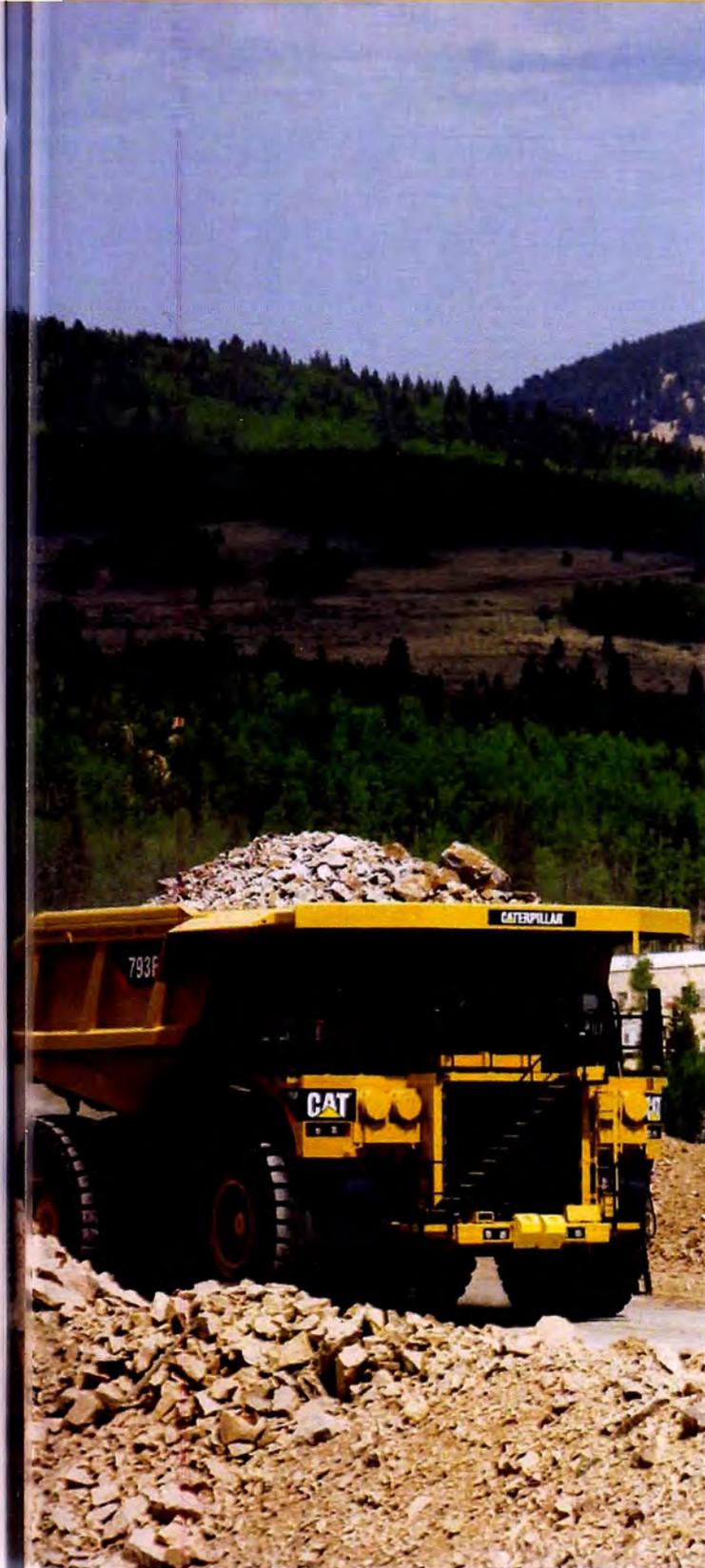
Desarrollada para aplicaciones de acarreo cuesta arriba, esta configuración está diseñada para prolongar la vida útil de las ruedas y el rendimiento de acarreo en pendientes ascendentes prolongadas. Los grupos de ruedas de larga duración prolongada están fabricados con componentes más grandes y duraderos, que incluyen puntas de freno más grandes, un mayor espaciamiento de los cojinetes de las ruedas, una mayor superficie de frenado y discos adicionales en la parte delantera para prolongar la vida útil de los frenos y los intervalos de reacondicionamiento.

Retardo adicional

Desarrollada para pendientes descendentes con carga, esta configuración proporciona normalmente un engranaje de capacidad retardante o 25% más de velocidad en pendientes descendentes. El retardo adicional se logra al agregar frenos más grandes y capacidad adicional de enfriamiento en el freno. Esta opción requiere el uso de tubos de ruedas de larga duración.

Integración del tren de fuerza/motor

Los componentes del tren de fuerza combinados electrónicamente optimizan el rendimiento.



Enlace de datos Cat

Integra electrónicamente los sistemas de computadora de la máquina para optimizar el rendimiento total del tren de fuerza, aumentar la fiabilidad y la vida útil de los componentes y disminuir los costos de operación.

Control de aceleración en los cambios

Regula las rpm del motor durante los cambios de marcha para disminuir la tensión en el tren de fuerza y el desgaste de los embragues, controlando la velocidad del motor, el sistema de traba del convertidor de par de apriete y la conexión del embrague de la transmisión para proporcionar cambios de marcha más suaves y prolongar la vida útil de los componentes.

Administración de cambios de sentido de marcha

Regula la velocidad del motor durante los cambios de sentido de marcha para evitar daños causados por cambios de sentido de marcha a alta velocidad.

Inhibidor de cambios con la caja levantada

Impide que la transmisión cambie por encima de una marcha preprogramada sin la caja completamente bajada.

Protección contra exceso de velocidad

El control de la transmisión detecta electrónicamente las condiciones del motor y cambia automáticamente las marchas descendentes para evitar la sobrevelocidad del motor. Si hay sobrevelocidad en la marcha más alta, el embrague de traba se desconecta.

Marcha máxima programable

La marcha máxima de la transmisión se puede programar usando la herramienta de servicio Cat ET para ayudar al operador a mantener los límites de velocidad.

Inhibidor para un rebaje de marcha

Evita la sobrevelocidad del motor al no permitir que la transmisión haga un cambio descendente hasta que la velocidad del motor llegue al punto de cambio descendente.

Función de cambios descendentes rápidos

No permite un cambio de viraje hasta que pasan aproximadamente 2,3 segundos de un cambio.

Inhibidor de velocidad en marcha hacia atrás

Evita los cambios de marcha atrás mientras la velocidad de desplazamiento hacia adelante sea superior a 5 km/h (3 millas/h).



Sistema de frenos Caterpillar

El control de frenado superior le permite a los operadores concentrarse en la productividad.

Sistema integral de frenado

El sistema de frenos Cat, enfriado con aceite otorga rendimiento y control fiables en las condiciones de trabajo más exigentes. El sistema integrado combina las funciones de retardo, frenos de servicio, secundario y de estacionamiento en el mismo sistema para proporcionar una eficiencia de frenado óptima que no quema combustible durante el retardo.

Frenos de varios discos enfriados por aceite

Los frenos de servicio de discos múltiples, para cuatro ruedas, enfriados con aceite a presión son enfriados continuamente por intercambiadores de calor de agua a aceite para un rendimiento de frenado que no se atenúa durante un retardo excepcional.

Diseño de los frenos

Los frenos Cat de disco, enfriados por aceite, tienen un diseño de discos y planchas más grandes que no requieren ajuste, para un rendimiento y operación más fiable. Los frenos están completamente cerrados y sellados para evitar la contaminación y reducir el mantenimiento.

Larga vida útil

Una película de aceite evita el contacto directo entre los discos. Este diseño absorbe las fuerzas de frenado, destruyendo las moléculas de aceite y extrayendo el calor para prolongar la vida útil del freno.

Freno de estacionamiento

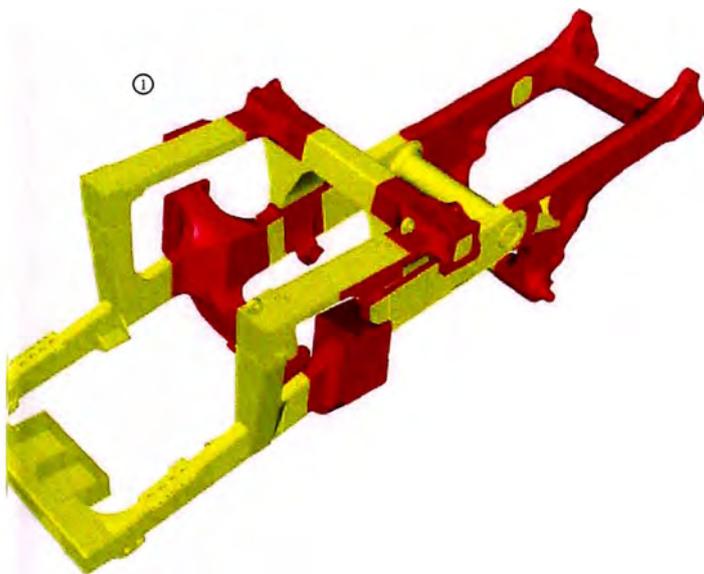
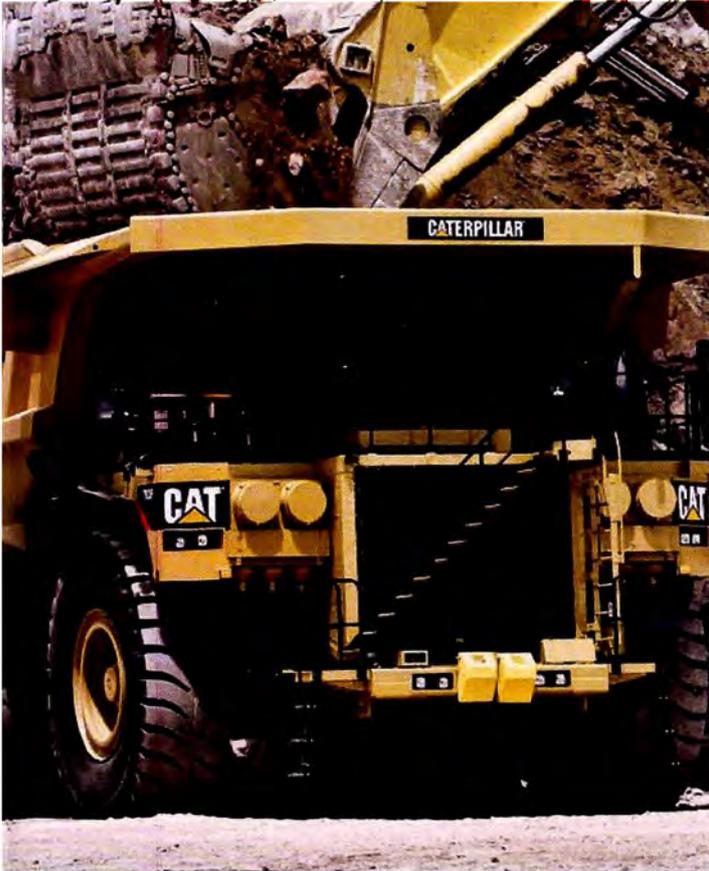
El freno de estacionamiento enfriado por aceite, conectado por resorte y desconectado hidráulicamente, se aplica a las cuatro ruedas para proporcionar una capacidad superior de estacionamiento en pendientes de hasta 15%.

Control del retardador automático hidráulico (ARC)

El sistema de control del retardador automático activado hidráulicamente controla electrónicamente el retardo en la pendiente para mantener óptimas las rpm del motor y el rendimiento del sistema de frenado. El ARC es ahora ajustable en cada engranaje.

Estructuras

Las estructuras superiores Cat son la columna vertebral de la durabilidad del 793F.



Diseño de sección en caja

El bastidor 793F usa un diseño de sección en caja, que incorpora dos secciones forjadas y 14 secciones fundidas en las áreas de alta tensión, con soldaduras continuas, profundas y envolventes para resistir los daños por cargas de torsión sin necesidad de añadir peso adicional.

• Estructuras de acero

El acero dulce utilizado en todo el bastidor proporciona mayor durabilidad, flexibilidad y resistencia a las cargas de impacto, incluso en climas muy fríos, y facilita las reparaciones en el campo.

• Fundición

Las piezas de fundición tienen radios más grandes con costillas de refuerzo internas para disipar las fuerzas en áreas de alta concentración de esfuerzos. Las piezas de fundición mueven las soldaduras a áreas de esfuerzos menores para proporcionar mayor vida útil del bastidor.

Cabina ROPS integral de cuatro postes

Montada al bastidor principal con tacos elásticos para reducir el ruido y la vibración, la ROPS integral está diseñada como una prolongación del bastidor del camión.

Sistema de suspensión

Diseñado para disipar los impactos de los caminos de acarreo y de la carga para una mayor vida útil del bastidor y un desplazamiento más cómodo.

• Diseño duradero

Cilindros resistentes que utilizan un diseño de diámetro interior grande y nitrógeno/aceite de baja presión para proporcionar una larga vida útil con un mantenimiento mínimo.

• Delanteros

Los cilindros delanteros con ajustes de verticalidad y conexión se montan en el bastidor y sirven como pasadores maestros de la dirección para los radios de giro cerrados, lo que proporciona excelente maniobrabilidad y bajo mantenimiento.

• Traseros

Los cilindros traseros permiten la oscilación del eje y absorben los esfuerzos de doblamiento y torsión causados por los caminos de acarreo no uniformes e irregulares, en lugar de transmitirlos al bastidor principal.

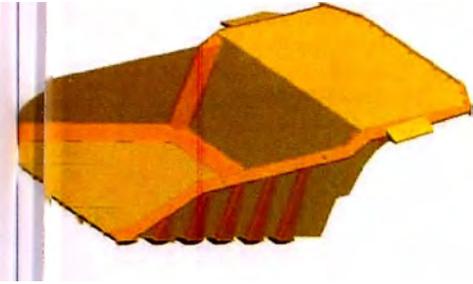
Suspensión trasera con varillaje de cuatro barras

La suspensión con varillaje de cuatro barras dirige la tensión para que se distribuya de manera más regular que en el diseño de bastidor A y permite una mayor área de servicio alrededor de la transmisión.

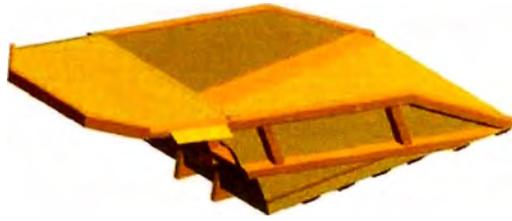
Sistema de dirección

El sistema de control de la dirección hidráulica está diseñado para brindar una suavidad y precisión excepcionales. Un circuito independiente evita la contaminación interna para prolongar la vida útil.

①



②



③



Sistemas de cajas de los camiones

diseñado y fabricado por Cat para brindar un mayor rendimiento y fiabilidad.

Cajas de camión Cat

El 793F se ofrece con tres opciones de cajas: Caja X, MSD II (Diseño específico para minería) y Caja para carbón sin compuerta. Para un rendimiento estructural superior, estas cajas están diseñadas para trabajar con el bastidor de Cat.

- Caja X

La Caja X está prevista para nuevos sitios de minería y mineros contratistas. Usa el proceso de diseño específico para minería de Caterpillar para crear cajas con tamaños y configuraciones adecuados que cumplen con las características específicas de las aplicaciones de servicio pesado. El diseño de la Caja X ofrece un volumen mayor y penalizaciones por peso.

- MSD II

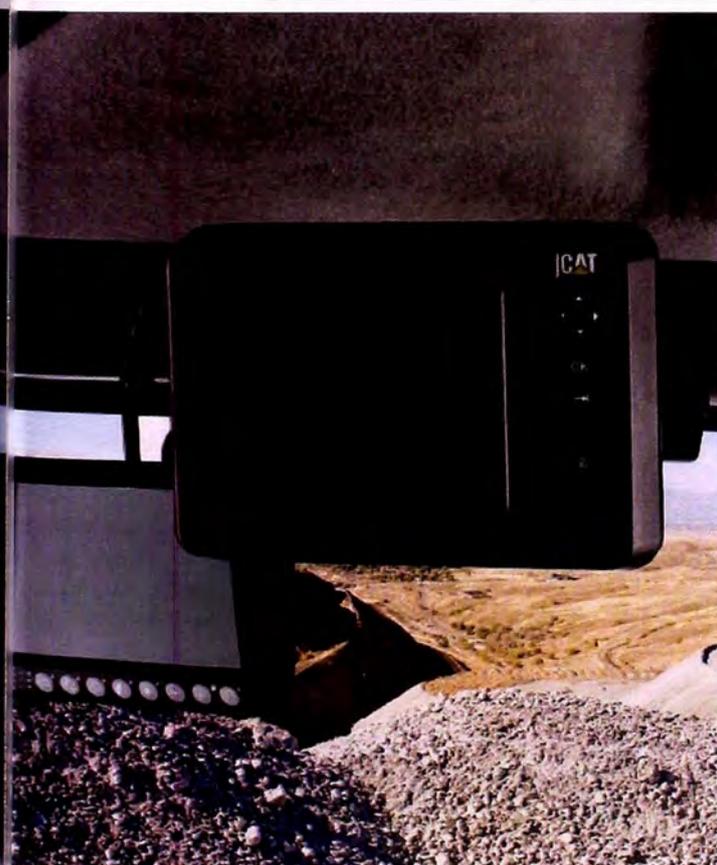
Las cajas MSD II están previstas para minas establecidas y están personalizadas para adaptarse a las aplicaciones de minería específicas basadas en evaluaciones de sitios de minería. El MSD II es la mejor caja de material ligero diseñada para aplicaciones de minería y alcanza excelentes rendimientos de carga útil.

- Caja para carbón sin compuerta

La caja para carbón sin compuerta está prevista para las aplicaciones de transporte de carbón. Puede cargarse hasta alcanzar el mayor rango de densidad de carbón para lograr las cargas útiles deseadas. La caja se diseñó y fabricó usando el concepto de Caja MSD II, lo cual asegura mayor durabilidad y fiabilidad.

Sistema monitor

Los datos sobre el estado de la máquina y la carga útil mantienen los niveles de producción al máximo.



Sistema monitor VIMS™ 3G

El sistema monitor de tercera generación VIMS™ proporciona datos críticos del estado y la carga útil en tiempo real para mantener el 793F operando dentro de sus niveles máximos de producción. Los sensores que se encuentran en la máquina le permiten al VIMS intercambiar y monitorear rápidamente la información de todos los sistemas. Los usuarios pueden ver hasta 10 parámetros de máquinas diferentes al mismo tiempo. Los técnicos de servicio pueden descargar datos rápidamente conectándose directamente al sistema o a través de su dirección Web propia y generar informes en la oficina, el taller o la cabina. Los datos pueden usarse para aumentar la eficacia de los programas de mantenimiento planificados, prolongar al máximo la vida útil de los componentes, mejorar la disponibilidad de la máquina y disminuir los costos de operación.

Administración de producción y carga útil

La información está disponible con el fin de monitorear y mejorar la eficacia del camión/herramienta de carga, mejorar la productividad de la flota y prolongar la vida útil de los bastidores, neumáticos, llantas y componentes del tren de fuerza al tiempo que disminuye los costos de operación y mantenimiento.

Indicadores exteriores de carga útil

Las luces externas les indican a los operadores de la herramienta de carga cuando debe dejar de cargar para obtener cargas útiles óptimas sin sobrecargas. Están disponibles las pantallas opcionales de carga útil con monitor numérico digital.

Control de análisis de carretera

Sistema opcional que monitorea las condiciones del camino de acarreo midiendo la cremallera, la desviación y la inclinación del bastidor para mejorar los tiempos de los ciclos, la vida útil del bastidor y de los neumáticos y la eficacia del combustible.

VIMSpC

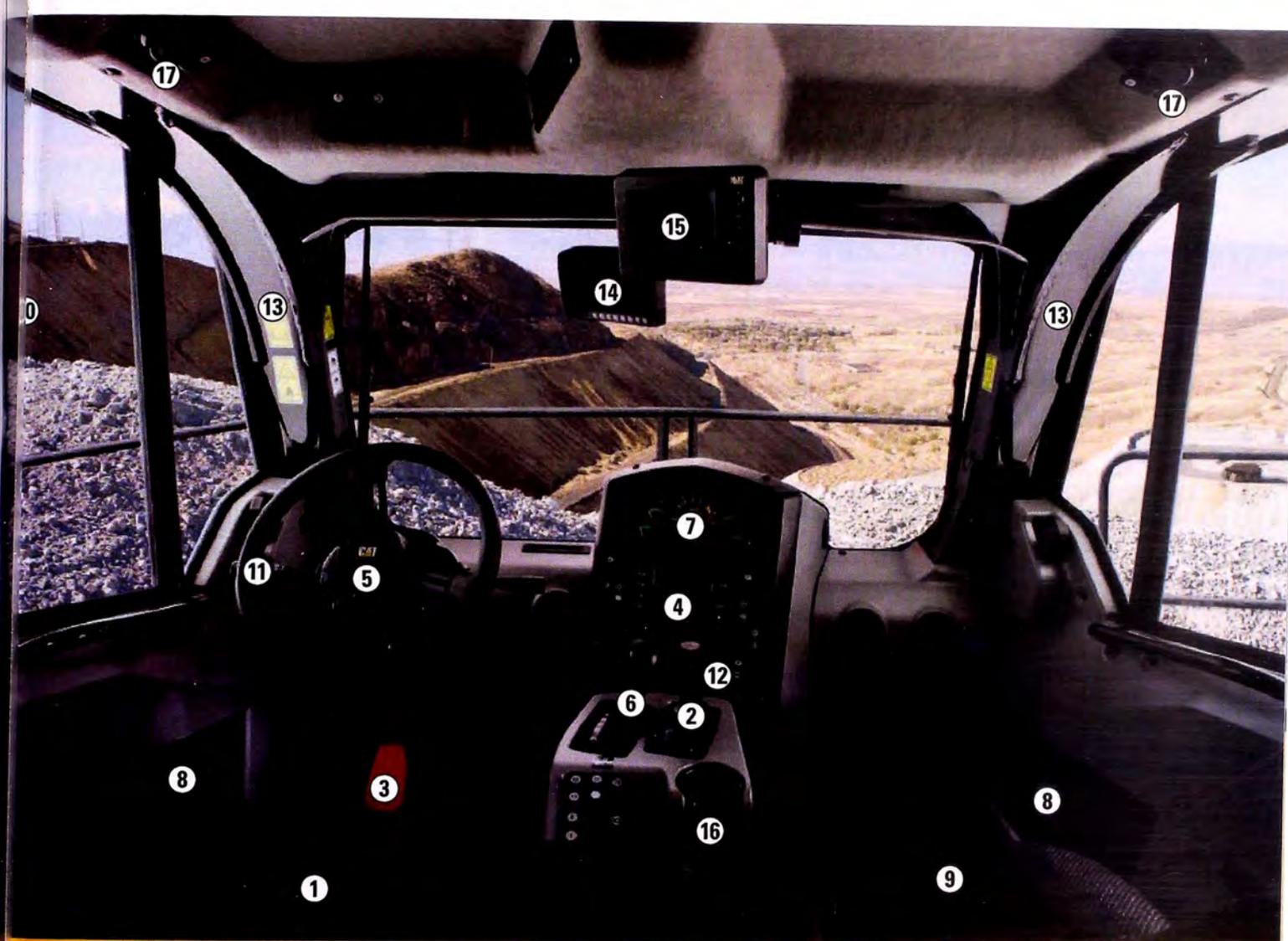
El programa informático del software le permite al personal de servicio descargar un informe completo de los datos del estado de la máquina y de la productividad. Los informes de estado y de carga útil pueden generarse para la mejor administración de las máquinas, lo cual reduce el tiempo de parada y disminuye los costos operativos.

Pantalla del Advisor

La pantalla del Advisor brinda datos del rendimiento de la máquina en tiempo real y datos básicos del viaje, mantenimiento y diagnóstico. En la pantalla se pueden ver los parámetros de la máquina, entre ellos, la temperatura del refrigerante, presión del aceite, selección del engranaje corriente, carga útil corriente y más.

Supervisor VIMS

Software optativo que le permite al personal de minas administrar e interpretar fácilmente los datos del VIMS para proporcionar una administración y productividad óptimas de la flota.



Estación del operador

Diseñado ergonómicamente para la comodidad, el control y la productividad diaria.

Diseño ergonómico

La estación del operador completamente nueva serie F está diseñada ergonómicamente para un control total de la máquina en un ambiente cómodo, productivo y seguro. Todos los controles, palancas, interruptores y medidores están ubicados para aumentar la productividad al máximo y reducir la fatiga del operador al mínimo.

Área de visión

Diseñada para una excelente visibilidad hacia todos lados y con líneas de visión claras para los caminos de acarreo, su gran área de visualización ofrece una vista excepcional y le permite al operador maniobrar con confianza para mantener una productividad alta. La plataforma del lado derecho no tiene tanques de dirección o de aire, lo que le permite al operador ver sin obstáculos.

- 1) Asiento con suspensión de aire con tres puntos de sujeción del operador
- 2) Palanca del dispositivo de levantamiento
- 3) Pedal del freno secundario
- 4) Sistema monitor
- 5) Columna de dirección
- 6) Consola de la transmisión
- 7) Medidores
- 8) Compartimientos de almacenamiento
- 9) Asiento del acompañante
- 10) Ventana del operador
- 11) Controles del operador
- 12) Calefacción/Aire Acondicionado
- 13) ROPS de cuatro postes
- 14) Monitor del sistema de cámaras (opcional)
- 15) Monitor MineStar (opcional)
- 16) Posavasos
- 17) Luces interiores del techo

Respaldo al cliente

Caterpillar cuenta con la red de distribuidores con mayor experiencia del mundo.



Nuestro compromiso es lo que marca la diferencia

Los distribuidores Cat ofrecen una amplia gama de soluciones, servicios y productos que le ayudarán a reducir sus costos, aumentar la productividad y administrar su operación más eficazmente. Desde el momento de la compra de su máquina Cat hasta el día que la cambie o venda, el respaldo que le proporciona su distribuidor Cat es lo que marca la diferencia.

Capacidad de los distribuidores

Los distribuidores Cat proporcionan el respaldo que necesita, en todo el mundo. Sus técnicos tienen el conocimiento, la experiencia, la capacitación y las herramientas necesarios para atender sus necesidades de mantenimiento y reparación, donde y cuando lo necesite.

Respaldo al Producto

Cuando los productos Cat llegan al campo, tienen el respaldo de una red mundial de centros de distribución, puntos de servicio de distribuidores e instalaciones de capacitación técnica para mantener su equipo funcionando correctamente. Los clientes de Cat confían en la disponibilidad inmediata de piezas a través de nuestra red de distribución mundial, preparada para satisfacer sus necesidades las 24 horas del día, los siete días de la semana.

Respaldo de servicio

Todos los equipos Cat están diseñados y fabricados para proporcionar la máxima productividad y economía operativa en su vida útil. Los distribuidores Cat ofrecen una amplia gama de planes de servicio que aumentan la disponibilidad de la máquina y la recuperación de la inversión, que incluye:

- Programas de mantenimiento preventivo
- Programas de diagnóstico como el muestreo programado de aceite y el análisis técnico
- Opciones de reconstrucción y remanufacturación
- Convenios de respaldo al cliente

Conocimiento de la aplicación

Los costos de mantenimiento y operación son afectados por varios factores relativos a la aplicación y a la obra, como: densidad del material, posición de carga, carga útil, pendientes, velocidades, diseño del camino de acarreo y mantenimiento. Su distribuidor Cat puede proporcionarle los conocimientos básicos sobre los efectos que tienen las características de la aplicación y las técnicas de operación en los costos de mantenimiento y operación.

Operación

Su distribuidor Cat puede organizar programas de capacitación que ayuden al operador a mejorar la productividad, disminuir el tiempo de parada, reducir los costos de operación y mejorar la seguridad.



Facilidad de servicio

La reducción del tiempo de mantenimiento da como resultado una mayor productividad.

Facilidad de servicio

El fácil acceso a los puntos de servicio diarios simplifica el servicio y reduce el tiempo empleado en los procedimientos de mantenimiento regular. Facilidad de servicio mejorada e intervalos de servicio extendidos diseñados para aumentar la disponibilidad y productividad de la máquina.

Acceso en bastidor

Facilita el acceso a los componentes principales para quitar o instalar los componentes.

Acceso a nivel del suelo

Los puntos a nivel del suelo agrupados permiten un conveniente servicio de los tanques, filtros, drenajes, baterías, sistema AutoLube, tomas de presión, rejillas, indicador visual de fluidos y parada del motor. El puerto de datos /IMS a nivel del suelo facilita la descarga de la información.

AutoLube

El sistema de lubricación automática reduce el tiempo de mantenimiento al lubricar automáticamente los componentes necesarios en una forma regular.

Muestras de aceite programadas

Las válvulas de extracción S•O•SSM agilizan la toma de muestras y facilitan un análisis confiable.

Puntos de prueba de presión.

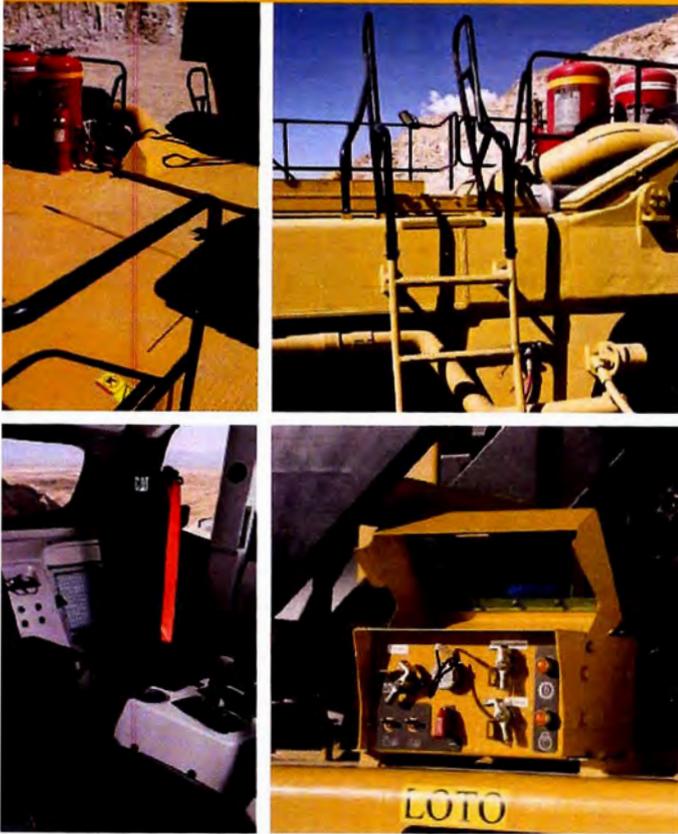
En todos los sistemas hidráulicos hay válvulas de desconexión convenientemente situadas para comprobar fácilmente la presión hidráulica.

Conectores eléctricos sellados

Los conectores eléctricos están sellados para impedir la entrada de polvo y humedad. Para mayor protección, los mazos de cables están trenzados. Los cables están codificados con colores para facilitar el diagnóstico y la reparación.

Seguridad

Las máquinas/sistemas para minería Cat están diseñadas teniendo en cuenta la seguridad como prioridad número uno.



Seguridad del producto

Caterpillar fue y sigue siendo el líder de la industria en el desarrollo proactivo de máquinas para minería que cumplen o superan los estándares de seguridad.

Cabina ROPS integral

La estructura de la cabina ROPS integral está montada elásticamente al bastidor principal para reducir la vibración y el ruido, es una extensión del bastidor del camión y excede los estándares SAE.

Entrada/Salida

La escalerilla y pasarela de 600 mm (23,6 pulg) de ancho facilitan la entrada y salida del suelo a la cabina.

Sistemas de frenos

El sistema de frenos por aceite en las cuatro ruedas permite un control excelente en condiciones de deslizamiento. Este sistema asegura el frenado en caso de una falla hidráulica completa.

Sistema de dirección

El sistema hidráulico de la dirección es independiente del sistema hidráulico principal para evitar la contaminación interna y el recalentamiento procedente de otras fuentes.

Política de sobrecarga

La seguridad es integral para mantener la mayor productividad en las operaciones de minería. La política de sobrecarga 10/10/20 de Caterpillar asegura que los sistemas de dirección y frenado tengan suficiente capacidad para funcionar, incluso con 20% de sobrecarga.

Otras características de seguridad

- Superficies resistentes al deslizamiento
- Sujeción de color anaranjado para el operador, de tres puntos y 76 mm (3 pulg) de ancho
- Espejos de gran ángulo
- Indicador de caja elevada
- Cables dobles de sujeción de caja
- Rieles protectores
- Neutralizador de retroceso durante la descarga
- Nivel bajo de ruido interior

Caja de aislamiento

La casilla de bloqueo y etiquetado montada al paragolpes delantero incluye el interruptor de parada del motor, el bloqueo de la batería, el bloqueo del arranque y de la transmisión.

SAFETY.CAT.COM™

Especificaciones del Camión de Minería 793F

Motor

Modelo de motor	C175-16 Cat®	
Potencia bruta – AE J1995	1.976 kW	2.650 hp
Potencia neta – AE J1349	1.848 kW	2.478 hp
Reserva de par	20%	
Cilíndre	175 mm	6,9 pulg
Carrera	220 mm	8,7 pulg
Cilindrada	85 L	5.187 pulg ³

- Las clasificaciones de potencia se aplican a 1750 rpm cuando se prueban según las condiciones indicadas para la norma especificada.
- Las clasificaciones basadas en las condiciones normales del aire SAE J1995 a 25 °C (77 °F) 99 kPa (29,61 Hg) de presión barométrica en seco. Potencia basada en el combustible con una densidad API de 35 a 16 °C (60 °F) y un LHV de 42,780 kJ/kg (18.390 Btu/lb) con el motor a 100 °C (86 °F).
- No hay reducción de potencia del motor hasta los 3.353 metros (11.000 pies) de altitud.
- Cumple con las normas de emisiones Tier 2 de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

Pesos – Aproximados

Peso del chasis	122.300 kg	270.000 lb
Peso de trabajo de la caja	26.862-47.627 kg (59.220-105.000 lb)	

Peso del chasis con el tanque lleno, dispositivo de montaje y cilindros de elevación de la caja, plantas y neumáticos 40.00R57.
El peso de la caja varía dependiendo de cómo esté equipada la caja.

Especificaciones de operación

Capacidad nominal de carga útil	226,8 toneladas	250 toneladas cortas
Velocidad máxima – con carga	60 km/h	37,3 millas/h
Ángulo de dirección	36 Grados	
Diámetro de giro – Parte delantera	28 m	93 pie
Diámetro de espacio libre de giro del círculo	33 m	107 pie
Peso bruto de la máquina en operación	386.007 o 390.089 kg (851.000 o 860.000 lb)	

- Consulte la política de sobrecarga 10/10/20 para Camiones de Minería Caterpillar para obtener información sobre las limitaciones de peso bruto máximo de la máquina.

Mandos finales

Relación de diferencial	1,8:1	
Relación de engranajes planetarios	16:1	
Relación de reducción total	28,8:1	

Transmisión

Avance 1	12,9 km/h	8 millas/h
Avance 2	17,4 km/h	10,8 millas/h
Avance 3	23,8 km/h	14,8 millas/h
Avance 4	32,1 km/h	19,9 millas/h
Avance 5	43,6 km/h	27,1 millas/h
Avance 6	60 km/h	37,3 millas/h
Retroceso	11,8 km/h	7,3 millas/h

Suspensión

Carrera de cilindro efectiva – Delantero	130,5 mm	5,1 pulg
Carrera de cilindro efectiva – Trasero	105,5 mm	4,2 pulg
Oscilación del eje trasero	±4,9 grados	

Levantamientos de la caja

Caudal de la bomba – Velocidad alta en vacío	846 L/min	224 gal/min
Ajuste de la válvula de alivio – Levantamiento	20.370 kPa	2.955 lb/pulg ²
Tiempo de subida de la caja – Velocidad alta en vacío	19 segundos	
Tiempo de bajada de la caja – Posición libre	20 segundos	
Bajada hidráulica de la caja – Velocidad alta en vacío	17,5 segundos	

- Dos cilindros hidráulicos idénticos de dos etapas montados fuera del bastidor principal, cilindros de doble efecto en la segunda etapa.
- Elevación de la potencia en ambas etapas, disminución de la potencia en la segunda etapa.
- La baja modulación de la caja automática reduce el impacto en el bastidor.

Frenos

Diámetro externo	874,5 mm	34,5 pulg
Superficie de freno – Delantero	89.817 cm ²	13.921 pulg ²
Superficie de freno – Trasera	34.500 cm ²	20.847 pulg ²
Normas	J-ISO 3450 JAN88, ISO 3450:1996	

Distribuciones de peso – Aproximadas

Eje delantero – Vacío	48%
Eje trasero – Vacío	52%
Eje delantero – Cargado	33%
Eje trasero – Cargado	67%

Capacidad – MSD II – Factor de llenado de 100%

A ras	112-142 m ³	146-186 yd ³
Colmado (SAE 2:1)	159-190 m ³	209-250 yd ³

- Comuníquese con su distribuidor Caterpillar local para obtener recomendaciones acerca de la caja.

Especificaciones del Camión de Minería 793F

Capacidades de llenado de servicio

Tanque de combustible	2.839 L	750 gal
Tanque de combustible (opcional)	4.922 L	1.300 gal
Sistema de enfriamiento	1.074 L	284 gal
Cilindrada	312 L	82 gal
Capacidad del eje trasero	984 L	260 gal
Sistema de dirección (incluye tanque)	290 L	77 gal
Sistema de frenos/ amortiguamiento (incluye tanque)	1.315 L	347 gal
Sumidero de transmisión/convertidor de par	102 L	27 gal
Sistema de transmisión/convertidor de par (incluye sumidero)	209 L	55 gal

Neumáticos

Neumático

- 0.00R57
- 6/90R57
- 0/80R57

Caterpillar recomienda al cliente que analice todas las condiciones de trabajo y consulte a su proveedor habitual de neumáticos para que le ayude a elegir los más adecuados. La capacidad de producción del 793F es tal que, en determinadas condiciones de trabajo, podría exceder la capacidad de los neumáticos estándar opcionales en TKPH (TMPH) y, por lo tanto, reduciría la producción.

ROPS

Normas para ROPS

- La ROPS (estructura de protección antivuelco) para la cabina que ofrece Caterpillar cumple los criterios ISO 3471:1994 de la ROPS.
- La FOPS (estructura de protección contra caída de objetos) cumple los criterios ISO 3449:1992 Nivel II FOPS.

Ruido

Normas de ruido

- Cuando la cabina ofrecida por Caterpillar se ha instalado correctamente y se le han realizado los procedimientos del ciclo de trabajo, el nivel de presión del ruido para el operador, medido con las puertas y ventanas cerradas y de acuerdo con los procedimientos especificados en la norma ISO 6394 y 6396, es de 76 dB(A).
- Puede necesitarse protección para los oídos cuando se trabaja mucho tiempo con las puertas/ventanas de la cabina y estación del operador abiertas, en lugares muy ruidosos o si la cabina no tiene el mantenimiento correcto.

Dirección

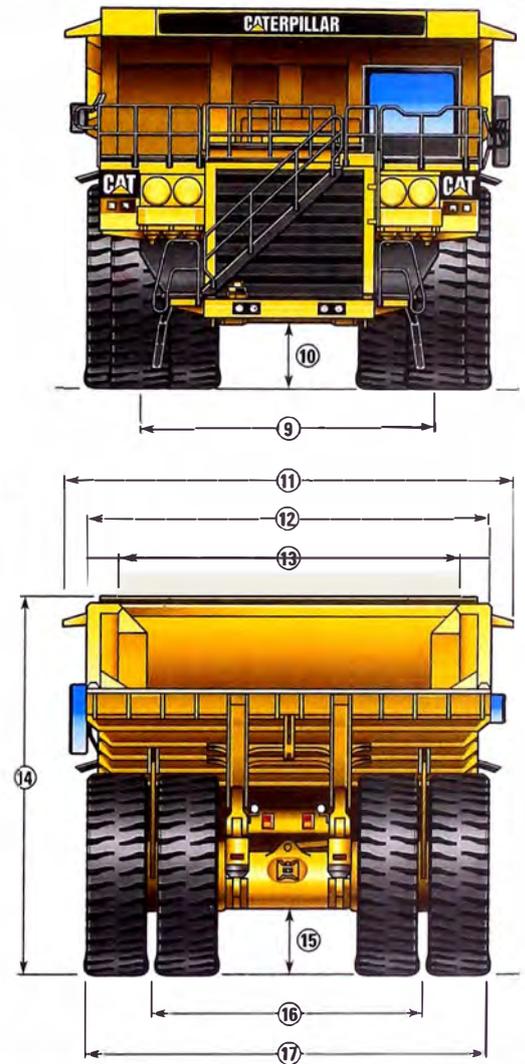
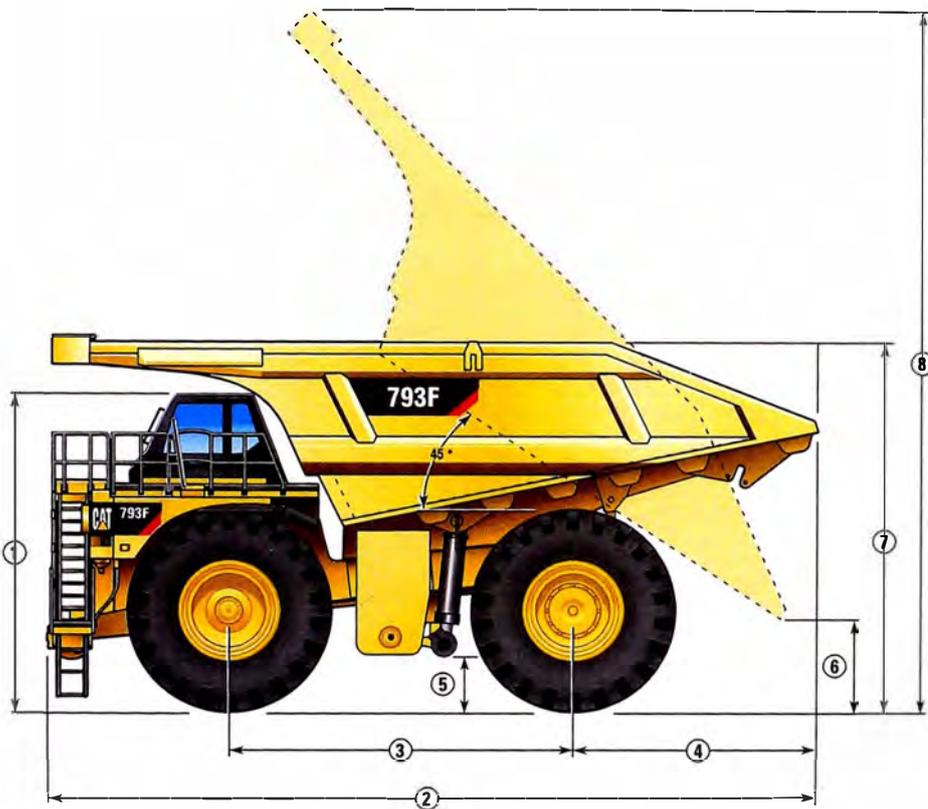
Normas para la dirección

SAE J15111 OCT90,
ISO 5010:1992

Dimensiones

Todas las dimensiones son aproximadas.

Mostrado con Caja MSD II de 176 m³ (230 yd³).



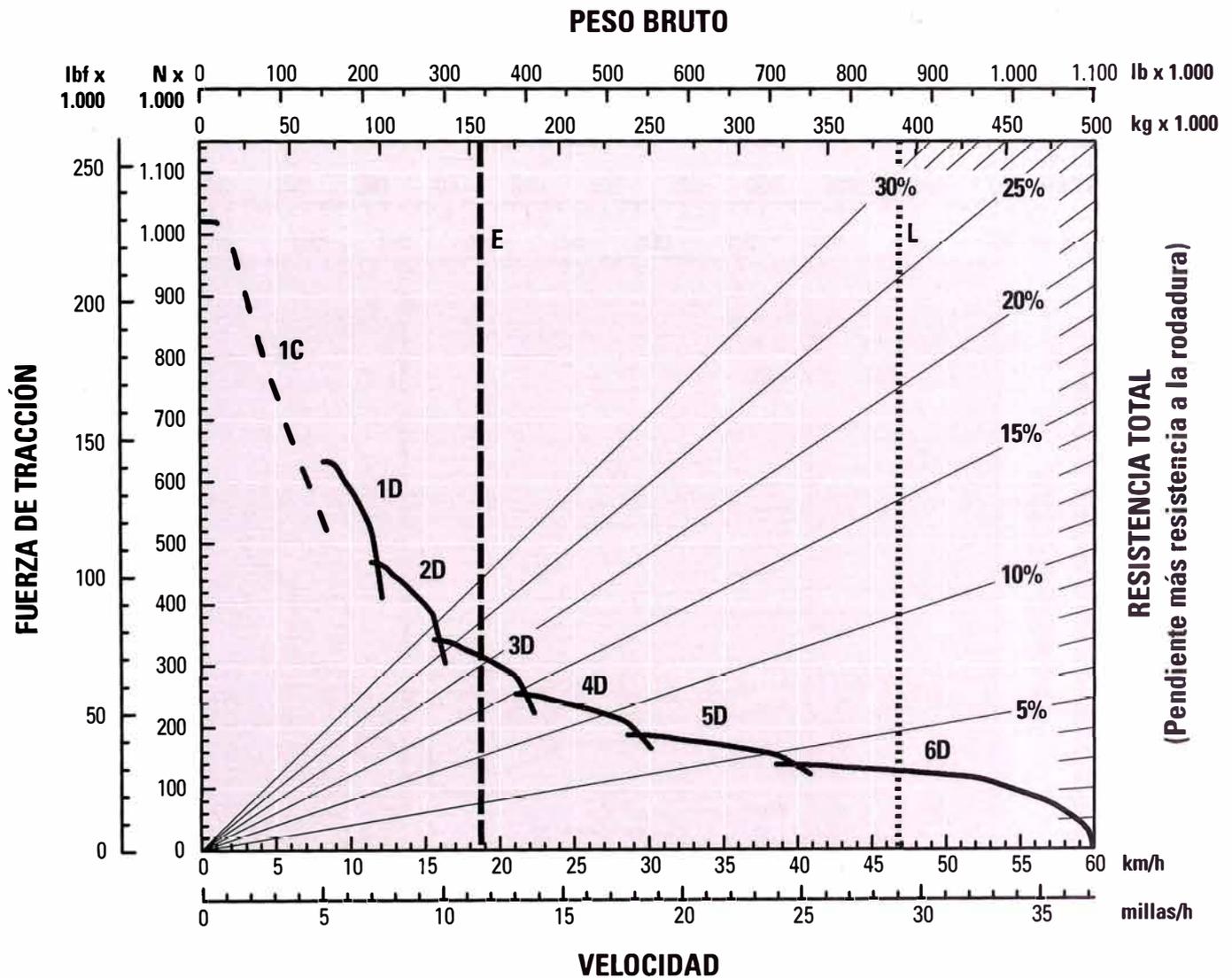
1	Altura hasta la parte superior de la ROPS	5.597 mm	18 pies 4 pulg
2	Longitud total	13.702 mm	44 pies 11 pulg
3	Distancia entre ejes	5.905 mm	19 pies 5 pulg
4	Del eje trasero a la cola de la máquina	4.257 mm	13 pies 11 pulg
5	Distancia a tierra	990 mm	3 pies 3 pulg
6	Altura de descarga	1.301 mm	4 pies 3 pulg
7	Altura de carga - Vacío	6.533 mm	21 pies 5 pulg
8	Altura total con la caja levantada	13.878 mm	45 pies 6 pulg
9	Ancho de los ejes centrales de los neumáticos delanteros	5.630 mm	18 pies 6 pulg
10	Espacio libre del protector del motor	1.217 mm	4 pies 0 pulg
11	Ancho total del techo	8.295 mm	27 pies 3 pulg
12	Ancho exterior de la caja	7.626 mm	25 pies 0 pulg
13	Ancho interior de la caja	6.946 mm	22 pies 9 pulg
14	Altura del techo delantero	6.603 mm	21 pies 8 pulg
15	Espacio libre en el eje trasero	1.006 mm	3 pies 4 pulg
16	Ancho de los ejes centrales de los neumáticos dobles traseros	4.963 mm	16 pies 3 pulg
17	Ancho total de los neumáticos	7.605 mm	24 pies 11 pulg

especificaciones del Camión de Minería 793F

Capacidad de ascenso en pendientes/Velocidad/Fuerza de tracción del 793F*

Para determinar el rendimiento en pendientes: Lea desde el peso bruto hacia abajo hasta el porcentaje de resistencia total. La resistencia total es igual a la pendiente real del terreno más 1% por cada 10 kg/t (20 lb/tonelada) de resistencia a la rodadura. Desde este punto peso-resistencia, vaya horizontalmente hasta la curva con la marcha máxima posible y desde allí hacia abajo para obtener la velocidad máxima. La fuerza de tracción utilizable en las ruedas dependerá de la tracción disponible y del peso sobre las ruedas de tracción.

- Peso vacío típico en el sitio de trabajo
- Peso bruto de la máquina en operación
390.089 kg (860.000 lb)



- 1 - 1ª velocidad
- 2 - 2ª velocidad
- 3 - 3ª velocidad
- 4 - 4ª velocidad
- 5 - 5ª velocidad
- 6 - 6ª velocidad

- E - Vacío
- L - Cargado
- * a nivel del mar

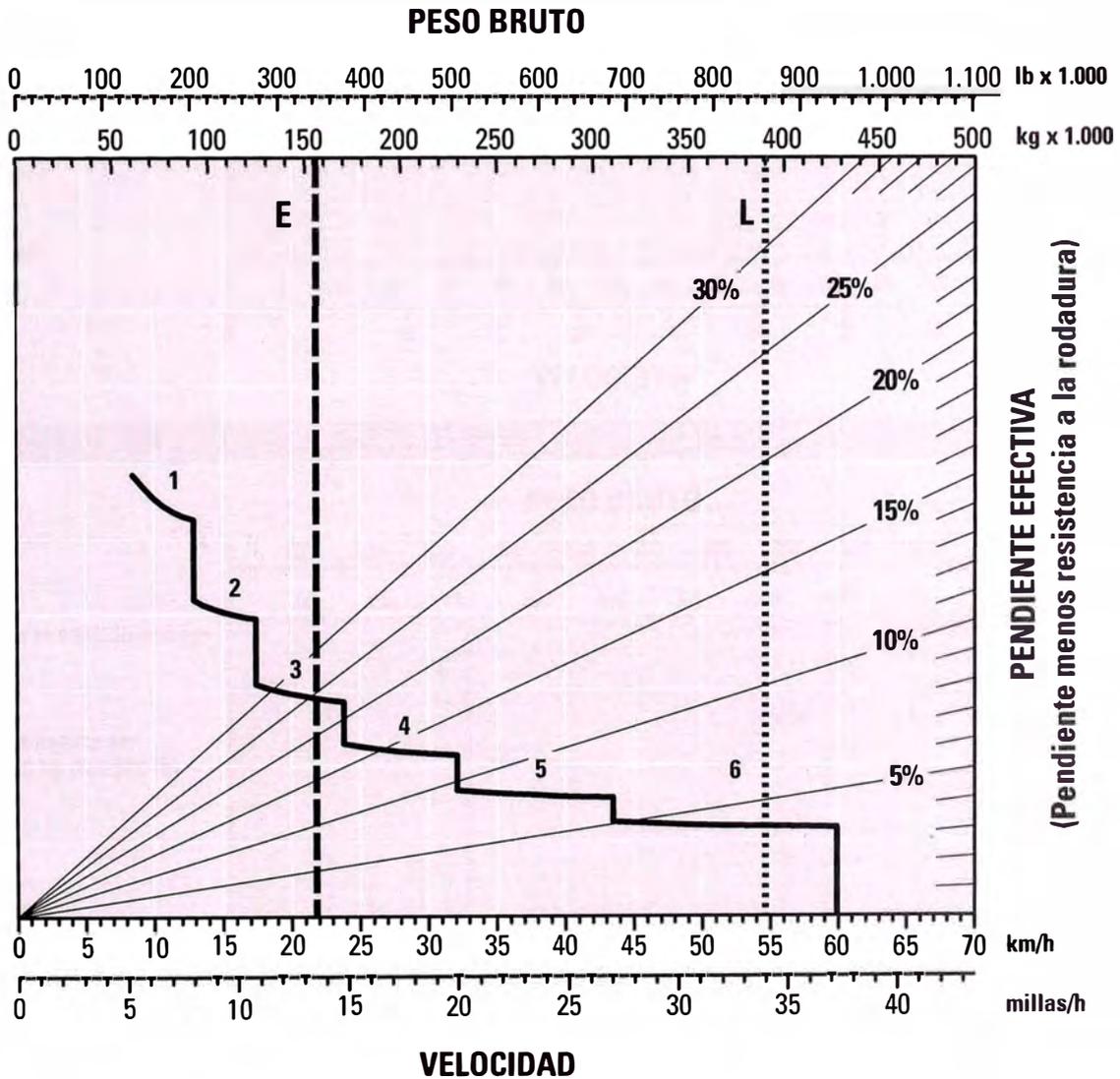
- Impulsor del convertidor de par de apriete
- Impulso directo

Retardo estándar del 793F – Continuo*

Para determinar el rendimiento de retardo: Sume las longitudes de todos los tramos cuesta abajo y, con este total, consulte la tabla de retardo correspondiente. Lea desde el peso bruto hasta el porcentaje de pendiente efectiva. La pendiente efectiva es igual al % real de la pendiente menos 1% por cada 10 kg/t (20 lb/tonelada) de resistencia a la rodadura. Desde este punto peso-pendiente efectiva, vaya horizontalmente hasta la curva con la marcha más alta posible, y después hacia abajo hasta la máxima velocidad de descenso que puedan controlar los frenos debidamente sin exceder la capacidad de enfriamiento. Las tablas siguientes se basan en estas condiciones: temperatura ambiente de 32 °C (90 °F), a nivel del mar, con neumáticos 46/90R-57.

NOTA: Seleccione la marcha apropiada para mantener las rpm del motor al máximo posible, sin hacer que el motor funcione a una velocidad excesiva. Si el aceite de enfriamiento se recalienta, reduzca la velocidad de desplazamiento para que la transmisión cambie a la gama de velocidades inmediatamente inferior.

- — — — — **Peso vacío típico en el sitio de trabajo**
- **Peso bruto de la máquina en operación**
390.089 kg (860.000 lb)

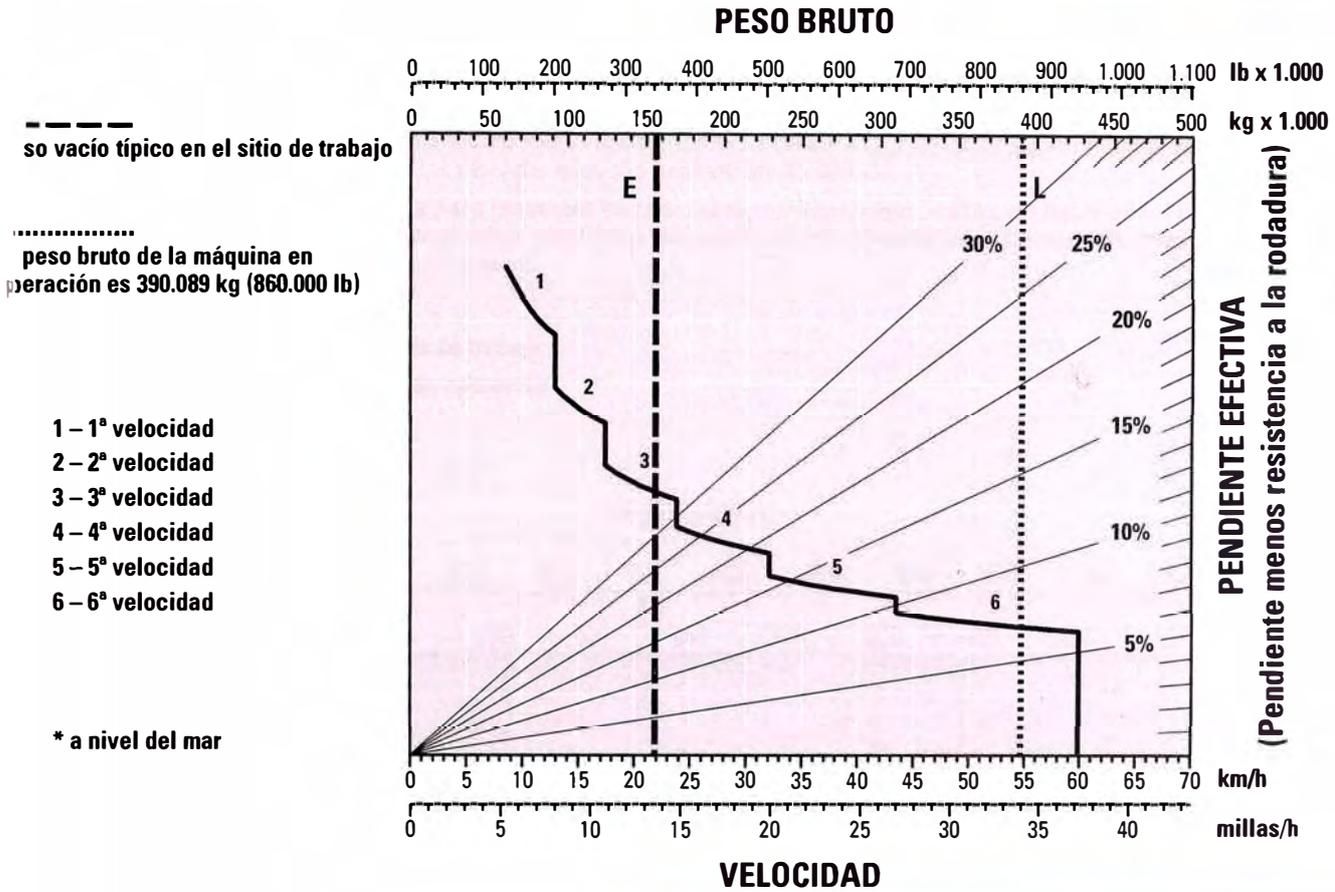


- 1 – 1ª velocidad
- 2 – 2ª velocidad
- 3 – 3ª velocidad
- 4 – 4ª velocidad
- 5 – 5ª velocidad
- 6 – 6ª velocidad

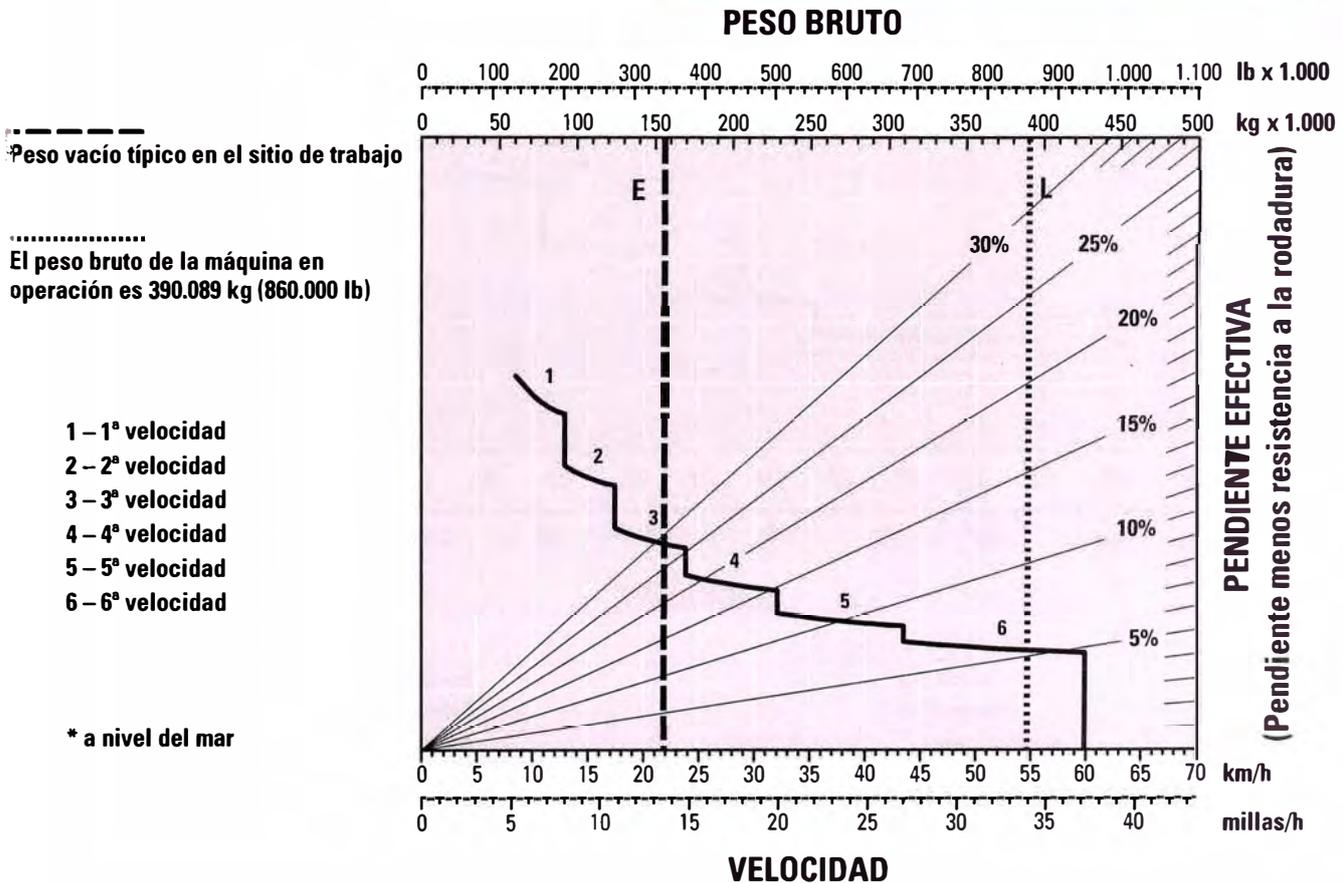
- E – Vacío
- L – Cargado
- * a nivel del mar

Especificaciones del Camión de Minería 793F

Retardo estándar del 793F – 450 m (1.475 pies)*



Retardo estándar del 793F – 1.500 m (4.900 pies)*

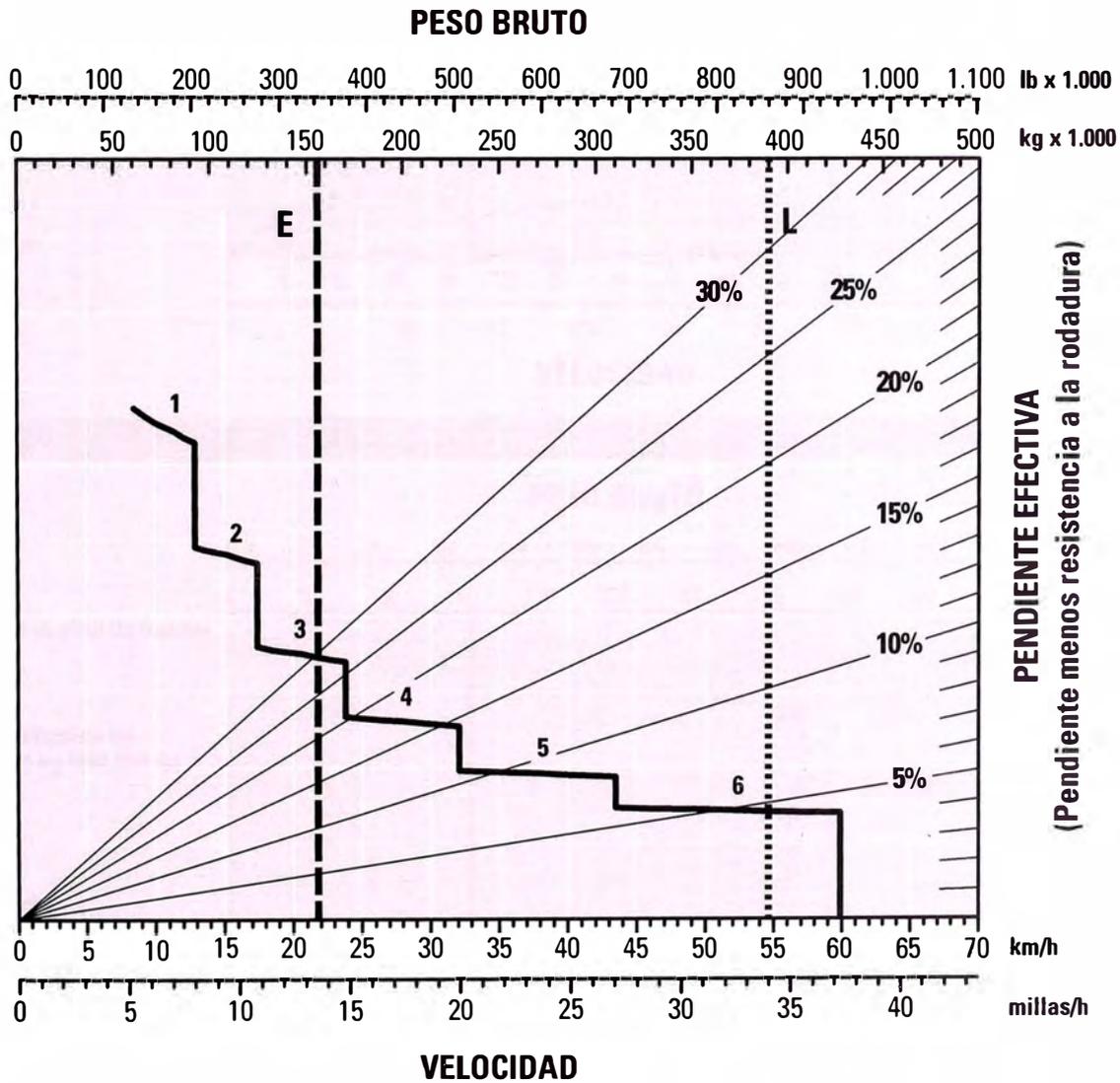


Retardo adicional del 793F – Continuo*

Para determinar el rendimiento de retardo: Suma las longitudes de todos los tramos cuesta abajo y, con este total, consulte la tabla de retardo correspondiente. Lea desde el peso bruto hasta el porcentaje de pendiente efectiva. La pendiente efectiva es igual al % real de pendiente menos 1% por cada 10 kg/t (20 lb/tonelada) de resistencia a la rodadura. Desde este punto peso-pendiente efectiva, vaya horizontalmente hasta la curva con la marcha más alta posible, y después hacia abajo hasta la máxima velocidad de descenso que puedan controlar los frenos debidamente sin exceder la capacidad de enfriamiento. Las tablas siguientes se basan en estas condiciones: temperatura ambiente de 32 °C (90 °F), a nivel del mar, con neumáticos 46/90R-57.

NOTA: Seleccione la marcha apropiada para mantener las rpm del motor al máximo posible, sin hacer que el motor funcione a una velocidad excesiva. Si el aceite de enfriamiento se recalienta, reduzca la velocidad de desplazamiento para que la transmisión cambie a la gama de velocidades inmediatamente inferior.

- — — — — **Peso vacío típico en el sitio de trabajo**
- **Peso bruto de la máquina en operación**
390.089 kg (860.000 lb)



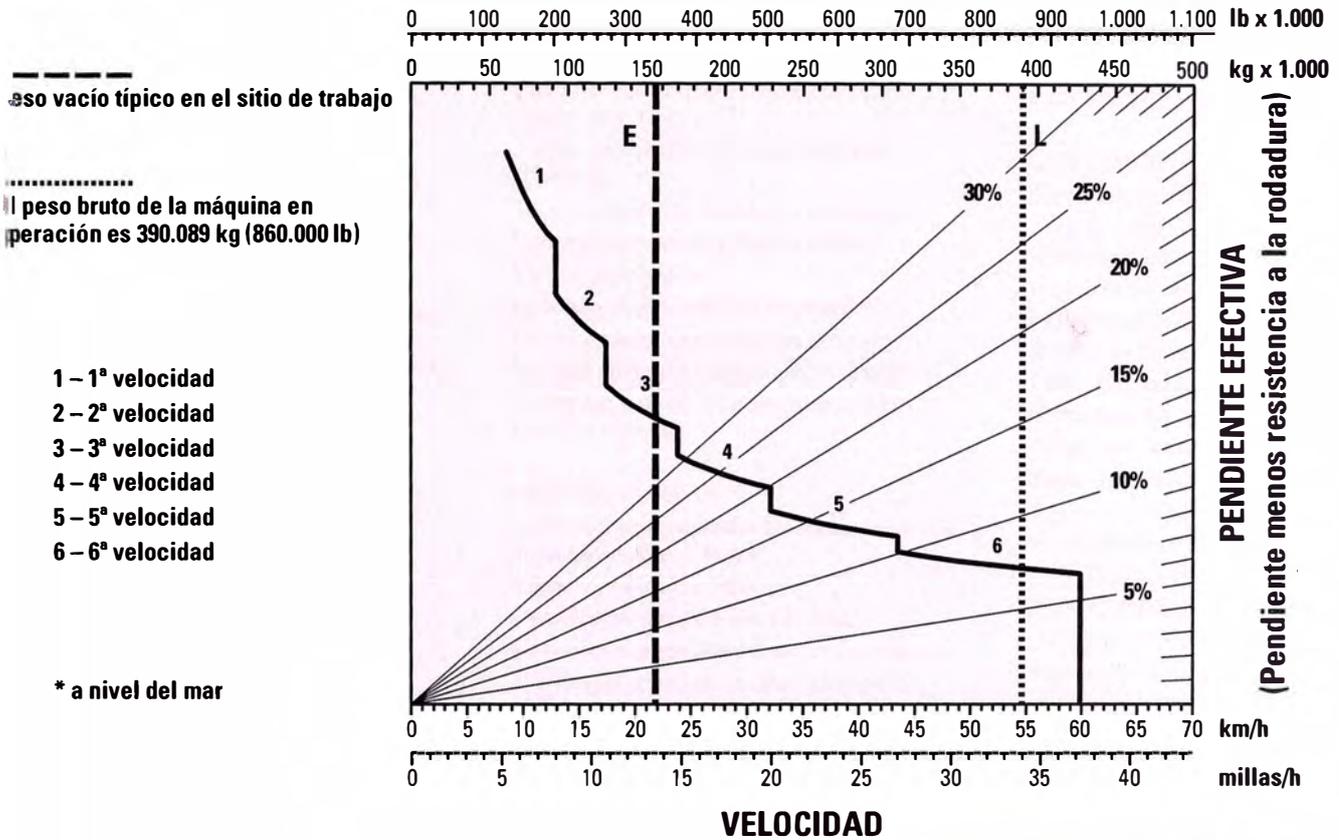
- 1 – 1ª velocidad
- 2 – 2ª velocidad
- 3 – 3ª velocidad
- 4 – 4ª velocidad
- 5 – 5ª velocidad
- 6 – 6ª velocidad

- E – Vacío
- L – Cargado
- * a nivel del mar

especificaciones del Camión de Minería 793F

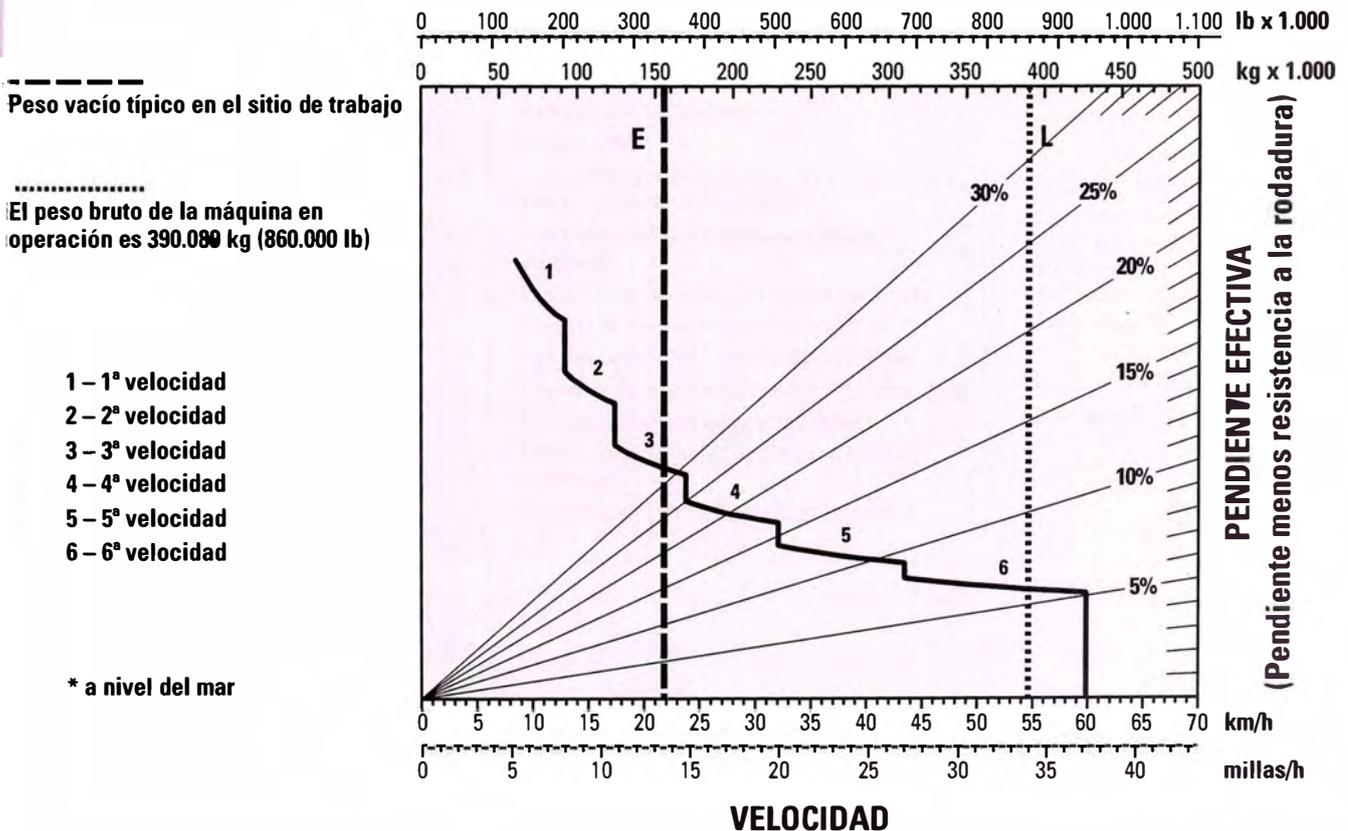
Retardo adicional del 793F – 450 m (1.475 pies)*

PESO BRUTO



Retardo adicional del 793F – 1.500 m (4.900 pies)*

PESO BRUTO



Los equipos estándar pueden variar. Consulte a su distribuidor Cat para mayor información.

SISTEMA ELÉCTRICO

Sistema de retroceso
 Alternador sin escobillas, 150 amperios
 Baterías, 93 amp/h y de bajo mantenimiento, 24 voltios (2)
 Convertidor, sistema eléctrico de 12 voltios
 Sistema eléctrico, 24 voltios, 10, 15 y 20 amp
 Receptáculo de carga de la batería
 Sistema de iluminación
 Luces de retroceso y de peligro
 Señales de dirección (LED delantero y trasero)
 Escalerillas de acceso delantero/plataforma de servicio
 Luces de parada/traseras (LED)
 Compartimiento del motor
 VIMS, luz azul (LED)
 Faros delanteros, con selector de luz alta-baja

ENTORNO DEL OPERADOR

Aire acondicionado con control automático de temperatura
 Administrador eléctrico de 12 voltios CC (3)
 Gancho para ropa
 Posavasos
 Orificio de conexión de diagnóstico
 Luz interior en el techo
 Silla para radio de entretenimiento
 Convertidor de 5 amp, parlantes y mazo de cables
 Medidor/Indicadores
 Tablero de medidores:
 Temperatura del fluido de transmisión
 Temperatura del aceite del freno
 Temperatura del refrigerante del motor
 Nivel de combustible
 Temperatura del aceite del convertidor de par de apriete
 Indicador de falla del control del motor eléctrico
 Horómetro eléctrico
 Velocímetro
 Tacómetro
 Calentador/Descongelador de 11.070 kCal (45.930 Btu)
 Dispositivo de levantamiento, control de la caja (eléctrico)
 Cocina
 Espejos retrovisores derecho e izquierdo
 Cabina ROPS, Aislada/con insonorización

Asiento, operador, suspensión de aire
 Cinturón de seguridad, operador, tres puntos, enrollable
 Cinturón de seguridad, acompañante, dos puntos, enrollable
 Acceso a escalerilla y pasarela, 600 mm (23,6 pulg)
 Volante, inclinable, acolchado, telescópico
 Compartimientos de almacenamiento
 Vidrios polarizados
 Indicador de velocidad de la transmisión
 Centro de mensajes VIMS con Advisor
 Ventana, operador, asistida eléctricamente
 Parabrisas, control del intermitente de la escobilla y lavador

TREN DE FUERZA

C175-16 Cat® cumple con las regulaciones de emisiones Tier 2 Motor
 Filtro de aire con antefiltro (4)
 Posenfriador de aire a aire (ATAAC)
 Protección automática del motor de arranque
 Auxiliar de arranque con éter (automático)
 Detección de presión del aceite de puntos múltiples
 Turbocompresión (4)/Posenfriado
 Sistema de frenos
 Control del retardador automático, ajustable
 Motor de desconexión del freno (remolque)
 Protección contra el exceso de velocidad del motor
 Material del disco de frenos de larga duración
 Enfriado por aceite, multidisco (delantero y trasero)
 Servicio, retardo, estacionamiento, secundario
 Freno de estacionamiento integrado con selector de engranajes
 Emergencia, secundario
 Transmisión
 6 velocidades, servotransmisión automática con control electrónico (ECPC)
 Neutralizador de retroceso con la caja levantada
 Inhibidor de cambios con la caja levantada
 Control de aceleración en los cambios
 Administración de cambios de sentido de marcha
 Inhibidor de cambio descendente/marcha atrás
 Modulación del embrague individual
 Convertidor de par de apriete con sistema de bloqueo
 Neutralizador de deslizamiento en neutral

Interruptor de arranque en neutral
 Velocidad máxima programable
 Prelubricación/Motor
 Lubricación/filtración continua del eje trasero

OTRO EQUIPO ESTÁNDAR

Sistema de lubricación automático
 Conexión rápida auxiliar para descarga simultánea con otro dúmper
 Conexión rápida auxiliar de dirección (remolque)
 Protector de la línea de mando
 Sistema de llenado rápido de combustible
 Filtro de combustible con separador de agua
 Traba de la batería a nivel del suelo
 Parada del motor a nivel del suelo
 Traba del arranque del motor a nivel del suelo
 Traba de la transmisión a nivel del suelo
 Puerto de datos VIMS a nivel del suelo
 Cambio de aceite del cárter de alta velocidad
 Filtros hidráulicos, 1.000 horas
 Depósitos (3 separados)
 Freno/dispositivo de levantamiento, dirección/ventilador, transmisión/convertidor
 Expulsores de rocas
 Puntos de servicio, a nivel del suelo
 Indicadores visuales de nivel para aceite hidráulico/del motor
 Puertos de muestreo S•O•SSM
 Dirección suplementaria (automática)
 Argollas de sujeción
 Ganchos de remolque (delantero)/pasador de remolque (trasero)
 Sistema de control de la tracción
 Cerraduras de protección contra vandalismo
 Sistema de administración de información vital (VIMS)
 Incluye el monitor de carga útil VIMS con carga útil MÁX y administrador de velocidad (Se recomienda usar cable de descarga 127-9797 y software basado en PC JERD2175. Software suplementario "Supervisor VIMS" YERA1403. Pedir por separado. No se proporciona computadora).

ANTICONGELANTE

Refrigerante de larga duración a -35 °C (-30 °F)

Equipo optativo del 793F

El equipo optativo puede variar. Consulte a su distribuidor Cat para mayor información.

Iluminación adicional

Frenado adicional para el acarreo cuesta abajo

Cilindro de la caja

Asiento del acompañante con suspensión de aire

Serie Comfort Cat

Anticongelante/refrigerante protege hasta

-58 °C (-58 °F)

Medidor del indicador de desgaste del freno

Filtro de aire de la cabina

Accesorio paragolpes central de remolque

Ventana eléctrica, lado derecho

Sistema de arranque eléctrico

Refrigerante del motor y calentador de aceite para

arranques en tiempos fríos

Sincronizador de parada de retardo del motor

Tambores de ruedas de larga duración

Pantalla de visualización digital externa
de carga útil

Espejos externos con calefacción

Centro de servicio de llenado rápido

Tanque de combustible (4.920 L/1.300 gal)

Asiento del operador con calefacción serie
Comfort Cat

Lámparas de alta intensidad (HID, por sus siglas
en inglés) (delantera y trasera)

Odómetro para cubos (km y millas)

Extintor de incendios portátil

Enfriador de lubricación del eje trasero

Parasol delantero retráctil

Protector del neumático

Neumáticos (813 mm/32 pulg)

Control de análisis de carretera (RAC)

Inyectores de engrase SL-V

Traba del acelerador

Pasarela y pasamanos para el acceso a la
cabina trasera

Calzos para ruedas

Sistema de visión del área de trabajo (WAVS)

Notas

Notas

Camión de Minería 793F

Para obtener información completa sobre productos Cat, servicios del distribuidor y soluciones de la industria, visítenos en www.cat.com

© 2010 Caterpillar Inc.

Todos los derechos reservados

Materiales y especificaciones sujetos a cambio sin previo aviso. Las máquinas que aparecen en este catálogo pueden incluir equipos opcionales. Consulte con su distribuidor Caterpillar las opciones disponibles.

CAT, CATERPILLAR, SAFETY.CAT.COM, sus respectivos logotipos, el color "Caterpillar Yellow" y la imagen comercial de "Power Edge", así como la identidad corporativa y de producto aquí utilizados, son marcas registradas de Caterpillar y no pueden utilizarse sin autorización.

ASHQ6038-03 (03-2010)
Reemplaza ASHQ6038

CATERPILLAR[®]

Apéndice 3.

Microscopía Electrónica por Barrido.

Microscopía Electrónica por Barrido.

La **microscopia electrónica de barrido** o **SEM** se basa en el principio de la microscopia óptica en la que se sustituye el haz de luz por un **haz de electrones**. Con esto conseguimos hasta los 100 Å, resolución muy superior a cualquier instrumento óptico.

Su funcionamiento consiste en hacer incidir un **barrido de haz de electrones** sobre la muestra. La muestra (salvo que ya sea conductora) está generalmente recubierta con una capa muy fina de oro o carbón, lo que le otorga propiedades conductoras. La técnica de preparación de las muestras se denomina "**sputtering**" o pulverización catódica.

Al alcanzar el haz la superficie de la muestra se generan principalmente las siguientes partículas

- **Electrones retrodispersados (e1)**

- **Electrones secundarios (e2)**

Además de radiación electromagnética (**rayos X**) y otras partículas menos significativas.

El microscopio se encuentra internamente equipado con unos detectores que recogen la energía y la transforman en las siguientes imágenes y datos:

- **Detector de electrones secundarios:** (SEI – SecondaryElectronImage) con los que obtenemos las imágenes de alta resolución.

- **Detector de electrones retrodispersados:** (BEI – BackscatteredElectronImage) Con menor resolución de imagen pero mayor contraste para obtener la topografía de la superficie.

- **Detector de energía dispersiva:** (EDS – EnergyDispersiveSpectrometer) detecta los rayos X generados y permite realizar un análisis espectrográfico de la composición de la muestra.



FIG.1. Equipo de Microscopio Electrónico de Barrido con Analizador de Rayos X

Aplicaciones prácticas en materiales de construcción:

- **Morteros y hormigones:** Microestructura, fases cristalinas, impurezas, detección e identificación de sales, microfisuración, etc.

- **Materiales metálicos:** Fases cristalinas, texturas, composición, tamaño de grano, patologías y deterioro (corrosión, fatiga, defectos, fragilización, etc.)

- **Análisis de fracturas** en distintos materiales.

- **Determinación de espesores.**

- **Productos cerámicos:** Microestructura, evaluación de la temperatura de cocción, fases cristalinas, impurezas, detección e identificación de sales y esflorescencias, etc.

- **Geología:** Cristalografía, composición mineralógica, petrología, estudio de composición de arcillas, etc.

- **Patrimonio, Conservación y Rehabilitación:** Análisis de materiales pétreos, morteros y pinturas, grado y origen de alteración, estado, caracterización del sistema poroso, biodeterioro, efecto de los tratamientos de limpieza y consolidación, análisis de sales y costras, análisis de pigmentos.

Las aplicaciones son múltiples y muy útiles donde otros análisis y ensayos comunes en los laboratorios tradicionales de construcción no pueden llegar.

Otra de las ventajas de la SEM es la escasa porción de muestra que se necesita para el análisis, lo que lo convierte prácticamente en un **ensayo no destructivo**.