

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO
SATELITAL APLICADO AL PLAN DE
MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS CATERPILLAR DEL
SECTOR CONSTRUCCIÓN**

INFORME DE SUFICIENCIA

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

DAVID QUISPE CCAHUANA

PROMOCIÓN 2008 - I

LIMA-PERÚ

2 013

DEDICATORIA

A:

Mi madre Paulina Ccahuana Andia, por darme la vida y por su apoyo y el cariño durante todo mi período de estudio, que Dios la guarde en su Gloria.

Mi Padre Victor Quispe Chura, por ser el hombre que me enseña el sendero, para ser una buena persona y su apoyo durante este largo camino llamado vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme dado la oportunidad de colocarme innumerables retos día a día, valorando de esta forma el esfuerzo y el empeño, y también a todos mis compañeros del XX Programa de Titulación Profesional de Ingeniería Mecánica.

ÍNDICE

PRÓLOGO		Pág. 1
CAPÍTULO I:	INTRODUCCIÓN	
1.1	Antecedentes	Pág. 4
1.2	Objetivo General	Pág. 6
1.3	Objetivos Específicos	Pág. 6
1.4	Justificación	Pág. 7
1.5	Alcances	Pág. 8
1.6	Limitaciones	Pág. 8
CAPÍTULO II:	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO Y DEL PROCESO PRODUCTIVO	
2.1	Presentación del proceso productivo	Pág. 9
2.2	Descripción del producto	Pág. 10
CAPÍTULO III:	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS DE TRABAJO	
3.1	Identificación del problema	Pág. 17
3.1.1	Estado situacional encontrado	Pág. 23
3.1.1.1	Historia de la oferta vs la demanda (propia de la empresa)	Pág. 23
3.1.1.2	Proyección de la demanda	Pág. 24
3.1.2	Estado futuro deseado	Pág. 24
3.1.3	Dificultades encontradas en el proceso productivo	Pág. 25

3.2	Planteamiento de la hipótesis de trabajo	Pág. 25
3.2.1	Diagrama Medios-Fines	Pág. 25
3.2.2	Planteamiento de la hipótesis	Pág. 26

CAPÍTULO IV: MARCO TEÓRICO

4.1	Marco teórico relacionado al mantenimiento de máquinas	Pág. 27
-----	--	---------

CAPÍTULO V: DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

5.1	Identificación del parque de máquinas a las cuales se le implementara el sistema de monitoreo satelital	Pág. 53
5.1.1	Empleo del sistema informático DBS (Dealer Bussiness System)	Pág. 53
5.1.2	Empleo del Sistema Informático SIMS (Service Information Management System)	Pág. 54
5.1.3	Identificación de 50 máquinas de diferente aplicación para la instalación del sistema de monitoreo satelital	Pág. 56
5.2	Instalación de una sala de monitoreo Satelital	Pág. 57
5.2.1	Ubicación estratégica de una oficina para la sala del Monitoreo	Pág. 57
5.2.2	Empleo de computadoras y licencias del Software	Pág. 58
5.2.3	Instalación de una sala ubicada en Tingo María y la verificación del correcto funcionamiento del sistema de redes	Pág. 59
5.3	Instalación del módulo de control electrónico (ECM) en las máquinas	Pág. 60

5.3.1	Instalación y verificación del sistema eléctrico del módulo de control	Pág. 60
5.3.2	Activación del sistema de monitoreo satelital	Pág. 65
5.3.3	Pruebas de funcionamiento de los módulos de control electrónicos en 10 máquinas.	Pág. 66
5.4	Pruebas del monitoreo satelital aplicado al Mantenimiento	Pág. 69
5.4.1	Monitoreo de la operación de las máquinas	Pág. 69
5.4.2	Monitoreo del mantenimiento de las máquinas	Pág. 72
5.4.3	Elaboración de los planes de mantenimiento basados en los monitoreos de operación y mantenimiento.	Pág. 75
5.5	Estructura de costos para la obtención del sistema de monitoreo satelital	Pág. 76
5.5.1	Adquisición e instalación del módulo de control y accesorios	Pág. 77
5.5.2	Gestión de la Adquisición del la licencia para el monitoreo para el cliente.	Pág. 77
5.5.3	Presupuesto de Adquisición del producto y consideraciones para el tiempo de licencia del sistema satelital	Pág. 78
5.6	Aplicación del plan de mantenimiento en 10 máquinas mediante el sistema de monitoreo satelital.	Pág. 80
5.6.1	Consideraciones de las pruebas realizadas	Pág. 80

5.6.2	Pruebas finales de monitoreo	Pág. 81
5.6.3	Evaluación del mantenimiento sin el sistema de monitoreo satelital	Pág. 88
5.6.4	Evaluación del Mantenimiento considerando el nuevo sistema de monitoreo satelital	Pág. 89
CONCLUSIONES		Pág. 91
RECOMENDACIONES		Pág. 94
BIBLIOGRAFÍA		Pág. 96
ANEXOS		Pág. 98

PRÓLOGO

En el presente informe se presentará la Optimización del Plan de Mantenimiento para Motores y Maquinas CAT, dividiéndose los capítulos de la manera siguiente:

En el Capítulo 1, Introducción, se exponen los antecedentes de este trabajo, los objetivos que se desean alcanzar, la justificación del planteamiento de esta solución, el alcance de este proyecto y finalmente las limitaciones que se tuvieron para desarrollarlo.

En el Capítulo 2, Descripción de la Empresa la cual brinda el servicio, la descripción del proceso de producción, y la descripción del producto ofrecido a nuestros clientes.

En el Capítulo 3, Identificación del Problema y Planteamiento de la Hipótesis del Trabajo, se identifica el problema y se plantea la hipótesis como posible solución.

En el Capítulo 4, Marco Teórico, se detalla el marco teórico relacionado al Servicio de Mantenimiento de Máquinas y Motores Caterpillar.

En el Capítulo 5, Solución del Problema, se demuestra la factibilidad de realizar una implementación del sistema de monitoreo satelital aplicado al mantenimiento de Maquinarias Caterpillar

Finalmente se indican las conclusiones y recomendaciones del presente informe.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El tema del Informe trata de la Optimización del Plan de Mantenimiento en Maquinas Caterpillar del sector construcción, mediante el monitoreo satelital.

En la Selva Peruana se encuentran industrias de extracción de madera, proyectos petroleros, y proyectos de construcción para la interconexión de los pueblos, esto dado por los proyectos de los diferentes gobiernos regionales, así como también de los Municipios.

En la actualidad se están dando proyectos importantes en la zona selva de Tingo Maria en Huánuco, proyectos como el de la construcción de la segunda central hidroeléctrica más grande del País (Chaglla).

Las empresas en esta zona del país, requieren de bienes de capital que permitan realizar parte de su proceso productivo, entre los cuales se encuentran la compra de motores marinos para su transporte fluvial de carga por la selva peruana, así como maquinarias para las etapas pre-operativas de sus proyectos.

Son los profesionales, los encargados de los proyectos, que aseguran que todos los trabajos estén de acuerdo a un cronograma establecido, y con la única misión de cumplir sus objetivos, siempre buscan las mejores alternativas de solución frente a los problemas presentados en los productos y servicios adquiridos para elaborar eficientemente su trabajo.

1.1 ANTECEDENTES

La empresa a la que se refiere el presente informe es ORVISA S.A., la cual tiene como centro de operaciones la selva peruana (Iquitos-Pucallpa), en la actualidad se ha realizado un ampliación de sus oficinas en el departamento de Huánuco, en los cuales se ubican en 02 zonas estratégicas en la ciudad de Huánuco y la ciudad de Tingo Maria, esto debido a los importantes proyectos en Huánuco como el de la construcción de la central hidroeléctrica Chaglla, que será abastecida por el río Huallaga, y será capaz de generar 406 MW, para abastecer al consumo eléctrico nacional, esta central será la segunda hidroeléctrica más grande del país después de la central Antunez de Mayolo (Mantaro) , y que, en cuya etapa Pre-Operativa del proyecto adquirió 160 equipos Caterpillar entre máquinas y grupos electrógenos, así mismo será necesario también la interconexión de las ciudades mas alejadas, esto es llevado a cabo por licitaciones de Gobiernos Regionales y Municipios, donde también se requieren máquinas Caterpillar para la construcción de Carreteras. En la zona de la selva peruana, también es predominante el transporte fluvial de pasajeros por lo que son necesarios las embarcaciones marinas, así como empujadores de barcas para el transporte de carga

pesada por toda la zona oriental, estas embarcaciones y empujadores son propulsados por motores especiales marca Caterpillar, conocidos como Motores Marinos.

La gestión comercial de la empresa se concentra en la ubicación de los clientes potenciales en la zona oriente, así como el requerimiento de equipos de alta confiabilidad, de igual manera se requiere el respaldo de una marca que les brinde el soporte necesario en cualquier momento y en cualquier zona donde se realice el proceso productivo.

La relación de Equipos de nuestro parque de máquinas es la siguiente:

- Motor Marino Caterpillar C12 de 375HP, electrónico
- Motor Marino Caterpillar C18 de 454HP, electrónico
- Excavadoras Hidráulicas Caterpillar 320D, 330D, 336D, 325 y 329DL, electrónicas
- Cargadores Frontales Caterpillar 938H, 950H, 966H, electrónicos.
- Retroexcavadoras Caterpillar 420E, electrónicas.
- Rodillos Compactadotes Caterpillar CS56, electrónicos.
- Tractores de Cadenas Caterpillar D6T, D8T, electrónicas.
- Motoniveladoras Caterpillar 120K, 140K, electrónicas

La proyección de la alta demanda de los servicios a estas máquinas y motores para embarcaciones fluviales se estima en 4 años.

La empresa interviniente en la Oferta de estos servicios es Orvisa S.A.

1.2 OBJETIVO GENERAL

En el informe se presenta una mejora del plan de mantenimiento para alcanzar la disponibilidad y mantenibilidad, de un grupo de máquinas Caterpillar del sector construcción con una reducción significativa tiempo por paradas de máquinas debido a un incorrecto mantenimiento u operación durante la vida útil de la máquina expresado en horas de operación y rendimiento, mediante la implementación de un sistema de monitoreo satelital.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos son:

- a) Identificación del parque de máquinas a las cuales se le implementara el sistema de monitoreo satelital.
- b) Instalación de una sala de monitoreo satelital, en un lugar estratégico para el monitoreo de las máquinas para poder brindar capacitación a nuestros clientes.
- c) Instalación del módulo de control electrónico (ECM) en las máquinas, para el monitoreo satelital, en una cantidad no menor de 10 máquinas para las pruebas respectivas.
- d) Pruebas del monitoreo satelital aplicado al mantenimiento en máquinas y la elaboración de los planes de mantenimiento basados en los monitoreos de operación y mantenimiento.

- e) Realización de la estructura de costos para la obtención del sistema de monitoreo satelital, con la estandarización de los presupuestos de instalación.
- f) Aplicación del Plan de Mantenimiento en 10 máquinas mediante el sistema de monitoreo satelital.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Cada vez aumenta la cantidad de nuestros clientes que adquieren máquinas y motores, que reportan una cantidad importante de historial de fallas, muchas veces por una mala aplicación de un mantenimiento, como por fallas operacionales, entonces lo que el programa busca es, mediante el monitoreo satelital, conocer primeramente el horómetro de la máquina, los parámetros de operación y en base a ello realizar un diagnóstico remoto, e indicar a los clientes si es un problema de mantenimiento o de operación, de esta forma se reducirían los reportes de falla, y se da una atención de servicio por mantenimiento oportuna al cliente.

Es necesario implementar una mejora los planes de mantenimiento de las máquinas y motores marinos, empleando herramientas electrónicas y satelitales y brindar así un mejor soporte con lo que respecta al Mantenimiento de las Máquinas a nuestros clientes en el lugar y tiempo en que sea requerido, manejando costos diferenciados y siendo la mejor opción desde el punto de vista técnico y económico.

1.5 ALCANCES

En el presente informe se documenta la manera como se ha mejorado el plan de mantenimiento ya existente para las máquinas soportados en el sistema de control satelital “Vision Link”, concentrándose básicamente en criterios del Mantenimiento Preventivo y los diferentes análisis de fallas reportados por nuestros clientes, muchas veces por la ausencia de un correcto Mantenimiento y Operación.

1.6 LIMITACIONES

Las limitaciones se encontraron en algunos motores de generación eléctrica, ya que no es posible monitorearles satelitalmente mediante el Software “Visión Link”, debido a que este sistema es recomendable a las máquinas móviles con motores electrónicos, por necesitar una interfase de datos entre los receptores de señal de los diversos sistemas electrónicos de la máquina con el módulo de control electrónico del sistema satelital.

El presente informe no contempla el plan de renovación de máquinas o motores, debido a que esto estaría sustentado con un análisis de Costos, como horas vida, valor rescate de la máquina por las horas de servicio, etc.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO Y PROCESO DE PRODUCCIÓN

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

El sistema de monitores Satelital que nos permite identificar la ubicación de la máquina, el estado de operatividad y mantenibilidad de la máquina entre otras funciones presenta el siguiente Diagrama de Flujo del Proceso.



Figura 2.1, Diagrama de Flujo del Proceso de Monitoreo Satelital

Como se aprecia en la Figura 2.1 las señales de monitoreo satelital son recepcionadas por una estación y a través del servidor Caterpillar y redireccionadas a los procesadores de Ferreyros y luego a la sala de monitoreo donde se encuentran las computadoras, donde podremos verificar el estado de la máquina y de esta forma llevar un control del correcto desempeño de la máquina, durante el tiempo de operación.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

El monitoreo satelital, es aplicado a las máquinas que poseen un motor electrónico Caterpillar, mediante un módulo de control electrónico (ECM) para el motor y un módulo y una radio adicional para el sistema de monitoreo satelital, que en conjunto son un sistema para detectar e informar en tiempo real lo siguiente:

a) Ubicación de las máquinas en todo momento

Esto nos permite conocer la ubicación exacta de la máquina, condiciones de altura, sistemas de arranque en frío, modificación del plan mantenimiento con respecto a los cambios de aceite de motor. Dependiendo de la altura en metros sobre el nivel del mar, la oxidación de un aceite multigrado es más acelerada.

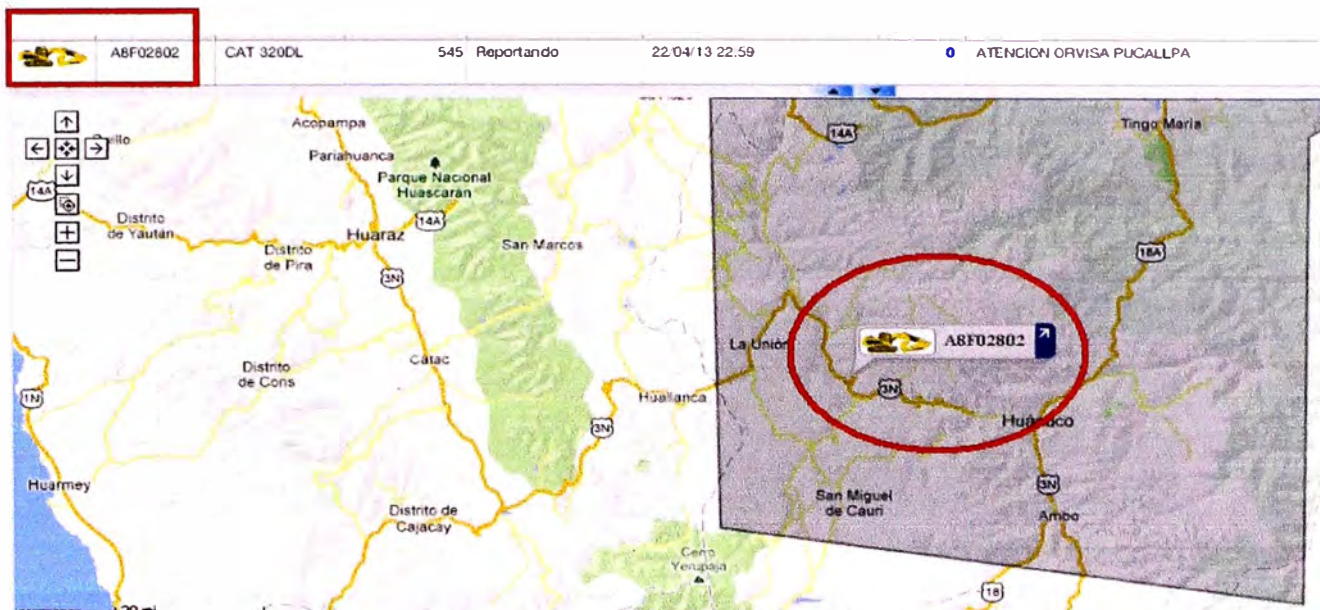
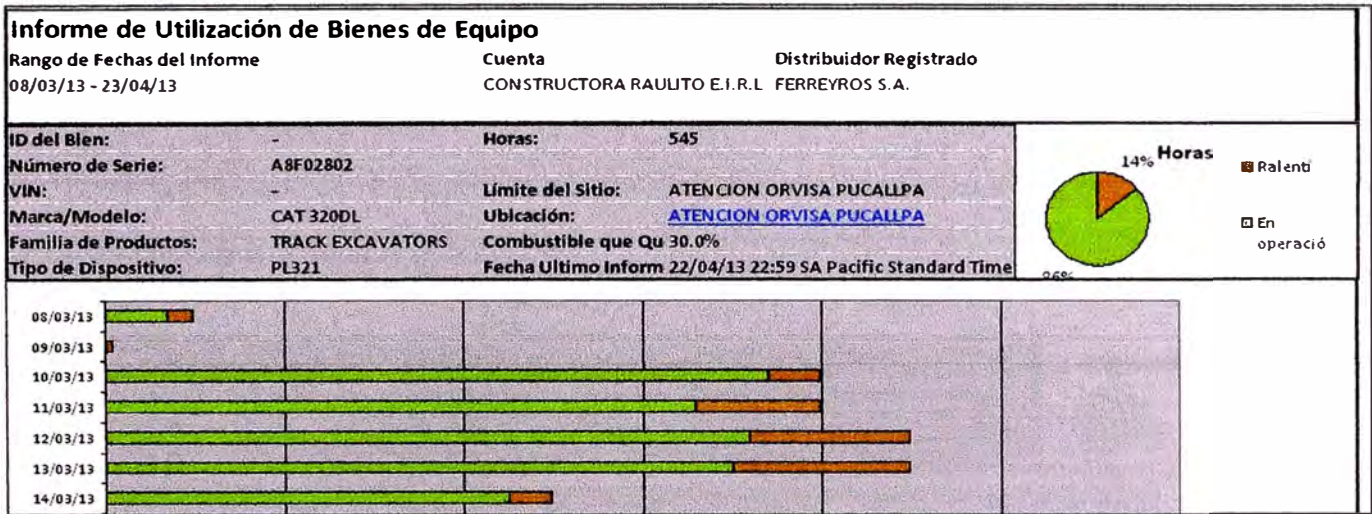


Figura 2.2 Ubicación geográfica de una Excavadora modelo 320DL

En la Figura 2.2, se aprecia la Ubicación de la máquina, Excavadora Hidráulica 320D con número de serie A8F02802, esta máquina se ubica en la carretera de la Unión hacia Huánuco, esto esta aproximadamente a 2 horas de la ciudad de Huánuco.

b) Reportes de operación correcta

Se realiza un cuadro por día, semanal o un reporte mensual de cuanto es lo que realmente esta trabajando cada máquina, en operación y en ralentí, para ver si se esta operando de forma correcta la máquina, como se detalla en la Figura 2.3 para una excavadora hidráulica modelo 320DL.



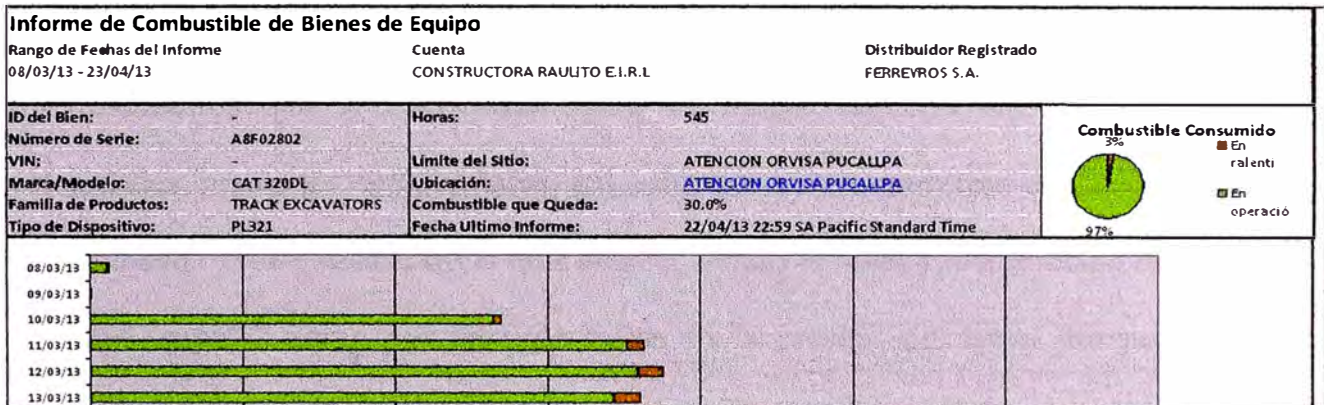
Fecha	Horas			Rendimiento			
	Ralentí	En operación	Tiempo motor arrancado	Tiempo Total trabajo previsto	% tiempo en operación	% tiempo motor arrancado	Eficacia
08/03/13	0.3	0.7	1.0	8.0	8.8%	12.5%	70.0%
09/03/13	0.1	-	0.0	0.0	-	-	-
10/03/13	0.6	7.4	8.0	0.0	-	-	92.5%
11/03/13	1.4	6.6	8.0	8.0	82.5%	100.0%	82.5%
12/03/13	1.8	7.2	9.0	8.0	90.0%	112.5%	80.0%
13/03/13	2.0	7.0	9.0	8.0	87.5%	112.5%	77.8%
14/03/13	0.5	4.5	5.0	8.0	56.3%	62.5%	90.0%

Figura 2.3 Reportes de operación de una Excavadora modelo 320DL

c) Consumo en GPH (galones por hora) de combustible de los motores

Es importante también el conocer si el motor esta consumiendo dentro de los rangos especificados por fábrica para cada tipo de motor, en cada tipo de máquina, y con esto verificar si el motor estaría trabajando en sobrecarga o aliviado, es decir con un factor de carga menor del 95%. Si esto ocurre se presentaría diversos problemas en el sistema de

combustible del motor, y con esto restándole vida útil a la máquina, esto se detalla en la Figura 2.4.



Fecha	En ralentí			En operación			Utilización (Total)		
	Combustible Consumido	Horas	Tasa de Combustión (gal/hr)	Combustible Consumido	Horas	Tasa de Combustión (gal/hr)	Combustible Consumido	Horas	Tasa de Combustión (gal/hr)
08/03/13	0.250	0.3	0.8	1.125	0.7	1.6	1.375	1.0	1.4
09/03/13	0.125	0.1	1.3	0.000	-	-	0.125	0.0	-
10/03/13	0.500	0.6	0.8	26.500	7.4	3.6	27.000	8.0	3.4
11/03/13	1.250	1.4	0.9	35.125	6.6	5.3	36.375	8.0	4.5
12/03/13	1.750	1.8	1.0	35.875	7.2	5.0	37.625	9.0	4.2
13/03/13	1.875	2.0	0.9	34.250	7.0	4.9	36.125	9.0	4.0
14/03/13	0.500	0.5	1.0	22.375	4.5	5.0	22.875	5.0	4.6

Figura 2.4 Reportes de consumo de combustible (GPH) de una Excavadora 320DL

d) Condición de la Máquina en todo momento

Debido a que los sistemas electrónicos, de la transmisión, sistema hidráulico y motor, tienen los diferentes sensores e indicadores, se muestran los llamados Códigos

Registrados, que son fallas de los componentes eléctricos como sensores, actuadores, switchs, estos generan los llamados códigos registrados y/o activos, que dependiendo de la severidad pueden incluso paralizar la máquina porque vulnera la integridad del equipo y de las personas del entorno, también se reportan los llamados eventos registrados, que son parámetros que se encuentran fuera del rango especificado por fábrica, como velocidades, presiones, temperaturas, etc, estos eventos se muestran en diferentes niveles de criticidad <1-4>, 4 es el nivel mas critico, siendo el nivel 1, obstrucción de filtros por suciedad, nivel 2 como por ejemplo fallas en la presión del freno por problemas de desconocimiento de la operación de la máquina pero no siendo de gravedad, es decir la máquina puede continuar operando.

Dichos indicadores nos muestran que un componente pudiese estar fallando, así como también se pueden predecir problemas en la correcta operación de la máquina, esto trae consigo problemas en sobrecarga de la máquina, ocasionando presiones y temperaturas de operación sobre normales.

Generalmente la gran mayoría de eventos reportados son por problemas de operación de la máquina, es nuestra responsabilidad como distribuidores oficiales de la Marca Caterpillar entrenar, capacitar y certificar a los operadores de las diferentes máquinas los lineamientos estipulados en los manuales de seguridad, operación y mantenimiento.

Códigos de Error/Fallas		08/03/13 - 23/04/13		Mostrar: Todos		Alta	
Número de...	Total	Descripción	Origen	Código	Fecha	Gravedad	Ubicación
A8F02802	3 5 4						
		Restricción del filtro de c	Motor	EID:390	19/04/13 06:38	Medio	N/A
		Restricción del filtro de c	Motor	EID:390	19/04/13 16:18	Alta	N/A
		Restricción del filtro de c	Motor	EID:390	19/04/13 07:44	Alta	N/A
		Restricción del filtro de c	Motor	EID:390	20/04/13 11:57	Medio	N/A
		Restricción del filtro de c	Motor	EID:390	19/04/13 17:58	Medio	N/A
		Restricción del filtro de c	Motor	EID:390	19/04/13 12:32	Medio	N/A
		Restricción del filtro de c	Motor	EID:390	20/04/13 11:55	Alta	N/A
		Restricción del filtro de c	Motor	EID:390	18/04/13 12:53	Medio	N/A
		Módulo de comunicació	Enlace de producto	CID:1260 FMI:9	18/03/13 22:57	Baja	N/A
		Módulo de comunicació	Enlace de producto	CID:1260 FMI:9	24/03/13 22:57	Baja	N/A
		Módulo de comunicació	Enlace de producto	CID:1260 FMI:9	29/03/13 16:57	Baja	N/A
		Módulo de comunicació	Enlace de producto	CID:1260 FMI:9	18/03/13 04:57	Baja	N/A

Figura 2.5 Registro de Códigos y Eventos de Falla en una Excavadora 320DL

En la Figura 2.5, se observa los diferentes tipos de códigos, los CID conforman el (Component Identifier Code) o el componente, sensor, indicador o interruptor, y el FMI (Failure Mode Identifier) es el modo de falla del componente que puede ser voltaje o corriente, etc, tipos de falla de origen eléctrico.

El código tipo EID (Event Identifier Data) nos indica un funcionamiento de los sistemas fuera de los rangos especificados por fábrica, como por ejemplo el evento EID390 mostrado en la Figura 2.5, representa la obstrucción de los filtros de combustible, lo que hace necesario el reemplazo del componente.

Nosotros podemos generar informes a partir de las fechas establecidas dado un cierto tipo de trabajo verificando los problemas de carácter eléctrico o mecánico ocurrido en un lapso de tiempo y con esto realizar una revisión por mantenimiento preventivo, como una evaluación que requiera mayor análisis.

e) Reportes de la Mantenibilidad del equipo


Resumen Mantenimiento				Vista:				
Número de...	Marca/Mo...	Horas	Total	Siguiet...	Servicio a Realizarse			Estado
					Horas	Millas	Días	
 A8F02802	CAT 320DL	545	545					
				PM 1F	-295	N/A	0	
				PM 1	-295	N/A	0	
				PM 2	-45	N/A	0	
				PM 2F	-45	N/A	0	

Figura 2.6 Registro de los últimos mantenimientos en la Excavadora 320DL

Se aprecia en la Figura 2.6, que de acuerdo al plan de mantenimiento establecido por el fabricante el cliente no ha respetado los últimos 02 Mantenimientos correspondientes a las 250 horas de operación y 500 horas de operación (PM1 y PM2) respectivamente, entonces nosotros nos apoyamos en el sistema de monitoreo satelital para la verificación de los horómetros de las máquinas, así como la ubicación en su zona de influencia geográfica para obtener la disponibilidad de ofrecer nuestro servicio de mantenimiento y/o reparación.

CAPÍTULO III

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS DEL TRABAJO

3.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En los últimos años, con el avance de las nuevas tecnologías y el compromiso de respaldar la marca Caterpillar, el diseño de sus motores con sistemas electrónicos cumplen un rol primordial en el desarrollo y desempeño de las máquinas, con esto una es importante seguir las recomendaciones de mantenimiento preventivo para extender la vida útil de las maquina y motores y obtener la mayor productividad.

A continuación se detallan algunos de los casos más frecuentes reportados por nuestros principales clientes mediante el Tabla 3.1, fallas que se pudieron haber evitado si se hubiese seguido de forma adecuada el plan de operación y mantenimiento entregado y explicado al cliente durante la entrega técnica de la máquina.

Falla Detectada	Causa	Acción Correctiva
Falla en el sistema de Arranque	Falta de Inspección de los Bornes de las Baterías	Revisión periódica de acuerdo al manual de mantenimiento
Derrateo del Motor	Filtros de aire obstruidos por suciedad	Cambio de Filtros de acuerdo al manual de mantenimiento
Problemas de arranque del Motor	Filtros de combustible obstruidos	Suciedad del combustible, cambio de los intervalos de cambio de filtros de combustible, limpieza del tanque.
Falla en los inyectores	Suciedad del Combustible	Limpieza del tanque de combustible, revisión de los filtros y análisis de muestras de combustible
Sonido anormal en los diferenciales	Falta de aceite en los diferenciales	Inspección de Nivel de aceite, sistema de lubricación por salpicadura, análisis SOS de forma periódica de acuerdo al manual..
Sonido anormal en el motor, y reacción lenta	Falta de Verificación y calibración de Válvulas	Realizar la calibración de Válvulas al menos cada 1000 horas de operación de forma continua y dependiendo del tipo de motor
Recalentamiento en el sistema de enfriamiento	No empleo del refrigerante recomendado por Caterpillar	De acuerdo al manual de operación y mantenimiento indica el tipo de refrigerante y las capacidades de llenado
Desgaste prematuro de los pines de las articulaciones	Falta de lubricación de las bocinas y chumaceras en la maquina	Se deben de lubricar todas las uniones de los mecanismos de articulación hidráulica de forma diaria o cada 10 horas de operación

Tabla 3.1 Registro de Fallas, sus causas y acciones correctivas en máquinas

En los trabajos realizados por nuestros clientes se requiere obtener la máxima utilidad y producción de cada máquina (100% operativa) de tal forma que pueda desempeñar su tarea principal de movilizar la tierra, de un lugar a otro. En la etapa Pre-operativa de un proyecto, también existe la necesidad de romper rocas, trasladar rocas, de excavar, de abrir caminos, de nivelar las superficies, de compactar el suelo, y finalmente obtener los resultados esperados en cada etapa del proyecto.



Figura 3.1 Ciclo de trabajo de un Cargador Frontal Caterpillar

Se aprecia en la Figura 3.1, el ciclo de trabajo de las Maquinas Caterpillar en el Proyecto.



Figura 3.2 Proceso de llenado de Material para su descarga

Las fases del proceso son, básicamente el ciclo de trabajo de las máquinas

- Excavación (Realizado Básicamente por las Excavadoras y Tractores de Orugas)
- Acarreo (Lo realizan los Cargadores Frontales)
- Levantar (Cargadores Frontales)
- Desplazamiento (Cargadores Frontales)
- Descarga (Cargadores Frontales en los Diferentes Camiones o Volquetes)
- Desplazamiento (Retorno si carga al punto de Acopio)

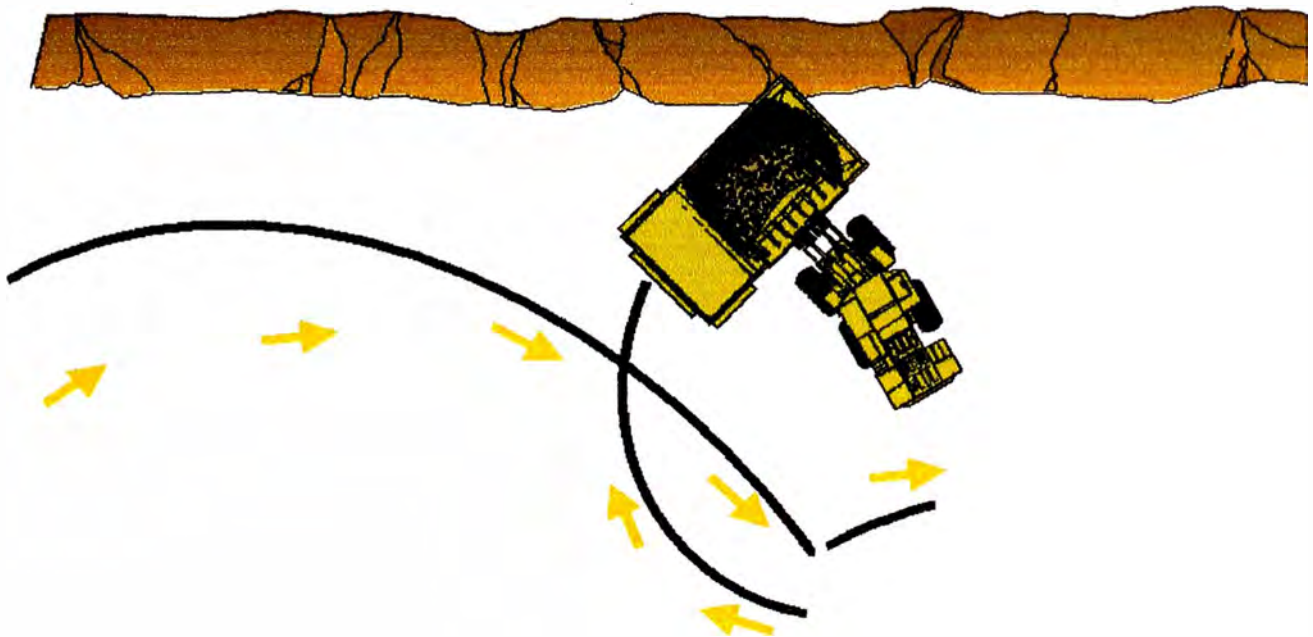


Figura 3.3 Ciclo de trabajo de Carga para un cargador Caterpillar

En la Figura 3.3, se aprecia el ciclo de trabajo de un Cargador Frontal, este mismo ciclo es aplicable a las máquinas como las Excavadoras, Retroexcavadoras, Motoniveladoras, Tractores de Orugas, Camiones Articulado, Etc.

Lo que busca nuestro cliente es la disponibilidad de la máquina para trabajar en el máximo régimen especificado por el fabricante (factor de carga al 100%).

El cálculo de la producción de una Máquina es influenciado por muchos factores, por ejemplo para el caso de un Cargador Frontal Caterpillar.



Figura 3.4 Cargador Frontal Caterpillar modelo 962H

La producción es representada mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Prod /Hr} = (\text{Capacidad del Cucharón}) \times (\text{Factor de Llenado}) \times (\text{N}^\circ \text{ de Ciclos/Hr})$$

Donde los factores de llenado del cucharón son:

Mezcla de Tierra y Roca: 100-120%

Roca de Voladura mal Fragmentada: 60-75%

La producción esta influenciada por el factor, N° del ciclo de trabajo por hora, y esto a la vez esta relacionado con los siguiente:

a) El desplazamiento de la Maquina de un lugar a otro

Diseño del motor

Convertidor de par

Diferenciales

Mandos finales (Neumáticos)

b) Sistema Hidráulico

Fuerza de penetración

Altura de carga y descarga

Estabilidad de la máquina

Entonces de acuerdo a la cantidad de trabajo y el tiempo requerido para realizarlo, es necesario realizar recomendaciones a nuestro cliente en la selección apropiada de máquinas y sus herramientas como los cucharones, y herramientas consumibles para realizar los trabajos, en el tiempo estimado.

De igual forma, asegurar la operatividad de la máquina con respecto a los mantenimientos en las máquinas.

3.1.1 ESTADO SITUACIONAL ENCONTRADO

3.1.1.1 HISTORIA DE LA OFERTA VS LA DEMANDA (PROPIA DE LA EMPRESA)

La zona del Oriente Peruano, conformado por las regiones de Amazonas, Ucayali, se han dedicado siempre a la actividad de la extracción de la madera y también a la extracción del petróleo, este ultimo desde inicios de los años 80, en la zona Centro como San Martín y Huánuco, han ido desarrollando el mercado agrícola, así como la demanda de la conexión de los pueblos mas alejados de Huánuco, se dan los proyectos carreteros y puentes, así como de grandes construcciones, ejemplo de ello es la Central Hidroeléctrica Chaglla, son en suma todos estos factores los que hicieron necesarios que la Empresa Ferreyros S.A.A. viendo las oportunidades de negocio y visión de crecimiento para la venta de maquinarias, motores, tractores y con esto la venta de repuestos y servicios, hicieron posible la implementación de sucursales en puntos estratégicos del Oriente peruano, fue así como se creo la empresa ORVISA S.A. fundada hace 40 años.

Nuestros principales clientes son:

Naviera Oriente SA

Transpacífico SAC

Pluspetrol Norte SA

Cervecería San Juan

Constructora Odebrecht

Dirección Regional Sectorial de Transportes y Comunicaciones de Ucayali

Obrainsa

Salma Ingeniería y Construcción

Gobierno Regional de Huánuco

3.1.1.2 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA

La proyección de la demanda se darán en conjunto con nuevos Proyectos ya existentes y licitaciones de gobiernos regionales para las ampliaciones por la Nueva Central Hidroeléctrica en Tingo María en Monzón Belo Horizonte con una capacidad de 180MW, donde se estima una cantidad de al menos 100 maquinas nuevas Caterpillar, para su construcción, y con esto la implementación y mejora continua de nuestros programas de mantenimiento preventivo para estas máquinas.

3.1.2 ESTADO FUTURO DESEADO

Se estima que más del 75% de nuestro parque de máquinas de los clientes en la Región tendrán el sistema de Optimización del Plan de Mantenimiento mediante el Monitoreo Satelital, a finales del 2013.

3.1.3 DIFICULTADES ENCONTRADAS EN EL PROCESO PRODUCTIVO

Las dificultades encontradas son básicamente las diferentes paradas de máquinas por problemas, mayormente encontrados debido a una falta de mantenimiento así como problemas en operación de la máquina.

Anteriormente se mostró en la Tabla 3.1, donde se evidenciaban los claros problemas presentados en las maquinas y motores, básicamente debido a una incorrecta aplicación del plan de mantenimiento especificado por el fabricante.

Con esto se plantea la pregunta ¿Se podría ejecutar un monitoreo satelital a 10 máquinas Caterpillar del sector construcción, que aplique un plan de mantenimiento para aumentar su eficacia y eficiencia productiva?

3.2 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS DE TRABAJO

3.2.1 DIAGRAMA DE MEDIOS FINES

Se adjunta el Diagrama en el Anexo 4.

3.2.2 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

En virtud que puede ser validado los logros de poder identificar el parque de máquinas a implementar el sistema de monitoreo, la instalación de una sala de monitoreo, ser posible que se pueda realizar la instalación de los módulos de control electrónico en las máquinas, poder efectuar las pruebas del sistema de monitoreo, estimar los costos y siendo posible además establecer y completar las acciones complementarias y la prueba final, se podrá consistenciar el logro del propósito y plantear la siguiente hipótesis de trabajo:

Si se puede ejecutar el monitoreo remoto satelital de un conjunto de diez máquinas Caterpillar de modo que se aplique un plan de mantenimiento para aumentar su eficacia y eficiencia productiva de las máquinas.

CAPÍTULO IV

MARCO TEÓRICO

4.1 MARCO TEÓRICO RELACIONADO AL MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS

4.1.1 MOTOR CATERPILLAR

Los motores Caterpillar son motores Diesel, fabricados para cumplir las máximas exigencias de carga y empleados para las diferentes aplicaciones y exigencias como camiones, tractores, generación en la más grande línea de motores industriales con desplazamientos desde 1 hasta 296 litros, y con ratings de potencia desde 15 hasta 5000 KW, los motores Caterpillar son fabricados en 50 plantas en los Estados Unidos y 65 fabricados a nivel mundial., el negocio de los motores Caterpillar indica la venta de 500000 motores por año.

Caterpillar en la actualidad se encuentra comprometido con los problemas de la contaminación ambiental a nivel mundial, así que en sus diseños influyen las regulaciones ambientales y el desarrollo de sus motores, se muestra la Figura 4.1.

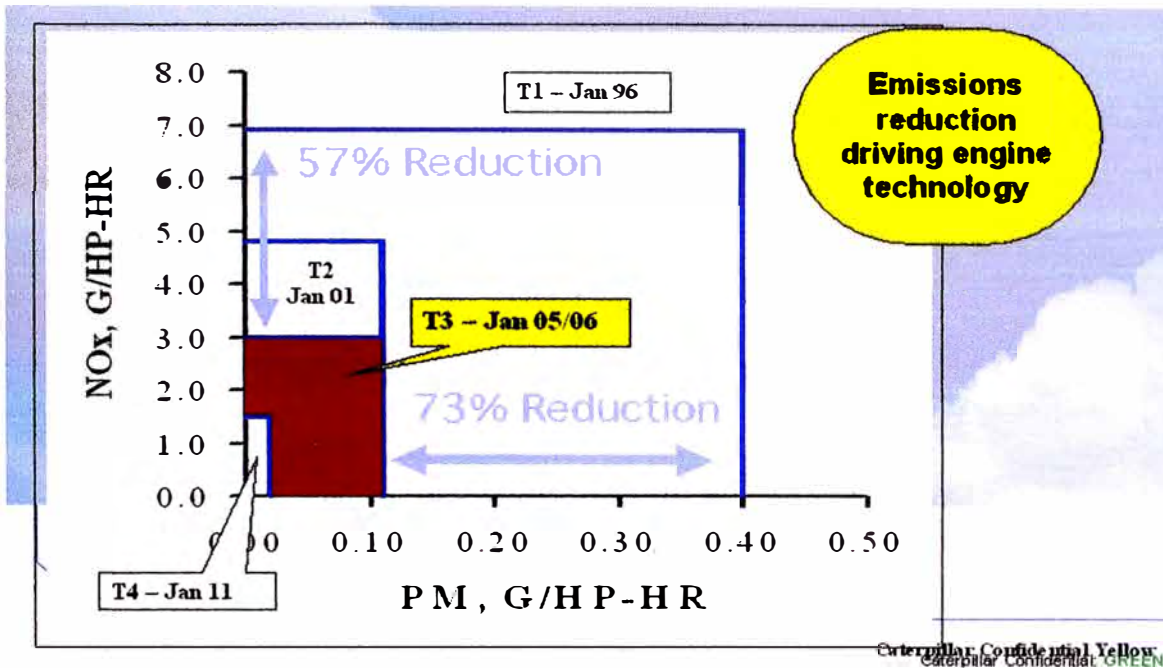


Figura 4.1 Número TIER (1-4), control de emisiones en diseño de cada motor

Se muestra continuación la figura 4.2, la evolución de los motores en la industria Caterpillar con el pasar de los años y los procesos de regulaciones ambientales.

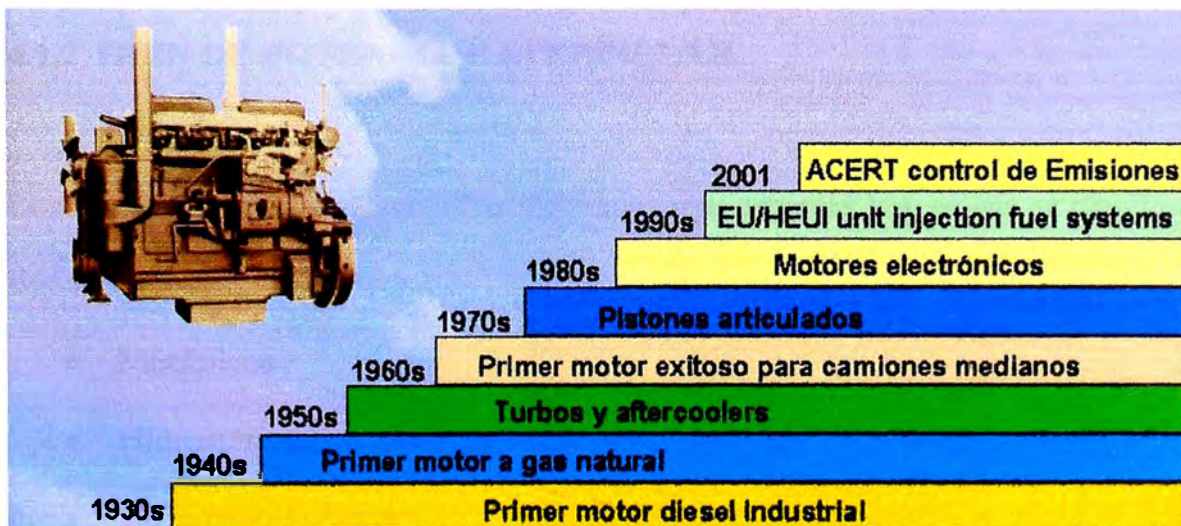


Figura 4.2 Avances tecnológicos en la Fabricación de Motores

En la Figura 4.3, se muestra las tecnologías respecto al consumo de combustible, evolución de la eficiencia de los motores.

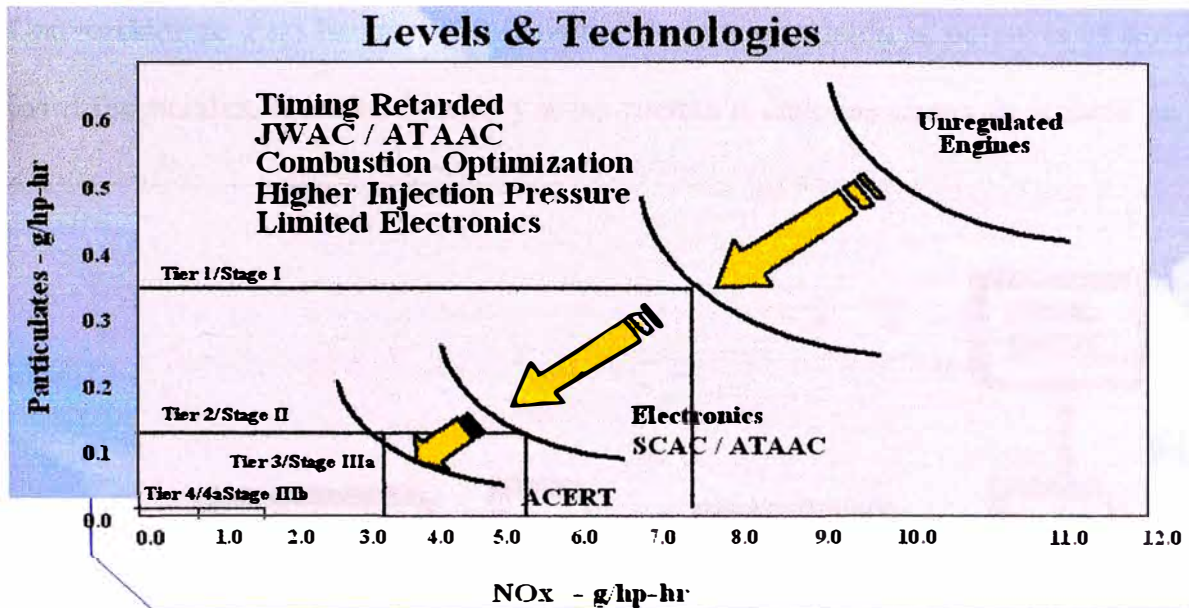


Figura 4.3 Evolución de las regulaciones ambientales y la eficiencia en el consumo

4.1.2 TREN DE POTENCIA CATERPILLAR

Los trenes de potencia Caterpillar utilizados mayormente hoy en día se clasifican en tres tipos básicos:

- Mecánicos
- Hidrostáticos
- De Mando Eléctrico

4.1.2.1 SISTEMA MECÁNICO

Es donde la potencia del motor es transferida a través de un acoplamiento (embrague o Convertidor de Par) hacia la transmisión, de la transmisión la potencia es dirigida hacia los diferenciales, mandos finales y a las ruedas o cadenas como se aprecia en la Figura 4.4.

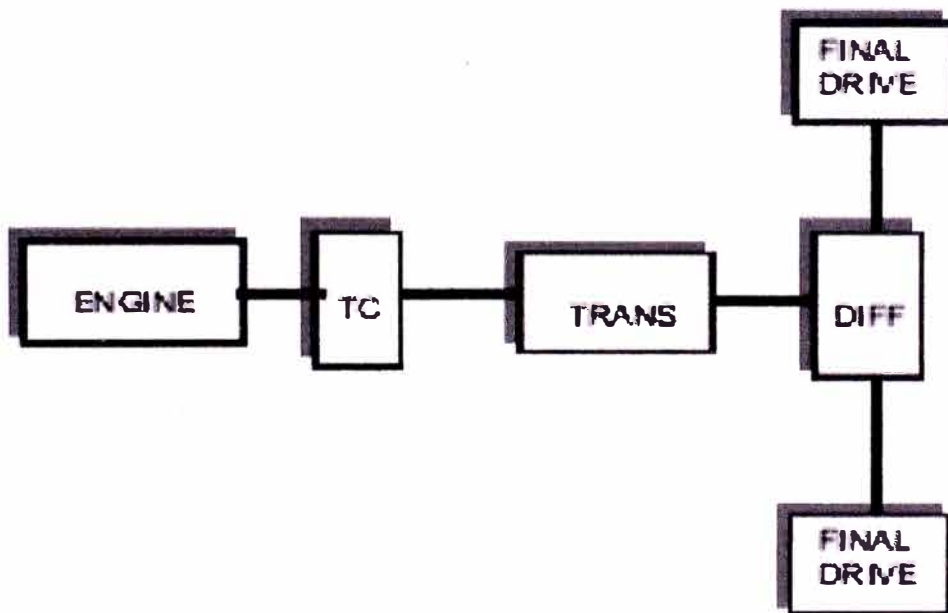


Figura 4.4 Tren de potencia del sistema mecánico

4.1.2.2 SISTEMA HIDROSTÁTICO

Este tipo de sistemas utiliza un fluido para transmitir la potencia del motor hacia los mandos finales de la máquina. La potencia del motor es transferida hacia una bomba hidráulica. La bomba provee de caudal y presión de aceite a un motor hidráulico de

mando. Este motor hidráulico transfiere la potencia a la transmisión o directamente al mando final, como se aprecia en la Figura 4.5.

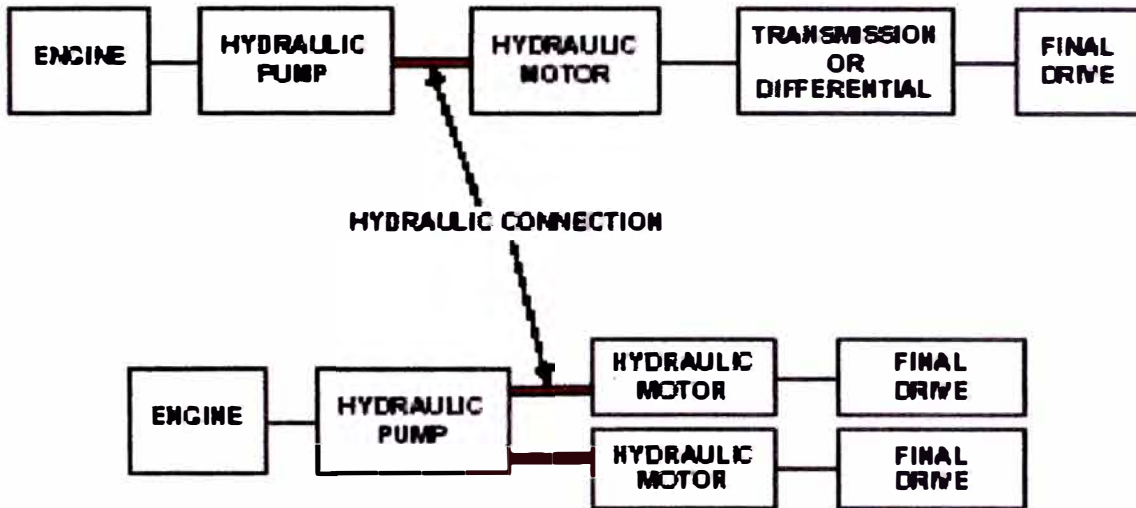


Figura 4.5 Tren de potencia del sistema hidrostático

4.1.2.2 SISTEMA DE MANDOS ELÉCTRICOS

Estos trenes de potencia con mando eléctrico, la electricidad es utilizada para transmitir la potencia del motor a los mandos finales de la máquina. La potencia del motor es transferida a unos generadores de corriente alterna CA. La electricidad del generador es usada para accionar los motores eléctricos en los mandos finales. Estos motores pueden ser de corriente continua CC o de corriente alterna CA como se aprecia en la Figura 4.6.

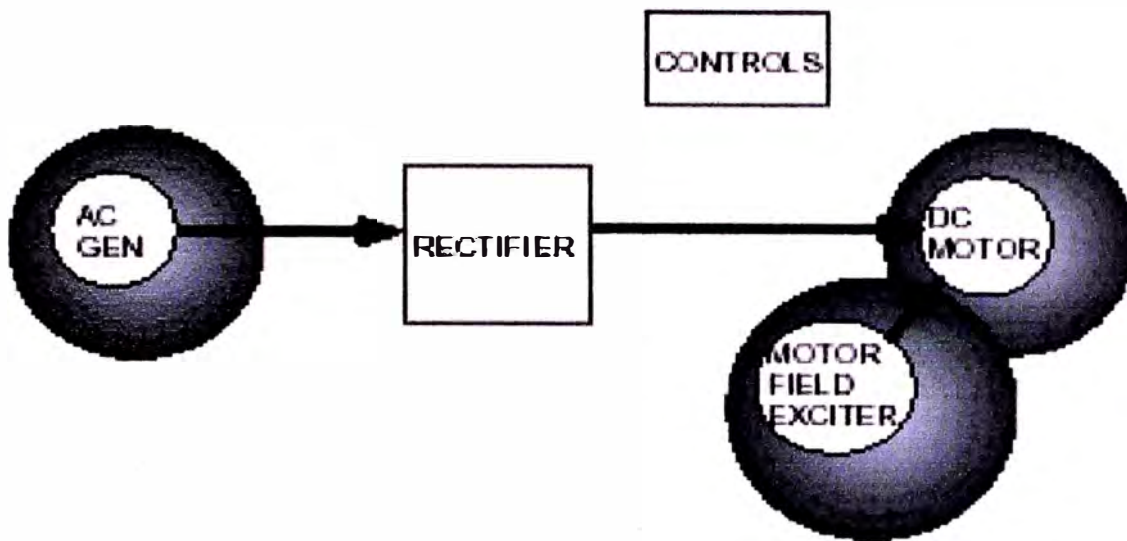


Figura 4.6 Tren de potencia de mandos eléctricos

4.1.3 SISTEMA HIDRÁULICO CATERPILLAR

Las máquinas caterpillar de construcción son diseñadas usando varios componentes hidráulicos: tanques, bombas, válvulas, cilindros y motores. El fluido hidráulico es el componente clave de cualquier sistema hidráulico, es el medio por el cual se transmite la energía en todo el sistema y ciertas propiedades del fluido determinan como cumple su función.

En el sistema hidráulico encontramos las bombas hidráulicas que generan el caudal, y las válvulas que generan las restricciones o la presión, y mediante el diseño del fabricante, estos parámetros son aprovechables para ser distribuidos y generar potencia en los diversos componentes de la maquina como cilindros, motores de giro, motores de traslación, acoplamiento para martillos de impacto, es decir para las diferentes aplicaciones hidráulicas.

Se aprecia en la Figura 4.7, los diversos sistemas que son accionados por una bomba hidráulica acoplado al motor principal, para este caso específico en una Excavadora Hidráulica con Orugas, donde se indica la bomba hidráulica de pistones (4), el cilindro de levante (5), cilindro del cucharón (7), cilindro del brazo excavador (6), motores de traslación (2), motor de Giro (1), y el control de válvulas (3).

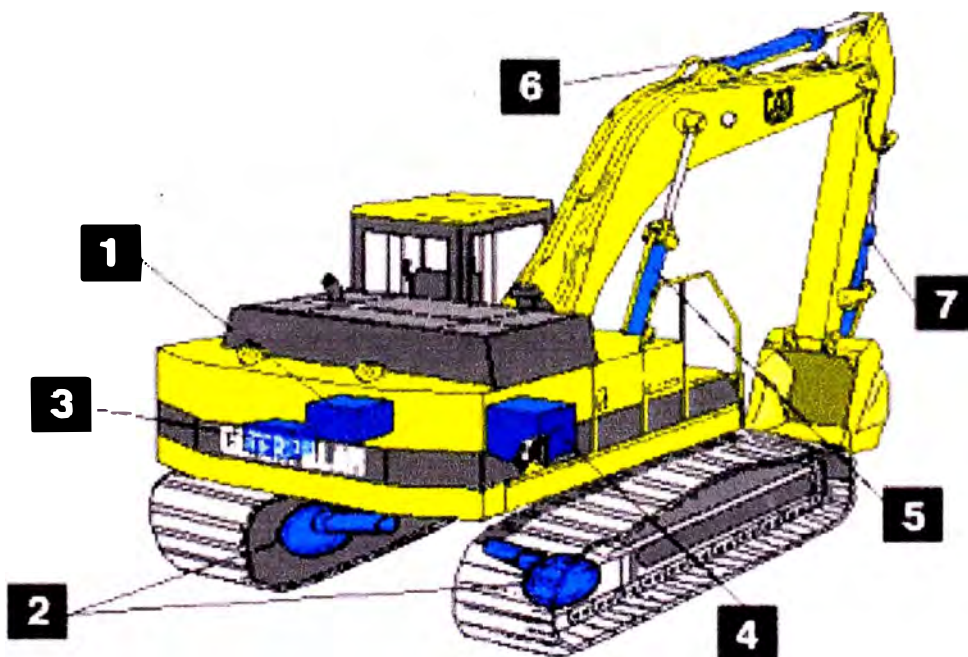


Figura 4.7 Identificación de los componentes hidráulicos principales

4.1.4 MANTENIMIENTO EN MAQUINARIAS CATERPILLAR

La eficiencia y disponibilidad de una máquina básicamente depende de que todos los sistemas y compartimientos se encuentren trabajando bajo las recomendaciones del fabricante con respecto a la operación y el mantenimiento, con esto, existen condiciones

de los materiales consumibles como aceites y filtros que deben ser reemplazados durante la vida útil de la máquina y de igual forma se deben de realizar ajustes periódicos en los diversos sistemas como regulaciones, calibraciones, evaluaciones y monitoreo.

Encontramos el aceite como el componente clave en el funcionamiento de la máquina, aceite de motor, transmisión, mandos, ejes, hidráulico, sistema de frenos, etc. Las funciones básicas de los aceites son: lubricación, enfriamiento, sellado y transmisión de potencia. El aceite presenta la propiedad as importante que se llama la viscosidad, y una viscosidad baja puede disminuir la capacidad de lubricar del fluido y hace que los componentes se desgasten de una forma más acelerada.

Se muestra en la Figura 4.8 se aprecia que si el fluido mantiene su consistencia en un rango amplio de temperaturas entonces posee un alto índice de viscosidad, y si se hace espeso a bajas temperaturas y se hace delgado a altas temperaturas, el fluido tiene un bajo índice de viscosidad.

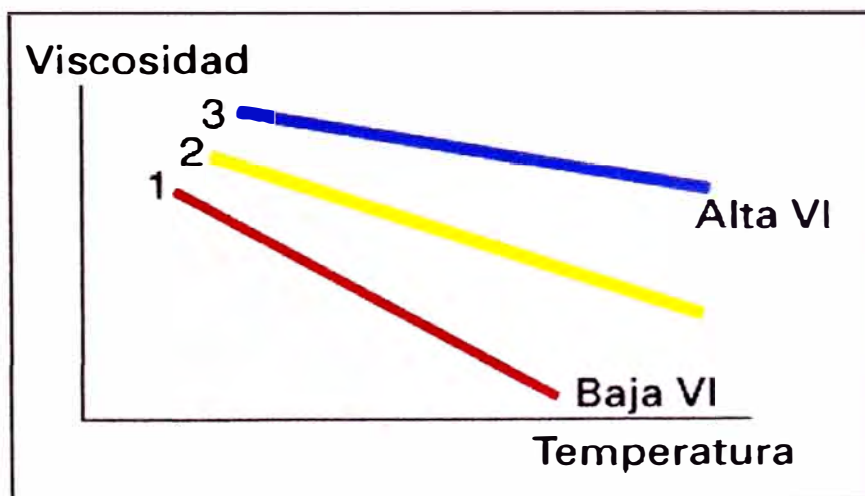


Figura 4.8 Tipos de aceite Viscosidad Vs. Temperatura

Se emplean aditivos en los aceites, esto con la finalidad de controlar la viscosidad, reducir el desgaste, aumentar la estabilidad química, inhibir la corrosión y oxidación, mantener limpios los componentes y suspender las partículas hasta que lleguen al filtro.

Los contaminantes en el aceite pueden ser también utilizados como indicadores de desgaste excesivo y posibles áreas con problemas, Caterpillar emplea uno de los programas llamado el SOS (Schedule Oil Sample), como una fuente de información el análisis de aceite en intervalos de mantenimiento de los diversos sistemas de acuerdo a las horas de operación.

En la Figura 4.9 se realiza el procedimiento del Análisis SOS, extraer una muestra para ser enviada al laboratorio y con ello, verificar el índice de la tendencia del desgaste de acuerdo a un contador de partículas y el número de partículas, calificados en ferrosas o no ferrosas, lo cual, nos indicaría que componente estaría sufriendo un desgaste acelerado, y se requeriría un evaluación más profunda y/o desmontaje del componente o sistema.

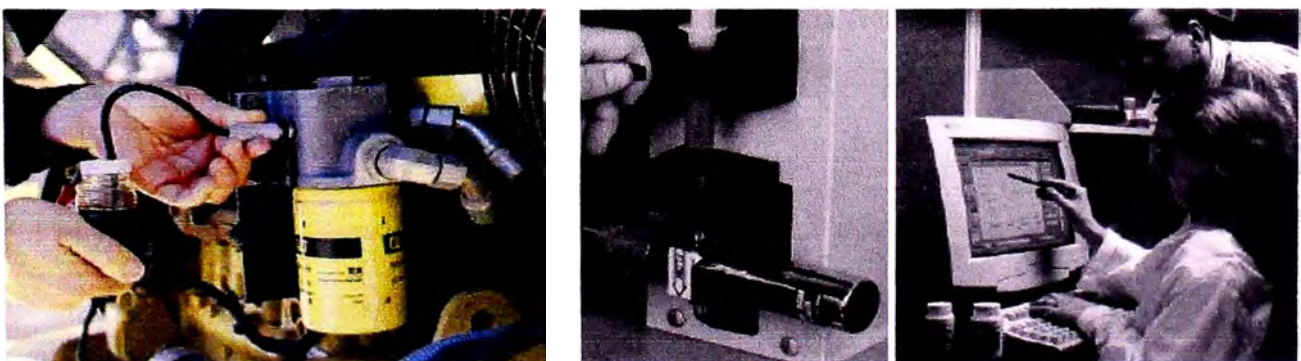


Figura 4.9. Procedimiento del análisis programado de aceite (SOS)

Los filtros juegan un papel muy importante en la vida útil de la máquina y el correcto desempeño. La materia extraña y partículas metálicas provenientes de las válvulas, bombas u otros componentes pueden circular en el sistema. Los filtros pueden retener las partículas en mayor o menor tamaño, y se clasifican en Micrones, siendo el tamaño de la perforación del elemento en el interior del filtro los que proporcionan la capacidad de retención de partículas más y más pequeñas, como por ejemplo los filtros de 2 micrones son los de combustible antes del ingreso a la Bomba de combustible, y siendo el filtro de 13 micrones el que retiene las partículas desde el tanque de combustible.

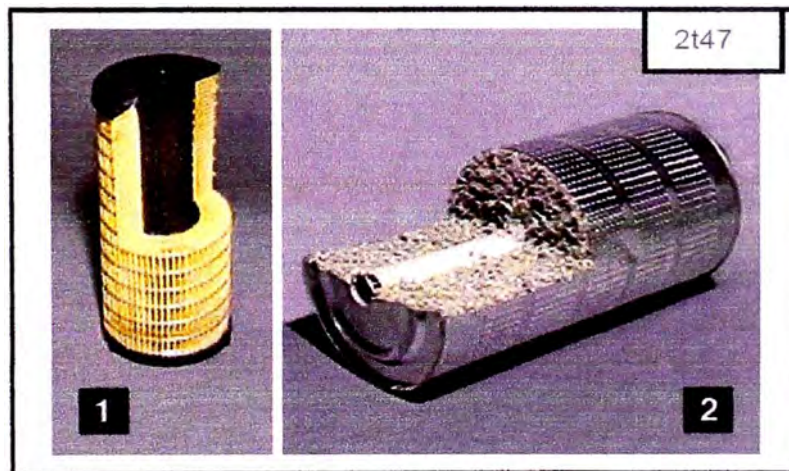


Figura 4.10 Tipos de filtros, los de superficie (1) y los de profundidad (2)

En la Figura 4.10 se aprecian los tipos de filtro para el sistema hidráulico, (1) los filtros de superficie recogen los contaminantes en la superficie del elemento del filtro o malla, (2) los filtros de profundidad recogen los contaminantes de diferentes tamaños a diferentes niveles dentro del elemento.

Dentro de los planes de mantenimiento periódico, se encuentran los cambios de fluidos como aceites, aditivos y refrigerante, también se encuentran los elementos consumibles como los elementos y filtros de aceite, aire y gases del escape (recirculadores), pero también se encuentran las inspecciones y evaluaciones que involucran series de pruebas y ajustes en una máquina que garanticen el correcto funcionamiento durante la operación.

Una de las pruebas de ajuste es la llamada calibración de válvulas del motor, que permite que el conjunto camisa-pistón reciba el correcto tiempo de dilatación del material por efectos de la temperatura, y con esto evitar el sobrecalentamiento del motor.

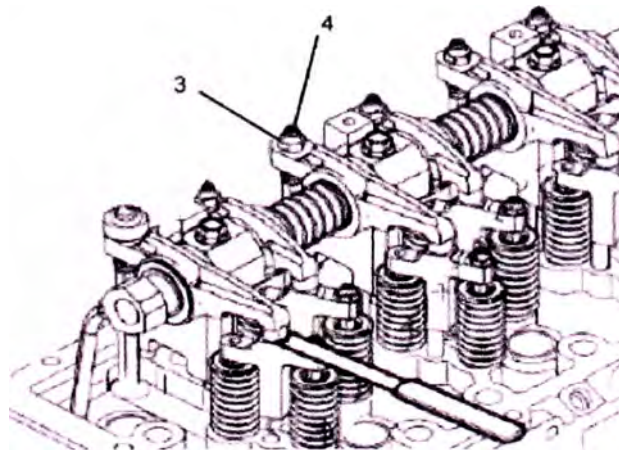


Figura 4.11 Calibración de Válvulas de un Motor Common Rail

En la figura 4.11 se aprecia el ajuste de luz entre el mecanismo de válvulas (Puente de balancín) y las válvulas del motor, en este caso las válvulas del sistema admisión, esto se realiza mediante un calibrador metálico llamado feeler gauge.

Otra de las pruebas incluidas en los planes de mantenimiento son las evaluaciones no destructivas, o mediciones para verificar el porcentaje de desgaste de los componentes consumibles, como por ejemplo el desgaste de las ruedas motrices en tractores, y mediante tablas comparativas se indicaría si aún el componente puede trabajar con la misma eficiencia, se detalla la Figura 4.12, medición del desgaste del segmento del Sprocket de una tractor de Cadenas.

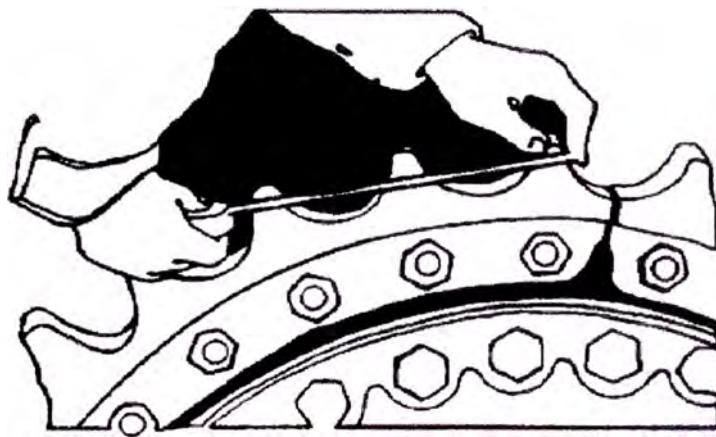


Figura 4.12 Medición del desgaste del Segmento en una rueda motriz de Tractor

Otro de los trabajos incluidos en los planes de mantenimiento son las inspecciones visuales (AT1) y registro de parámetros de funcionamiento (AT2). En estas pruebas visuales (AT1) se detectan fugas y desgaste acelerado de componentes, mientras en el registro de parámetros (AT2), se reportan los valores de presión, temperatura, velocidad, corriente, voltaje y tiempos, cuyo valores deberían encontrarse dentro del rango establecido por el fabricante en los diversos regímenes de factor de carga del motor, como se muestran en la Figura 4.13.

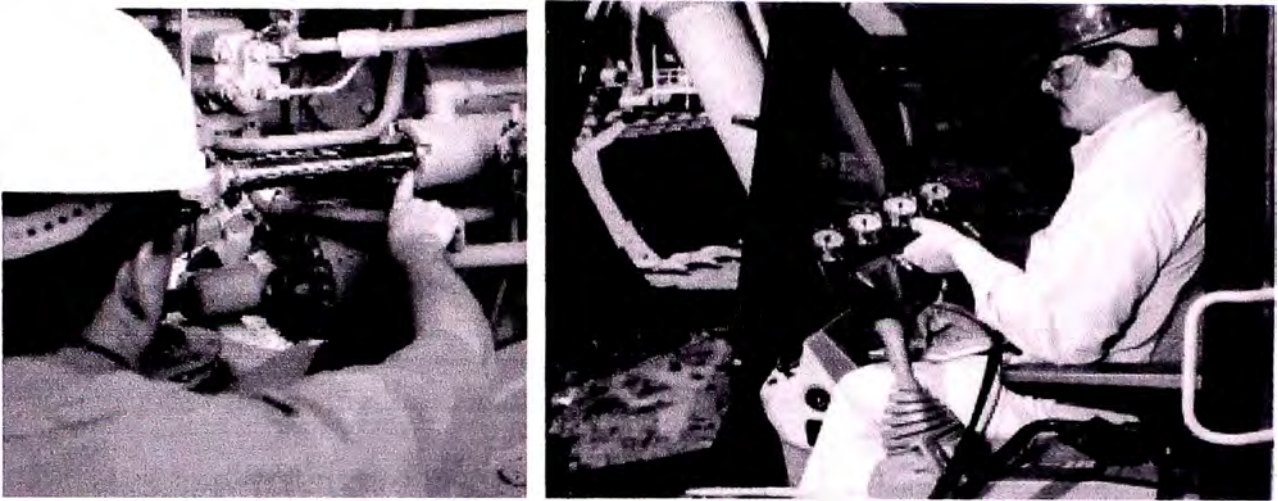


Figura 4.13 Inspección visual AT1 y registro de parámetros AT2 respectivamente

4.1.5 PLANES DE MANTENIMIENTO EN MAQUINARIAS CATERPILLAR

A continuación se muestra el plan de mantenimiento de una máquina específica, una Excavadora Hidráulica modelo 320D, estos planes son bajados de la página oficial de Caterpillar, y encuentran en el manual de operación y mantenimiento que se le entrega al cliente en el momento de la compra de la máquina. Los planes de mantenimiento varían de acuerdo al tipo de máquina, aplicación, tamaño, y ubicación geográfica, se detalla a continuación todas las consideraciones:

Cuando sea necesario

Filtro (de recirculación) del aire acondicionado/calentador de la cabina -

Inspeccionar/Reemplazar

Baterías - Reciclar

Batería o cable de batería - Inspeccionar/Reemplazar

Varillaje del cucharón - Inspeccionar/Ajustar

Puntas de cucharón - Inspeccionar/Reemplazar

Puntas de cucharón - Inspeccionar/Reemplazar

Filtro de aire de la cabina (aire fresco) - Limpiar/Reemplazar

Filtro de aire de la cabina (aire fresco) - Limpiar/Reemplazar

Cámara - Limpiar/Ajustar

Disyuntores - Rearmar

Elemento primario del filtro de aire del motor - Limpiar/Reemplazar

Elemento secundario del filtro de aire del motor - Reemplazar

Sistema de combustible - Cebar

Fusibles - Reemplazar

Lámpara de descarga de alta intensidad (HID) - Reemplazar

Filtro de aceite - Inspeccionar

Núcleo del radiador - Limpiar

Receptor-secador (Refrigerante) - Reemplazar

Ajuste de la cadena - Ajustar

Depósito del lavaparabrisas - Llenar

Limpiaparabrisas - Inspeccionar y reemplazar

Ventanas - Limpiar

Cada 10 horas de servicio o cada día durante las primeras 100 horas

Varillaje de la pluma y del brazo - Lubricar

Varillaje del cucharón - Lubricar

Cada 10 horas de servicio o cada día

Nivel del refrigerante del sistema de enfriamiento - Comprobar

Nivel de aceite del motor - Comprobar

Separador de agua del sistema de combustible - Drenar

Agua y sedimentos del tanque de combustible - Drenar

Nivel del aceite del sistema hidráulico - Comprobar

Indicadores y medidores - Probar

Cinturón de seguridad - Inspeccionar

Ajuste de la cadena - Inspeccionar

Alarma de desplazamiento - Comprobar

Tren de rodaje - Comprobar

Cada 10 horas de servicio o cada día para máquinas utilizadas en aplicaciones**severas**

Varillaje del cucharón - Lubricar

Cada 50 horas de servicio o cada semana

Varillaje de la pluma y del brazo - Lubricar

Varillaje del cucharón - Inspeccionar/Ajustar

Acoplador Rápido - Lubricar

Cada 100 horas de servicio o cada dos semanas

Varillaje del cucharón - Lubricar

A las primeras 250 horas de servicio

Juego de las válvulas del motor - Comprobar

Aceite de los mandos finales - Cambiar

Filtro del aceite del sistema hidráulico (Caja de drenaje) - Reemplazar

Filtro de aceite del sistema hidráulico (piloto) - Reemplazar

Filtro de aceite del sistema hidráulico (retorno) - Reemplazar

Aceite del mando de la rotación - Cambiar

Cada 250 horas de servicio

Muestra de aceite del motor - Obtener

Muestra de aceite de los mandos finales - Obtener

Cada 250 horas de servicio para máquinas que se usan en aplicaciones severas

Filtro primario del sistema de combustible (Separador de agua) - Reemplazar

Filtro secundario del sistema de combustible - Reemplazar

Cada 250 horas de servicio o cada mes

Correa - Inspeccionar/Ajustar/Reemplazar

Condensador (del refrigerante) - Limpiar

Nivel de aceite de los mandos finales - Comprobar

Cojinetes de la rotación - Lubricar

Nivel del aceite del mando de la rotación - Comprobar

Cada 250 Horas de Servicio Parcial del Martillo (mitad de la vida útil)

Filtro del aceite del sistema hidráulico (Caja de drenaje) - Reemplazar

Filtro de aceite del sistema hidráulico (piloto) - Reemplazar

Cada 250 Horas de Servicio Continuo del Martillo

Filtro del aceite del sistema hidráulico (Caja de drenaje) - Reemplazar

Filtro de aceite del sistema hidráulico (piloto) - Reemplazar

Filtro de aceite del sistema hidráulico (retorno) - Reemplazar

500 horas iniciales (para sistemas nuevos, sistemas vueltos a llenar y sistemas convertidos)

Muestra de refrigerante del sistema de enfriamiento (Nivel 2) - Obtener

Cada 500 horas de servicio

Muestra de refrigerante del sistema de enfriamiento (Nivel 1) - Obtener

Muestra de aceite del sistema hidráulico - Obtener

Muestra de aceite del mando de la rotación - Obtener

Cada 500 horas de servicio o cada 3 meses

Varillaje de la pluma y del brazo - Lubricar

Respiradero del cárter - Limpiar

Aceite y filtro del motor - Cambiar

Filtro primario del sistema de combustible (Separador de agua) - Reemplazar

Filtro secundario del sistema de combustible - Reemplazar

Tercer filtro del sistema de combustible - Reemplazar

Sistema de Combustible de cuatro filtros - Reemplazar

Tapa y colador del tanque de combustible - Limpiar

Cada 500 Horas de Servicio Parcial del Martillo (mitad de la vida útil)

Filtro del aceite del sistema hidráulico (Caja de drenaje) - Reemplazar

Filtro de aceite del sistema hidráulico (piloto) - Reemplazar

Filtro de aceite del sistema hidráulico (retorno) - Reemplazar

Cada 600 Horas de Servicio Continuo del Martillo

Aceite del sistema hidráulico - Cambiar

Cada 1000 horas de servicio o cada 6 meses

Batería - Limpiar

Sujetador de batería - Apretar

Juego de las válvulas del motor - Comprobar

Nivel de aceite de los mandos finales - Comprobar

Filtro del aceite del sistema hidráulico (Caja de drenaje) - Reemplazar

Filtro de aceite del sistema hidráulico (piloto) - Reemplazar

Estructura de protección contra vuelcos (ROPS) - Inspeccionar

Aceite del mando de la rotación - Cambiar

Cada 1000 Horas de Servicio Parcial del Martillo (mitad de la vida útil)

Aceite del sistema hidráulico - Cambiar

Filtro de aceite del sistema hidráulico (retorno) - Reemplazar

Cada 2000 horas de servicio o cada año

Aceite de los mandos finales - Cambiar

Aceite del sistema hidráulico - Cambiar

Filtro de aceite del sistema hidráulico (retorno) - Reemplazar

Rejilla del tanque hidráulico - Limpiar

Receptor-secador (Refrigerante) - Reemplazar

Engranaje de la rotación - Lubricar

Cada Año

Muestra de refrigerante del sistema de enfriamiento (Nivel 2) - Obtener

Cada 3000 horas de servicio o cada 18 meses

Aceite del sistema hidráulico - Cambiar

Cada 3 años desde la fecha de instalación o cada 5 años desde la fecha de fabricación

Cinturón - Reemplazar

Cada 6000 horas de servicio o cada 3 años

Prolongador de refrigerante de larga duración (ELC) para sistemas de enfriamiento -

Añadir

Cada 12.000 horas de servicio o 6 años

Refrigerante del sistema de enfriamiento (ELC) - Cambiar

Recomendaciones en fluidos y lubricantes para los diferentes sistemas de la Excavadora**Aceite de motor**

Los aceites Cat han sido desarrollados y probados para proporcionar la vida útil y el rendimiento completo que se diseñaron e incluyeron en la fabricación de los motores Cat, se muestra el detalle en la Tabla 4.1.

Los aceites DEO-ULS multigrado Cat y DEO multigrado Cat están formulados con la cantidad correcta de detergentes, dispersantes y alcalinidad para proporcionar un rendimiento superior en los motores diesel Cat para los que se recomienda su uso.

Nota: El aceite SAE 10W-30 es el grado de viscosidad recomendado para los Motores Diesel 3116, 3126, C7, C-9 y C9 cuando la temperatura ambiente está entre -18 °C (0 °F) y 40 °C (104 °F).

Tabla 4.1 de viscosidades en Aceite de motor Caterpillar

Viscosidades de lubricantes para temperaturas ambiente						
Compartimiento o sistema	Tipo de aceite y requisitos de rendimiento	Viscosidades del aceite	°C		°F	
			Mín	Máx	Mín	Máx
Cárter del motor	Cat DEO-ULS para tiempo frío	SAE 0W-40	-40	40	-40	104
	Cat DEO-ULS SYN Cat DEO SYN	SAE 5W-40	-30	50	-22	122
	Cat DEO-ULS Cat DEO	SAE 10W-30	-18	40	0	104
	Cat DEO-ULS Cat DEO	SAE 15W-40	-9,5	50	15	122

Cuando se usan combustibles con niveles de azufre del 0,1 por ciento (1.000 ppm) o mayores, se puede usar Cat DEO-ULS si se sigue un programa de análisis de aceite S·O·S. Establezca el intervalo entre cambios de aceite en base al análisis de aceite.

Sistemas hidráulicos

A continuación se presentan los aceites preferidos para el uso en la mayoría de los sistemas hidráulicos de la máquina Cat:

- CatHYDO Advanced 10SAE 10W
- CatHYDO Advanced 30SAE 30W
- BIO HYDO Advanced Cat

El aceite Cat HYDO Advanced ofrece un aumento del 50% en el intervalo estándar del drenaje del aceite para los sistemas hidráulicos de las máquinas (3.000 horas comparado con 2.000 horas) por encima de los aceites de segunda o tercera opción, cuando se sigue el programa de intervalos de mantenimiento para los cambios de filtro de aceite y para la toma de muestras de aceite establecido en el Manual de Operación y Mantenimiento para la máquina en particular. Es posible prolongar los intervalos de drenaje del aceite a 6.000 horas cuando se utiliza el análisis de aceite del servicio S·O·S. Cuando se cambie a fluidos Cat HYDO Advanced, la contaminación recíproca entre sistemas con el aceite anterior debe mantenerse por debajo del 10%.

Los aceites de segunda opción se indican a continuación y se detallan en la Tabla 4.2.

- MTOCat
- DEOCat
- Cat DEO-ULS
- Cat TDTO
- Cat TDTO para tiempo frío
- TDTO-TMS Cat
- Cat DEO-ULS SYN
- Cat DEO SYN
- Cat DEO-ULS para tiempo frío

Tabla 4.2 aceites para los sistemas hidráulicos

Viscosidades de lubricantes para temperaturas ambiente						
Compartimiento o sistema	Tipo de aceite y requisitos de rendimiento	Viscosidades del aceite	°C		°F	
			Mín	Máx	Mín	Máx
Sistema hidráulico	CatHYDO Advanced 10 Cat TDTO	SAE 10W	-20	40	-4	104
	Cat HYDO Advanced 30 Cat TDTO	SAE 30	10	50	50	122
	BIO HYDO Advanced Cat	"ISO 46"- Multigrado	-30	50	-22	122
	MTOCat Cat DEO-ULS DEOCat	SAE10W-30	-20	40	-4	104
	Cat DEO-ULS DEOCat	SAE15W-40	-15	50	5	122
	TDTO-TMS Cat	Multigrado	-15	50	5	122
	Cat DEO-ULS SYN Cat DEO SYN	SAE 5W-40	-30	40	-22	104
	Cat DEO-ULS para tiempo frío	SAE0W-40	-40	40	-40	104
	Cat TDTO para tiempo frío	SAE 0W-20	-40	40	-40	104

Se requieren también los aceites para los sistemas auxiliares de los diferentes mecanismos móviles de la máquina, estos lubricantes se detallan en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 de aceites de los sistemas auxiliares de la Excavadora

Compartimiento o sistema	Tipo de aceite y requisitos de rendimiento	Grado de viscosidad del aceite	°C		°F	
			Mín	Máx	Mín	Máx
Mandos finales y mandos de rotación	Cat TDTO TDTO-TMS Cat TDTO SYN para tiempo frío Cat TO-4 comercial	SAE 0W-20	-40	0	-40	32
		SAE 0W-30	-40	10	-40	50
		SAE 5W-30	-30	10	-22	50
		SAE 10W	-30	0	-22	32
		SAE 30	-25	25	-13	77
		SAE 50	-15	50	5	122
		TDTO-TMS Cat	-30	25	-22	77
Resorte tensor del bastidor de rodillo y cojinetes del eje de pivote	Cat TDTO TDTO-TMS Cat TDTO SYN para tiempo frío Cat TO-4 comercial	SAE 0W-20	-40	0	-40	32
		SAE 0W-30	-40	10	-40	50
		SAE 5W-30	-35	0	-31	32
		SAE 10W	-30	0	-22	32
		SAE 30	-20	25	-4	77
		SAE 40	-10	40	14	104
		SAE 50	0	50	32	122
		TDTO-TMS Cat	-25	25	-13	77
Ruedas guía y rodillos inferiores	DEO(grado único) Cat Cat DEO SYN Cat DEO-ULS SYN Cat ECF-1-a Cat ECF-2 Cat ECF-3 API CF	SAE 30	-20	25	-4	77
		SAE 5W-40	-35	40	-31	104

Lubricantes especiales

Grasa

Para usar una grasa diferente a Cat, el proveedor debe certificar que el lubricante es compatible con la grasa Cat, con lo que se detalla la Tabla 4.4.

Se debe enjuagar cada unión del pasador con la grasa nueva. El incumplimiento de este requisito puede ocasionar una falla en la unión del pasador.

Tabla 4.4 Grasas recomendadas para las articulaciones

Grasa recomendada						
Compartimiento o sistema	Tipo de grasa	Grado NLGI	°C		°F	
			Mín	Máx	Mín	Máx
Puntos externos de lubricación	Cat Advanced 3Moly	NLGI Grado 2	-20	40	-4	104
	Cat Ultra 5Moly	NLGI Grado 2	-30	50	-22	122
		NLGI grado 1	-35	40	-31	104
		NLGI grado 0	-40	35	-40	95
	Cat Arctic Platinum	NLGI grado 0	-50	20	-58	68
	Cat Desert Gold	NLGI Grado 2	-20	60	-4	140
	Grasa de uso múltiple Cat	NLGI Grado 2	-30	40	-22	104

CAPÍTULO V

DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

5.1 IDENTIFICACIÓN DEL PARQUE DE MÁQUINAS A LAS CUALES SE LE IMPLEMENTARÁ EL SISTEMA DE MONITOREO SATELITAL

5.1.1 EMPLEO DEL SISTEMA INFORMÁTICO DBS (DEALER BUSINESS SYSTEM)

El sistema informático denominada DBS (Dealer Business System), permite encontrar rápidamente a un potencial cliente que cuenta con una cierta cantidad de máquinas en una zona de influencia, donde se desea aplicar el nuevo plan de optimización del mantenimiento. Mediante la base de datos del sistema podremos identificar rápidamente la cantidad de máquinas con la que cuenta un cliente, así como los datos de la máquina y registros de actividad con lo que respecta a las órdenes de atención de servicio a los clientes, se muestra en la Figura 5.1 el sistema DBS empleado en la organización.

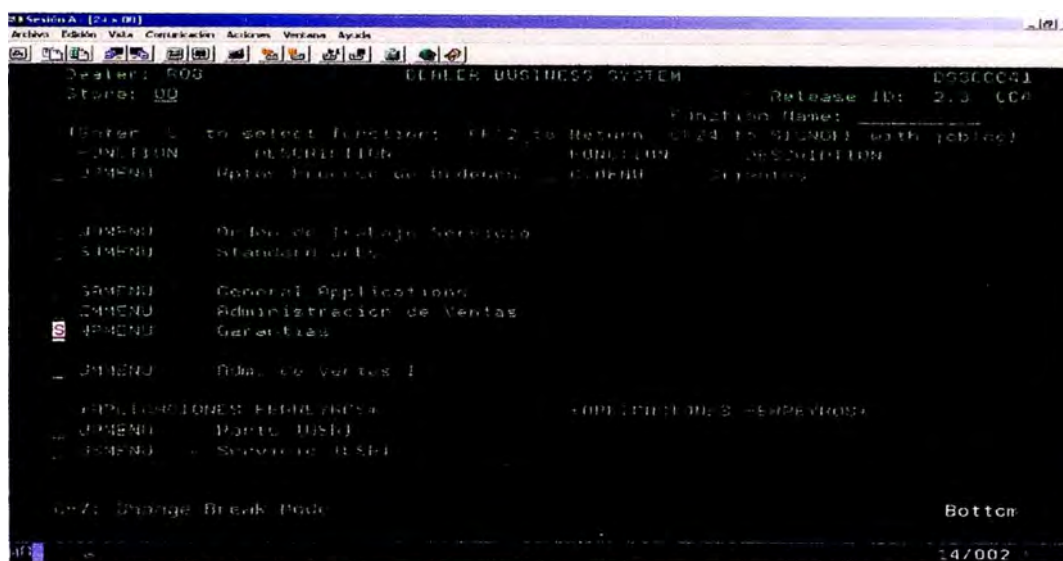


Figura 5.1 Plataforma del Dealer Business System (DBS)

Una vez obtenida la información de cuantas máquinas cuenta cada cliente, se puede identificar cuales se encuentran aún dentro del periodo de garantía, máquinas no muy antiguas y máquinas antiguas que demandarían una reparación general. Es necesario realizar pruebas para seleccionar las máquinas dentro y fuera del periodo de garantía las cuales están aún sujetas actualmente a un tipo de mantenimiento preventivo y para conocer cuáles son las máquinas que demandarían la reparación general u Overhaul.

5.1.2 EMPLEO DEL SISTEMA INFORMÁTICO SIMS (SERVICE INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM)

Luego de identificar el 100% de las máquinas de los clientes potenciales, se procede a ingresar y realizar las pruebas correspondientes de verificación de año de fabricación y

la estimación de vida útil de cada máquina con respecto a su antigüedad en el mercado, esto es posible mediante el uso de la herramienta informática conocida como SIMS, elaborado por Caterpillar.

Con dicha herramienta informática se logró identificar 50 máquinas que están aún dentro del periodo de garantía, y a algunas que pudiesen ingresar al programa de optimización del mantenimiento; dicho sistema permite visualizar el modelo, la serie exacta, el año de fabricación de la máquina, así como la información agregada a la maquina como los historiales de reparación por garantía o por falla en la operación a lo largo del tiempo de uso de la máquina, como se aprecia en los recuadros color rojo de la Figura 5.2.

A8F02480 PIPs/P&Ps Product Configuration Product Coverage Customer Name and Address												
Arrangement No: 280-1503						Build Date: 07Oct2011						
Mfg Model: 320D L						Factory Ship Date: 21Oct2011						
Mktg Model Year: 2011						Dealer/Invoiced Ship Date: 31Oct2011						
Prod Family: XM Excavators-Medium						Sales Date: 07Sep2012						
Sims Prod Family: 25 Excavators						Delivery Date: 14Sep2012						
Source Facility: 28 Cat Brasil Ltda - Piracicaba						Selling Dir: R070						
8 results found, displaying 1 to 8												
View Image	Add Image	Group Number	Part/Using Failure	Repairing Dealer	Service Meter Measurement	Repair Date	Sims Ticket Received	Claim Received	Work Order Number	Dealer Claim Number	Service Claim Number	Comment
	Add	1052	5I-7589	R070	1406 Hours	24May2013	SIMS Rcvd	Claim Rcvd	TM01097	TM1097A	C2D8308	Excessive Engine Oil Usage
	Add	7501	389-1503	R070	1280 Hours	19Apr2013	SIMS Rcvd	No Claim Rcvd	TM01117			Pm1 Service Was Performed
	Add	7000	389-1503	R070	1137 Hours	09Apr2013	SIMS Rcvd	No Claim Rcvd	TM01085			12z Inspection Was Performed
	Add	1090	324-4119	R070	801 Hours	23Jan2013	SIMS Rcvd	No Claim Rcvd	TM00925			The Resistance Of Heater Had Open Circuit

Figura 5.2 Sistema informático SIMS de Caterpillar

la estimación de vida útil de cada máquina con respecto a su antigüedad en el mercado, esto es posible mediante el uso de la herramienta informática conocida como SIMS, elaborado por Caterpillar.

Con dicha herramienta informática se logró identificar 50 máquinas que están aún dentro del periodo de garantía, y a algunas que pudiesen ingresar al programa de optimización del mantenimiento; dicho sistema permite visualizar el modelo, la serie exacta, el año de fabricación de la máquina, así como la información agregada a la maquina como los historiales de reparación por garantía o por falla en la operación a lo largo del tiempo de uso de la máquina, como se aprecia en los recuadros color rojo de la Figura 5.2.

A8F02480 PIPs/PSPs Product Configuration Product Coverage Customer Name and Address											
Arrangement No: 260-1503						Build Date: 07Oct2011					
Mfg Model: 320D L						Factory Ship Date: 21Oct2011					
Mktg Model Year: 2011						Dealer/Invoiced Ship Date: 31Oct2011					
Prod Family: XM Excavators-Medium						Sales Date: 07Sep2012					
Sims Prod Family: 25 Excavators						Delivery Date: 14Sep2012					
Source Facility: 28 Cat Brasil Ltda. - Piracicaba						Selling Dir: R070					
results found, displaying 1 to 9											
		Part/ausing Failure	Repairing Dealer	Service Meter Measurement	Repair Date	Sims Ticket Received	Claim Received	Work Order Number	Dealer Claim Number	Service Claim Number	Comment
Add	1052	5I-7589	R070	1406 Hours	24May2013	SIMS Rcvd	Claim Rcvd	TM01097	TM1097A	C2D8308	Excessive Engine Oil Usage
Add	7501	369-1503	R070	1260 Hours	19Apr2013	SIMS Rcvd	No Claim Rcvd	TM01117			Pm1 Service Was Performed
Add	7000	369-1503	R070	1137 Hours	09Apr2013	SIMS Rcvd	No Claim Rcvd	TM01085			1az Inspection Was Performed
Add	1090	324-4119	R070	801 Hours	23Jan2013	SIMS Rcvd	No Claim Rcvd	TM00925			The Resistance Of Heater Had Open Circuit

Figura 5.2 Sistema informático SIMS de Caterpillar

5.1.3 IDENTIFICACIÓN DE 50 MÁQUINAS DE DIFERENTE APLICACIÓN PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO SATELITAL.

Luego de identificar y disgregar las maquinas, se obtuvo el número exacto de máquinas las cuales serían sometidas al programa de instalación del sistema de monitoreo satelital, esta relación se adjunta en los siguientes tablas de identificación de las máquinas, ahora dentro de esta relación se encuentran máquinas que aun cuenta con un sistema de motor mecánico y también los motores con la última tecnología en electrónica, el parque de máquinas identificado según la verificación en el sistema SIMS se adjuntan en las Tablas 5.1 para Tractores de Orugas y Tabla 5.2 para Excavadoras Hidráulicas.

A) TRACTORES DE ORUGA IDENTIFICADOS

ITEM	LUGAR	CLIENTE	MODELO	SERIE
1	AGUAYTIA	CONSTRUCTORA MEDINA S.R.L.	D6D	4X_06221
2	AGUAYTIA	CONSTRUCTORA MEDINA S.R.L.	D6D	75W02397
3	HUANUCO	CONSTRUCTORA MEDINA S.R.L.	D6G	2MJ02723
4	HUANUCO	CONSTRUCTORA MEDINA S.R.L.	D6G	2MJ02964
5	ODEBRECHT	CONSTRUCTORA MEDINA S.R.L.	D6N	CCK01012
6	HUANUCO	GOBIERNO REGIONAL DE HUANUCO	D6T	GCT00292
7	HUANUCO	GOBIERNO REGIONAL DE HUANUCO	D6T	GCT00293
8	HUANUCO	GOBIERNO REGIONAL DE HUANUCO	D6T	GCT00303
9	HUANUCO	GOBIERNO REGIONAL DE HUANUCO	D6T	GCT00305
10	HUANUCO	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MARIAS	D7G	65V08768
11	HUANUCO	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MARIAS	D7R	AEC01995
12	TINGO MARIA	MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MARIAS	D8T	J8B01354

Tabla 5.1 Lista de Tractores que pudieron ser incorporadas al monitoreo satelital

B)EXCAVADORAS HIDRAULICAS IDENTIFICADAS

ITEM	LUGAR	CLIENTE	MODELO	SERIE
13	ODEBRECHT	INVERSIONES MALASPINA E.I.R.L.	320DL	A8F00781
14	ODEBRECHT	INVERSIONES MALASPINA E.I.R.L.	320DL	KGF05814
15	TINGO MARIA	INVERSIONES MALASPINA E.I.R.L.	330C	CYA00792
16	TINGO MARIA	TOLMOS ESPINOZA GARCIA E.I.R.L.	330C	CYA00804
17	ODEBRECHT	TOLMOS ESPINOZA GARCIA E.I.R.L.	330C	CYA00221
18	TINGO MARIA	TOLMOS ESPINOZA GARCIA E.I.R.L.	330D	JLP00785
19	TINGO MARIA	TOLMOS ESPINOZA GARCIA E.I.R.L.	330D	JLP00782
20	ODEBRECHT	AQUARIUS MC	330D	JLP00273
21	TINGO MARIA	AQUARIUS MC	320DL	A8F02654
22	HUANCAVELICA	AQUARIUS MC	329DL	MNB01182
23	HUANUCO	AQUARIUS MC	324DL	DFP01135
24	HUANUCO	AQUARIUS MC	320DL	A6F01679

Tabla 5.2 Lista de Excavadoras que pudieron ser incorporadas al monitoreo satelital

5.2 INSTALACIÓN DE UNA SALA DE MONITOREO SATELITAL

5.2.1 UBICACIÓN ESTRATÉGICA DE UNA OFICINA PARA LA SALA DE MONITOREO

La sala de monitoreo deberá estar ubicada entre las zonas de Tingo María y Huánuco debido a que es el Departamento que nos corresponde atender como sucursal. En dicha zona se encuentran las oficinas de atención al cliente y cabe mencionar que en estos lugares se desarrollan importantes proyectos cuya atención requerirá aumentar el empleo, mejorar la tecnología operativa, contar con internet apropiado y con un

importante almacén de repuestos para la atención más rápida a nuestros clientes por los servicios de mantenimiento preventivo y correctivo.

Los factores que se han considerado relevantes para definir la ubicación de una sala de monitoreo son los siguientes:

Ancho de banda de internet disponible en la zona (3G o 4G)

Parque de máquinas necesario y suficiente a ser monitoreado

Personal técnico para el soporte al producto

Proyección de ventas de nuevas maquinarias en la zona.

5.2.2 EMPLEO DE COMPUTADORAS Y LICENCIAS DEL SOFTWARE

El empleo del monitoreo satelital mediante una computadora, exige al usuario que tenga una mínima capacidad de memoria interna en la computadora, así como un procesador Intel i7.

Luego el poder contar con el sistema de monitoreo satelital es necesario obtener las licencias de uso por el periodo de un año. Para las pruebas respectivas, la licencia se otorga a una sola persona por cada oficina o distribuidor autorizado.

Se realizaron los planes piloto para empezar las coberturas de la zonas, encontrando en Tingo María una mayor cantidad de máquinas seleccionadas para el monitoreo.

Se realizaron las pruebas del monitoreo con licencias de prueba y con el representante del sistema de control Product Link. En la Figura 5.3 se muestra la triangulación entre

la máquina, el satélite y el punto de monitoreo, la cual permite realizar las pruebas de monitoreo

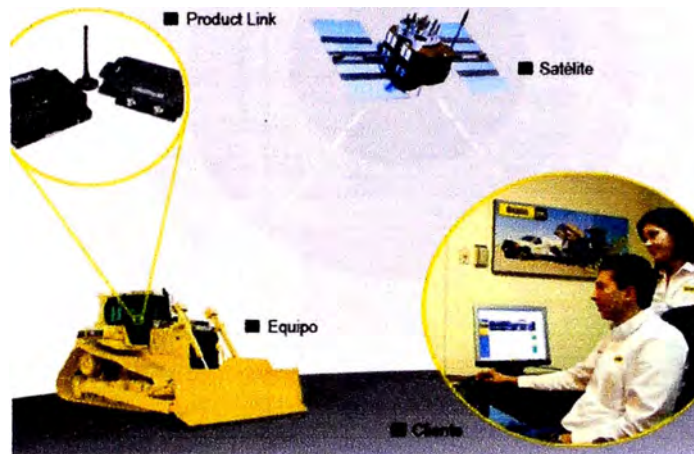


Figura 5.3 Pruebas de monitoreo con Licencias de demostración

5.2.3 INSTALACIÓN DE UNA SALA DE MONITOREO EN TINGO MARIA Y LA VERIFICACIÓN DEL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE REDES.

Se realizó la instalación de dos lap tops, se verificó el ancho de banda 3G de la red local, para garantizar una eficiente y rápida recolección de datos proveniente de la maquina cuando así sea requerido.

La sala de monitoreo satelital fue instalada y se realizaron pruebas en diferentes horarios, garantizando la cobertura durante las 24 horas por día, permitió obtener reportes satelitales y finalmente atender a nuestros clientes. En la Figura 5.4 se muestra el proceso del servicio brindado en forma simplificada.



Figura 5.4 Secuencia del funcionamiento de sistema aplicado al mantenimiento

5.3 INSTALACIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL ELECTRÓNICO (ECM) EN LAS MÁQUINAS

5.3.1 INSTALACIÓN Y VERIFICACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL MÓDULO DE CONTROL

Existen dos casos a tener en cuenta, el caso de los motores mecánicos y el de los motores electrónicos con sistema Acert (Tecnología Avanzada de Combustión para Reducción de Emisiones).

Para el caso de los **motores mecánicos** se instala el módulo de control electrónico (ECM) llamado Product Link PL121SR. Dicho módulo permite conocer la ubicación de

la máquina y los datos del horómetro del motor permitiendo en todo momento poder realizar un plan de contingencia de acuerdo a las horas de la máquina así como a la disponibilidad del servicio de acuerdo a la ubicación de la maquinaria.

Para el caso de los **motores electrónicos Acert** se instalan los módulos de control electrónicos (ECM) PL321SR, estos proporcionan información de la ubicación, del horómetro y del estado de la máquina.

En la figura 5.5 se muestran los dos tipos de módulo de control electrónico identificados como PL121SR y PL321SR

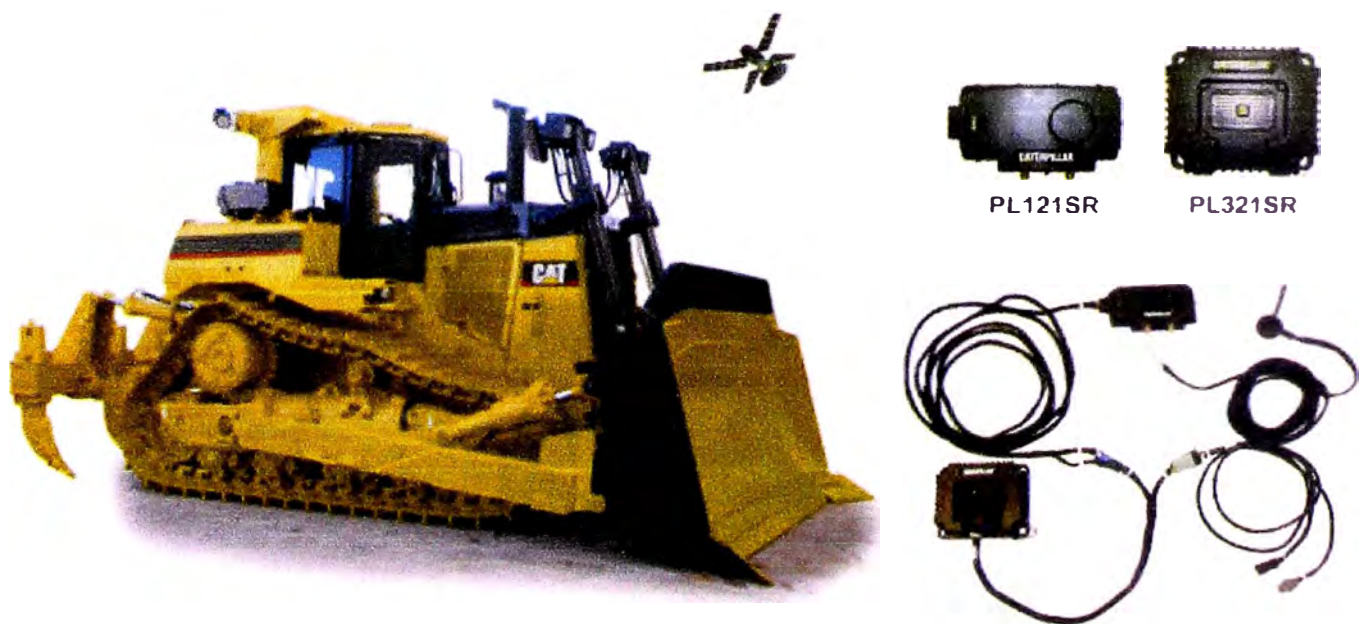


Figura 5.5 Tipos de módulo de control electrónico PL121SR y PL321SR

A continuación se muestran características de los dos tipos de módulos de control electrónicos usados:

Módulo de Control Electrónico PL121SR: Este módulo proporciona las horas de operación y ubicación de la maquina mediante un sistema de localización por satélite (GPS) interno y un transmisor / receptor por satélite.

Además, este sistema enviara automáticamente advertencias cuando las máquinas sobrepasen los límites de ubicación o de tiempo de funcionamiento identificados por el propietario. En la Figura 5.6 se muestra los principales componentes de este módulo.

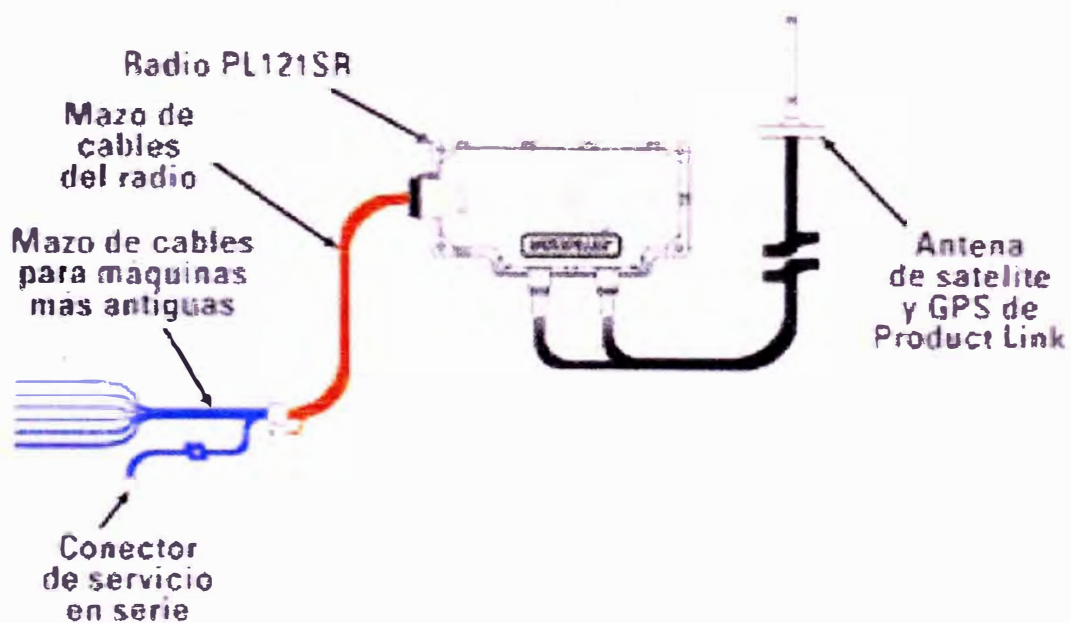


Figura 5.6 Componentes del módulo de control electrónico PL121SR

Módulo de Control Electrónico PL321SR: Este módulo tiene la capacidad de proporcionar información sobre el mantenimiento y estado de la máquina con el fin de identificar los problemas de reparación y mantenimientos correctivos, que puedan convertirse en averías costosas si no son tratadas a tiempo.

Indica el nivel de combustible, y consumo total de combustible, si corresponde.

Proporciona informes y alertas de códigos de falla. En la Figura 5.7 se muestra los principales componentes de este módulo y la forma básica de realizar las conexiones eléctricas.

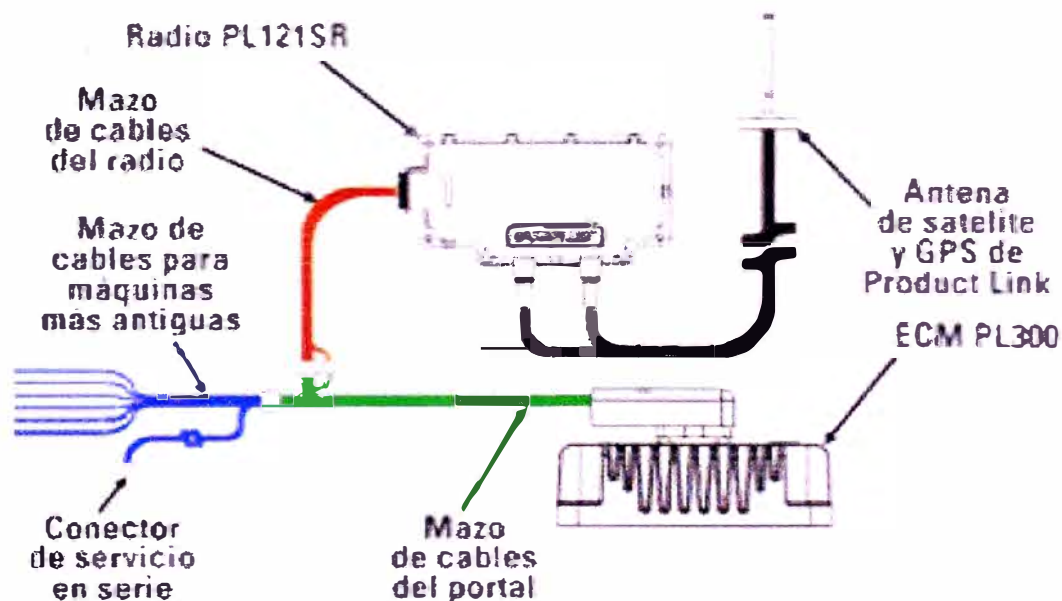


Figura 5.7 Componentes del módulo de control electrónico PL321SR

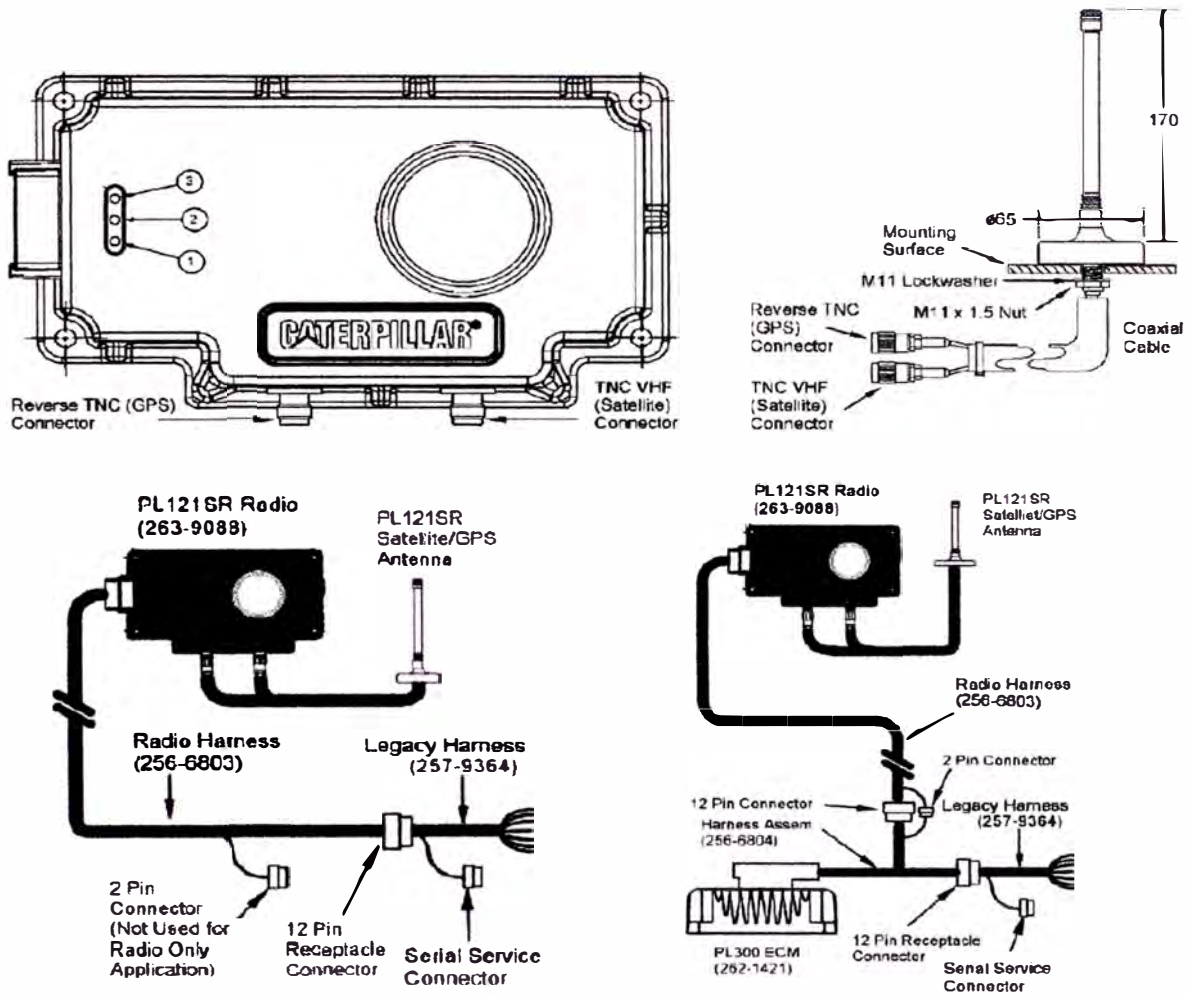


Figura 5.8 Componentes y conexión eléctrica del PL121SR y PL321SR

En la Figura 5.8 se muestra Radio, el ECM PL300, la antena y los terminales de conexión. Estos componentes hacen posible la transmisión de los datos.

Se pudo comprobar en la práctica que dichos módulos son perfectamente compatibles con las máquinas que cuentan con motores mecánicos y con las que cuentan con control electrónico para motores Acert.

5.3.2 ACTIVACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO SATELITAL

Luego del proceso de la instalación y conexión eléctrica del módulo de control electrónico en las máquinas, se realizaron las primeras pruebas de licenciamiento del programa de monitoreo remoto en la computadoras, de las salas instaladas en la sucursal y oficina ubicada en la ciudad de Tingo María.

Luego del licenciamiento, los mensajes viajan desde las máquinas al satélite y luego fueron transferidos mediante una estación de tierra al centro de control de mensajes.

Desde el centro de control los mensajes son distribuidos mediante una línea directa a las oficinas principales de Caterpillar y subsecuentemente esto es proporcionado a los distribuidores autorizados para interactuar con el usuario final.

Luego se pudo ingresar al entorno para realizar la verificación de los códigos, eventos y ubicación de la máquina, es decir las instalaciones y la activación del software se desarrolló en óptimas condiciones.

Como primer paso, se verificó que una maquina pudo ser rastreada satelitalmente, esto se aprecia en la Figura 5.9 donde se aprecia la ubicación geográfica del cargador frontal modelo 938H con número de serie JKM00906.

Todos los Equipos > Buscar: "jkm00906" > 1 Resultados



Figura 5.9. Monitoreo Satelital de la ubicación de una maquina-938H

5.3.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MÓDULOS DE CONTROL ELECTRÓNICOS EN 10 MÁQUINAS

Se realizaron las pruebas en 10 máquinas, entre rodillos compactadores, motoniveladoras, excavadoras, retroexcavadoras, motoniveladoras y cargadores frontales, así mismo se instalaron previamente los tipos de módulo de control para los motores mecánicos y para los motores electrónicos como se detalla:

- Módulo de control PL121SR sólo para las retroexcavadoras
- Módulo de control PL321SR, para las excavadoras, motoniveladoras, cargadores y Rodillos compactadores.

a) Localización de la máquina

Utilizando el sistema de posicionamiento global GPS, se puede ubicar el equipo en el lugar de operación de la máquina. Su funcionalidad, permite la visualización de reportes customizados, esta información es almacenada, permitiendo la visualización de reportes en forma histórica.

En el monitoreo de las diez máquinas también se permitió visualizar gráficamente los mapas en escalas de curvas de nivel o de vista satelital, con referencias de carreteras, ciudades y fronteras como se aprecia en la Figura 5.10. En ocasiones nos identifica también la pérdida de comunicación que ocurre generalmente cuando la máquina se encuentra en una zona montañosa donde la antena del módulo no puede transferir la señal de la ubicación.

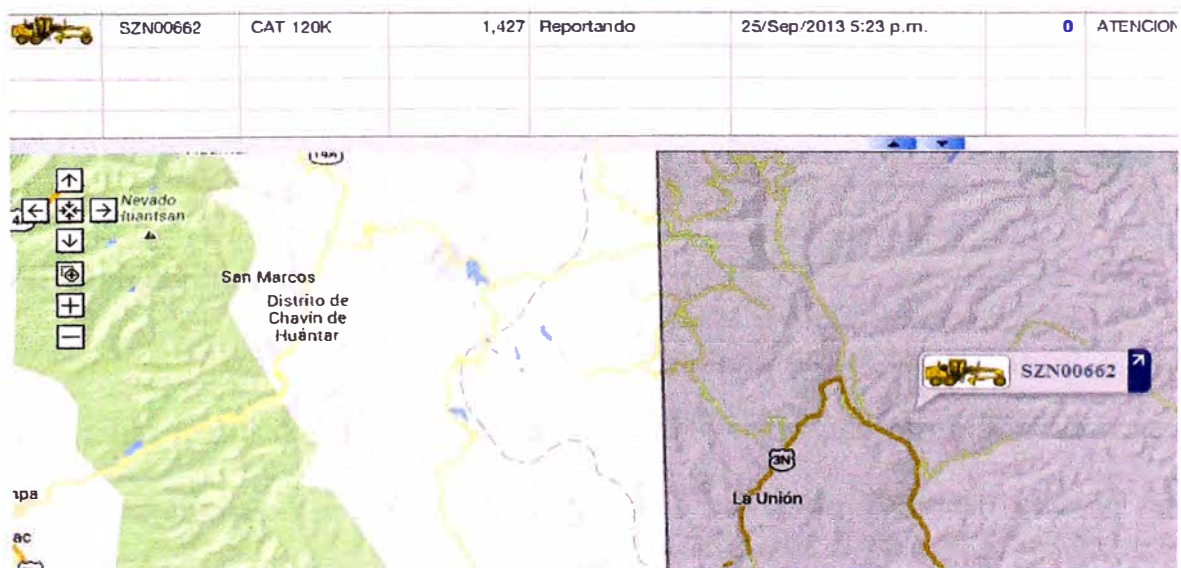


Figura 5.10 Localización de una máquina con ayuda del satélite

b) Conocimiento de las horas de operación de la máquina

Las pruebas en las diez máquinas permitieron visualizar periódicamente las horas de trabajo efectivo de la máquina. Esta información fue almacenada permitiendo la visualización de reportes históricos. En la Figura 5.11 se muestra un ejemplo de la manera como se reporta las horas de operación de una máquina.

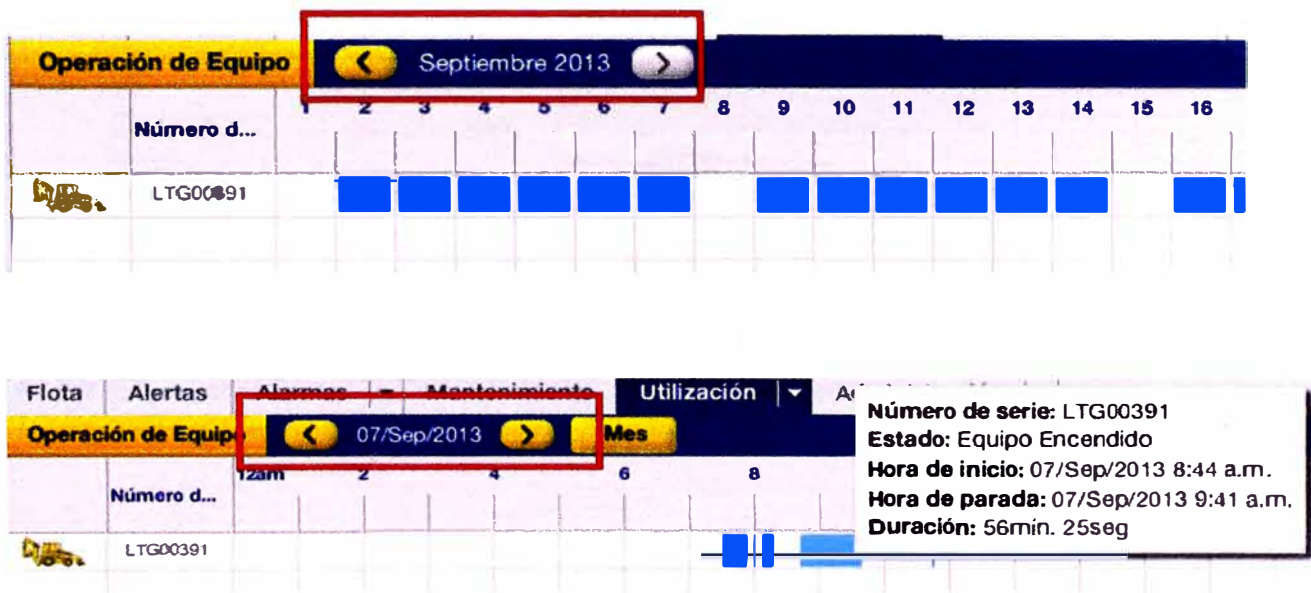


Figura 5.11 Tiempo de operación por mes y por día

c) Control del equipo total

En las pruebas realizadas en los equipos se pudo verificar la posibilidad de configurar límites geográficos y límites de tiempo, enviando alertas cuando existan comportamientos inesperados, como por ejemplo, el trabajo de la máquina en horas no programadas o fuera del área delimitada.

En la figura 5.12 se muestra un reporte de control total, donde figura la ubicación, operación, rendimiento, alertas, nivel de combustible.



Figura 5.12 Imagen del control total, ubicación, operación, rendimiento, alertas y nivel de combustible

5.4 PRUEBAS DEL MONITOREO SATELITAL APLICADO AL MANTENIMIENTO

5.4.1 MONITOREO DE LA OPERACIÓN DE LAS MÁQUINAS

Se realizó el monitoreo de la operación de las máquinas, encontrando reportes como consumos de combustible, horas de operación, régimen de trabajo, los días trabajados, las horas trabajadas en ralentí, y las horas efectivas de trabajo, las cuales fueron inicialmente programadas. Por ejemplo, si el cliente programa un tiempo de operación mínima por día de trabajo de 8 horas de operación se puede verificar el rendimiento del

operador de la máquina de modo cuantitativo respecto al 100% del cumplimiento del tiempo de trabajo programado.

A continuación se muestra dos figuras (Figura 5.13 y 5.14) en las que se aprecia el monitoreo de la operación de la máquina que permite realizar el análisis correspondiente.

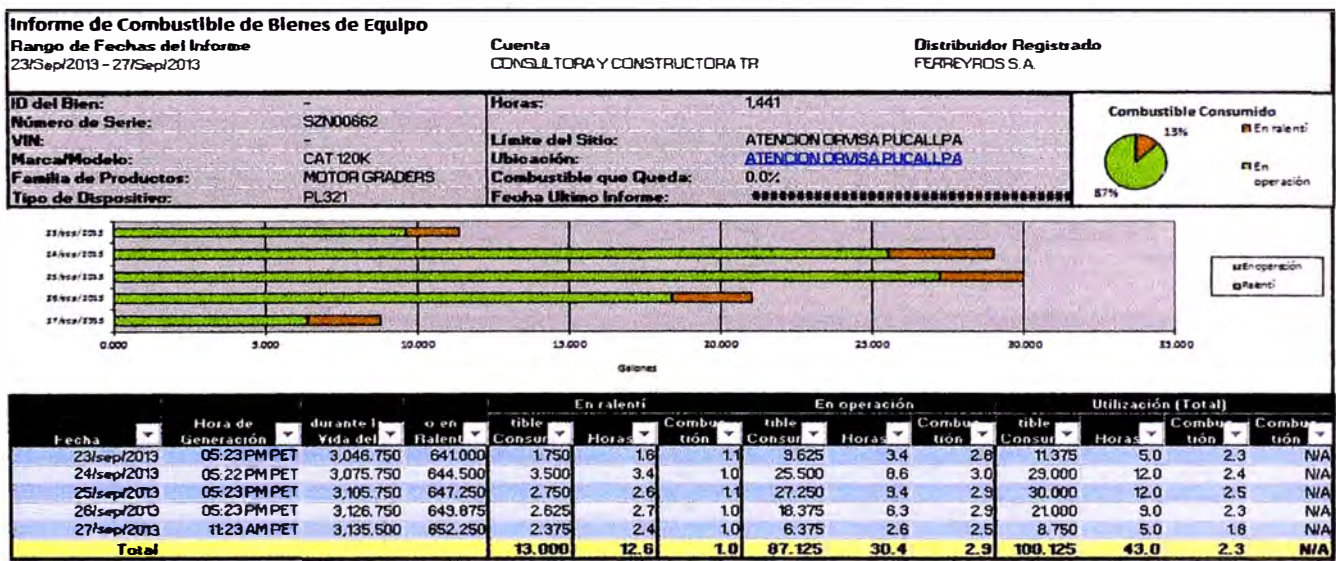


Figura 5.13 Monitoreo del consumo de combustible según el régimen de trabajo

Como se aprecia en la Figura 5.13, se identifican los días y los tiempos totales de utilización de la máquina, así como el consumo promedio de combustible, con esto se logra identificar el consumo real de la máquina por día, con respecto al tiempo en ralentí, así como el consumo de operación, se tiene el dato del promedio del consumo total de la máquina, y este valor debe estar cerca a lo especificado por el fabricante, de otra manera se podría intuir que por elevado consumo de combustible en la operación de la máquina existe un mal funcionamiento de su sistema de suministro combustible.

Este tipo de monitoreo es muy útil para reconocer si de alguna forma el combustible proporcionado al operador es realmente usado en la operación de la máquina, es decir, se pueden detectar robos.

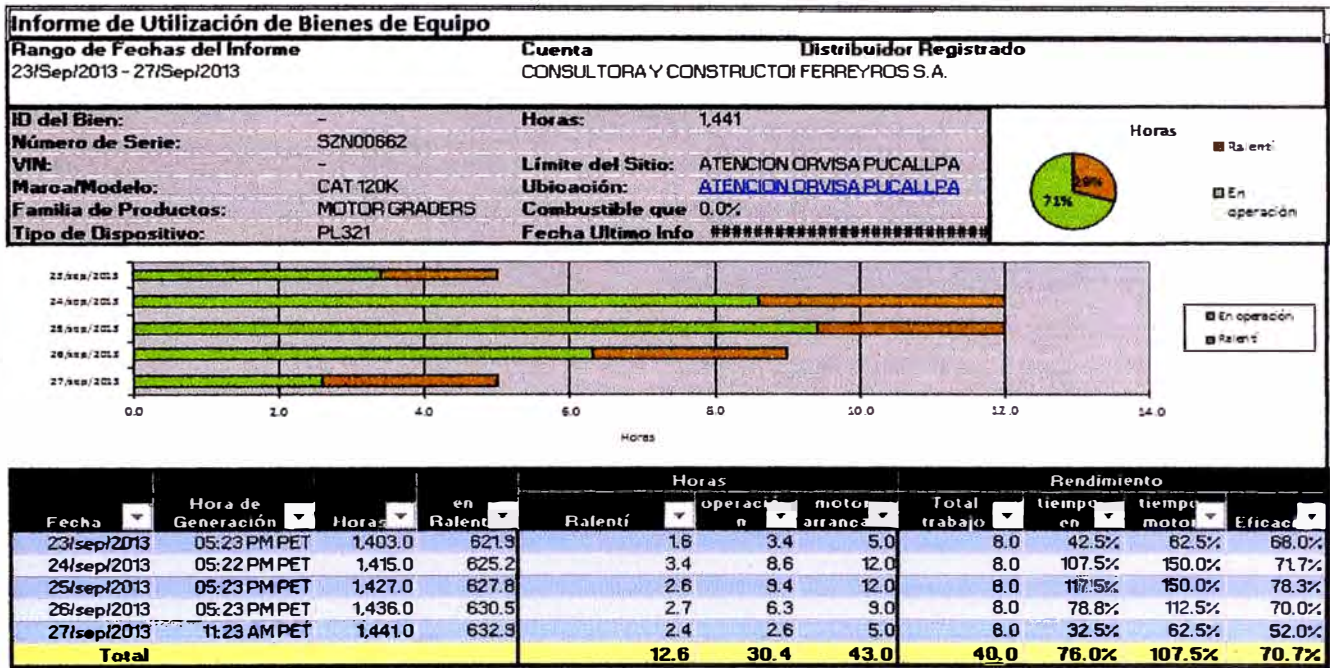


Figura 5.14 Monitoreo del rendimiento de la máquina según el tiempo de operación

Como se aprecia en la Figura 5.14, se identifican los tiempos de operación transformados en rendimiento de la máquina, es decir de acuerdo a los tiempos establecidos en realizar un trabajo, la eficacia puede ser cuantificada, medida y corregida, esto gracias al monitoreo y análisis diario, semanal o mensual.

5.4.2 MONITOREO DEL MANTENIMIENTO DE LAS MÁQUINAS

Se realizó el rastreo del cumplimiento del mantenimiento preventivo de las máquinas, así como el de las observaciones encontradas en cada servicio realizado.

Flota	Alertas	Condición	Mantenimiento	Utilización	Administración			
Resumen Mantenimiento			Vista: Mostrar: Todos					
Número de...	Marca/Mo...	Horas	Total	Siguiente Servicio	Servicio a Realizarse	Estado		
					Horas	Millas	Días	
	SZN00662	CAT 120K	1.653					
				PM100F	-1,553	N/A	0	Vencido
				PM 2	-516	N/A	0	Vencido
				PM 2F	-1,153	N/A	0	Vencido
				PM 3	-16	N/A	0	Vencido

Figura 5.15 Monitoreo del mantenimiento programado durante la vida útil

Como se aprecia en la Figura 5.15, se identifican los planes de mantenimiento establecidos por el fabricante de acuerdo a las horas de operación, pero como se aprecia cuando el cliente nuevo adquirió el producto, el distribuidor oficial de Caterpillar no tenía la oportunidad de rellenar debidamente el estado del mantenimiento, por eso es que figura como estado **“Vencido”** en un recuadro color rojo para el caso indicado con la flecha, se trata un mantenimiento PM2 (500 horas de operación), a continuación se indica como se indica el procedimiento para el rellenado del recuadro.

Detalles del Equipo CAT

Panel | Alertas | Alar... | **Mantenimie...** | Utilización | Detalles del ...

PM 2 | Gestionar Servicio

Debe realiza... **500 Horas** | Vencido en **5,069 Horas** | Fecha límite **29 Sep 2013**

Imprimir Servicio | Pedir Componentes

Lista de Verificación | Componentes | Completo

- PRIME FUEL SYSTEM
- REPLACE FUEL FILTER SECONDARY
- REPLACE WATER SEPARATOR ELEMENT
- INSPECT & MAINTAIN FUEL TANK CAP(S)
- CLEAN FUEL TANK STRAINER
- DRAIN & REFILL ENGINE OIL & FILTER
- TAKE & ANALYZE S-O-S SAMPLE FR ENGINE OIL

Servicios planificados | Historial

Niveles de Servicio	Intervalos Independientes	Componentes Principales
PM 4	PM100F 100 hrs	Sin intervalos disponibles
PM 3	PM 2F 500 hrs	
PM 2	PM3000	

ID del Equipo: LAMBAYEQU
 Número de Serie: JPA00392
 Tipo de Dispositivo: PL321
 Marca/Modelo: CAT 140K
 Cliente: JJC CONTRATISTAS GENERALES S
 Horas: 5,569
 Última Fecha de Informe: 29/Sep/2013 7:05 a.m.
 Ubicación: Sivia-Liochegua, Perú

Figura 5.16 Listado de actividades necesarias para el mantenimiento PM2

En la Figura 5.16 Se muestran las actividades y repuestos necesarios para realizar el mantenimiento programado tipo PM2 (500 horas de operación de la máquina), el listado de repuestos está basado en el manual de operación y mantenimiento para la motoniveladora modelo CAT 140K con prefijo JPA, como se aprecia en la Figura 5.17.

Detalles del Equipo CAT

Panel | Alertas | Alar... | **Mantenimie...** | Utilización | Detalles del ...

PM 2 | Gestionar Servicio

Debe realiza... **500 Horas** | Vencido en **5,069 Horas** | Fecha límite **29 Sep 2013**

Imprimir Servicio | Pedir Componentes

Lista de Verificación | Componentes | Completo

#	Nº de Piezs.	Nombre
1x	1R0762	FILTER
1x	3261644	FILTER
1x	2208678	SEAL
1x	9X8600	SEAL-O-RING
1x	9X2205	KIT-CAP FILTER
1x	3K0360	SEAL-O-RING (16.36MM ID)

ID del Equipo: LAMBAYEQU
 Número de Serie: JPA00392
 Tipo de Dispositivo: PL321
 Marca/Modelo: CAT 140K
 Cliente: JJC CONTRATISTAS GENERALES S
 Horas: 5,569
 Última Fecha de Informe:

Figura 5.17 Listado de repuestos para el mantenimiento PM2 de maquina 140K

Otro aspecto importante durante el registro del mantenimiento de las máquinas es el análisis programado de aceite, donde se indican dependiendo del tipo de aceite, y sistema al cual pertenece, la cantidad de partículas ferrosas y no ferrosas, que nos indiquen un índice de desgaste interno de componentes o aceite degradado por excesiva temperatura por un sobre esfuerzo o mala operación de la máquina.

Últimos Resultados Análisis de Fluido:

N° de Muestra	Origen	Fecha de la ...	Lectura de Indi...	Gravedad	Estado
119237038	TANDEM IZQUIERDO	22/Ene/2013	4809 hrs	Acción Programada	Acción tomada
119237035	TANDEM DERECHO	22/Ene/2013	4809 hrs	Acción Programada	Acción tomada
119237017	COJINETE DE RUEDA DELA...	22/Ene/2013	4809 hrs	Monitoreo	Acción tomada
119237040	MOTOR	22/Ene/2013	4809 hrs	Sin acción	Acción tomada
119236999	SISTEMA HIDRAULICO	22/Ene/2013	4809 hrs	Monitoreo	Acción tomada
119237001	PADIADOR	22/Ene/2013	4809 hrs	Acción Programada	Acción tomada
119237026	COJINETE DE RUEDA DELA...	22/Ene/2013	4809 hrs	Monitoreo	Acción tomada
119237031	MANDO DE GIFCO	22/Ene/2013	4809 hrs	Monitoreo	Acción tomada
119237008	TRANSMISION	22/Ene/2013	4809 hrs	Sin acción	Acción tomada
119236963	SISTEMA COMBUSTIBLE	22/Ene/2013	4809 hrs	Monitoreo	Acción tomada
120525408	PADIADOR	09/Abr/2015	4807 hrs	Sin acción	Acción tomada
120525365	MOTOR	09/Abr/2015	4807 hrs	Sin acción	Acción tomada
120525359	COJINETE DE RUEDA DELA...	09/Abr/2015	4807 hrs	Monitoreo	Acción tomada
120525302	MANDO DE GIFCO	09/Abr/2015	4807 hrs	Monitoreo	Acción tomada
120525358	SISTEMA HIDRAULICO	09/Abr/2015	4807 hrs	Monitoreo	Acción tomada
120525364	TANDEM IZQUIERDO	09/Abr/2015	4807 hrs	Sin acción	Acción tomada
120525300	COJINETE DE RUEDA DELA...	09/Abr/2015	4807 hrs	Monitoreo	Acción tomada
120525363	TANDEM DERECHO	09/Abr/2015	4807 hrs	Sin acción	Acción tomada
120573692	TRANSMISION	11/Abr/2013	4815 hrs	Monitoreo	Acción tomada
120573085	MANDO DE GIFCO	11/Abr/2013	4815 hrs	Sin acción	Acción tomada
120573694	COJINETE DE RUEDA DELA...	11/Abr/2013	4815 hrs	Sin comentario	Acción tomada
120573693	COJINETE DE RUEDA DELA...	11/Abr/2013	4815 hrs	Sin comentario	Acción tomada

Figura 5.18 Monitoreo de los Análisis Programado de Aceite (APA)

En la Figura 5.18, se aprecia los resúmenes del resultado de las muestras de aceite de los diferentes compartimientos de la motoniveladora 140K con prefijo JPA, por ejemplo en el aceite de transmisión, donde nos indica gravedad “Sin acción”, significará que el

índice de partículas de desgaste encontrados en el muestreo de aceite se encuentra dentro de lo normal, y cuando la gravedad es “**Monitoreo**”, nos indica que el índice de partículas es ligeramente alto y se requiere el monitoreo en las próximas 50 o 100 horas para determinar si el índice de partículas aumenta, y la gravedad “**Acción Requerida**”, como su nombre lo dice, se tiene que tomar una acción inmediata como el cambio de aceite y filtros, y luego volver a verificar el índice de desgaste y si este persiste, indicaría un componente con un desgaste excesivo lo que conllevaría a un desarmado del sistema, para verificar el ajuste y la reusabilidad de componentes.

5.4.3 ELABORACIÓN DE PLANES DE MANTENIMIENTO BASADOS EN LOS MONITOREOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La planificación del mantenimiento basado en el sistema de monitoreo satelital y el entorno Vision Link, requiere que se use una estrategia de mantenimiento basada en los siguientes pasos:

- Customización de los intervalos del mantenimiento
- Visualización de los checklist de cada mantenimiento preventivo, los cuales pueden ser analizados de acuerdo a las necesidades y tipo de aplicación del equipo.
- Visualización y modificación de listado de partes (repuestos como filtros y aceites) y necesidades de labor a ser utilizados en cada mantenimiento preventivo.

- Administración de reparaciones importantes durante la vida del equipo, por ejemplo, en el cambio de componentes mayores y menores, en el cambio de componentes de media vida del motor y del mismo modo en otras reparaciones.

Una vez definida la estrategia del mantenimiento se necesitará optimizar la manera como realizar la coordinación para usar todos los recursos necesarios, para este fin es necesario identificar los componentes de la programación del mantenimiento, esto significa realizar las siguientes acciones:

- Utilizar los listados de repuestos recomendados por Caterpillar para cada mantenimiento preventivo y modificarlo de ser necesario.
- Adicionar notas que sean requeridas para cada mantenimiento.
- Conocer el detalle de trabajos pendientes para el día, semana y mes requerido mediante el uso del Planificador.
- Conocer mediante alertas los mantenimientos preventivos y reparaciones pendientes más cercanos.

5.5 ESTRUCTURA DE COSTOS PARA LA OBTENCIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO SATELITAL

La estructura de los costos totales de la obtención del sistema de monitoreo satelital, engloba los diferentes costos directos, de operación, financieros y los de servicios complementarios.

5.5.1 ADQUISICION E INSTALACION DEL MODULO DE CONTROL Y ACCESORIOS

Es necesario considerar si se tiene el stock necesario del kits de monitoreo satelital, si se cuenta con el técnico especialista que pueda realizar la instalación del sistema de monitoreo satelital y conocer el lugar de trabajo de las máquinas o zona geográfica para conocer la posibilidad de comunicación y estar seguro de se pueda lograr cobertura satelital en forma eficiente.

Efectuar las adquisiciones para instalar un sistema de monitoreo satelital, involucra contar con el kit del módulo de control, la mano de obra para la instalación, con los accesorios adicionales y la capacitación continua al cliente. También se necesita un contrato, previo presupuesto firmado, por los servicios en donde se encontraría el margen de utilidad de la empresa por todo el paquete del sistema de monitoreo satelital.

5.5.2 GESTIÓN DE LA ADQUISICIÓN DE LA LICENCIA PARA EL MONITOREO SATELITAL, PROPORCIONADO AL CLIENTE

La licencia para el monitoreo satelital adquirido por el cliente, proporcionará las opciones de realizar también el monitoreo de la operatividad y mantenibilidad de sus máquinas desde la comodidad de su hogar o centro de labores a través de una iap top, este tipo de licencia enfocado al cliente, ofrece las opciones básicas de reconocimiento del equipo, no contiene las opciones de obtención de la información específica que

solamente el distribuidor por la exclusividad de la marca manejaría como las alertas por falla del producto (fallas eléctricas o mecánicas) estos requieren de personal técnico de servicios de campo calificado para la reparación o corrección de fallas y recomendaciones técnicas.

El cliente presenta la opción de comunicación constante con la oficina donde se encuentra la sala implementada para el monitoreo satelital, para la absolución de todas las dudas con respecto a su máquina, como interpretación de parámetros de operación y/o coordinaciones de mantenimientos correctivos, mantenimientos preventivos o evaluaciones periódicas de la máquina a solicitud del cliente.

5.5.3 PRESUPUESTO DE LA ADQUISICIÓN DEL PRODUCTO Y CONSIDERACIONES PARA EL TIEMPO DE LICENCIA DEL SISTEMA SATELITAL

A continuación se muestran los presupuestos de los diferentes tipos de sistema de monitoreo satelital, basados en las consideración de la adquisición de los componentes y en la gestión de la adquisición de la licencia.

SISTEMA DE MONITOREO SATELITAL PARA MOTORES MECANICOS (PL121)	
Repuestos Caterpillar	967.44
Margen de utilidad en Repuestos	260.26
Licencia (por 1 año)	572.30
Costo de Instalación (mano de obra)	175.00
Margen de utilidad en mano de obra	75.00
Materiales adicionales para la instalación	50.00
Valor de la Instalación	US\$ 2,100.00

Tabla 5.3 Valor de la instalación del módulo PL121

En la Tabla 5.3, se encuentra el valor de la instalación del sistema de monitoreo satelital para una máquina que cuenta con motor mecánico. Este precio es válido cuando la instalación se realiza dentro de la zona a cargo de la oficina de distribución oficial, si la instalación se realiza fuera de las zonas a cargo en alguna provincia del Perú, este valor de instalación tendría un costo adicional de US\$ 100.00 por día adicional (incluye los viáticos del técnico especialista) sin considerar el transporte.

SISTEMA DE MONITOREO SATELITAL PARA MOTORES ELECTRONICOS (PL321)	
Repuestos Caterpillar	1911.40
Margen de utilidad en Repuestos	480.60
Licencia (por 1 año)	708.00
Costo de Instalación (mano de obra)	245.00
Margen de utilidad en mano de obra	105.00
Materiales adicionales para la instalación	50.00
Valor de la Instalación	US\$ 3,500.00

Tabla 5.4 Estructura de costos de la instalación del PL321

Del mismo modo en la Tabla 5.4 se encuentra el valor de la instalación del sistema de monitoreo satelital para una máquina que cuenta con motor controlado electrónicamente PL321. Dichos precios tienen las mismas consideraciones en cuanto a instalación en otras áreas de servicio en forma similar a las en la instalación del módulo PL121.

5.6 APLICACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO EN DIEZ MÁQUINAS MEDIANTE EL SISTEMA DE MONITOREO SATELITAL

Se seleccionaron diez máquinas de nuestro parque de máquinas identificados del sub capítulo 5.1.3, y se realizaron las pruebas del monitoreo y el plan de mantenimiento de las máquinas con respecto a las horas de operación.

5.6.1 CONSIDERACIONES DE LAS PRUEBAS REALIZADAS

Para la realización de las pruebas se tomaron las siguientes consideraciones:

- Tipo de Máquina (motor mecánico o electrónico)
- Ubicación geográfica de la máquina
- Horómetro de la máquina (antigüedad)
- Tipo de trabajo de la máquina: acarreo, cantera, minería, voladura, etc.

Estas consideraciones no ayudan a determinar muchas veces las frecuencias de falla, por ejemplo, el recortar los periodos de mantenimiento de una máquina que trabaja en cantera, debido a que la polución es excesiva comparada con una máquina que trabaja en

acarreo, porque los filtros de aire se saturan mucho más rápido, ocurriendo deficiencia en el sistema de aire de admisión lo que conllevaría a una pérdida sustancial de potencia del motor.

La ubicación geográfica también es importante, debido a que la recomendación del fabricante con respecto a los lubricantes de los diferentes sistemas varía básicamente con la temperatura ambiental, recomendando en algunos casos aceites de menor grado en ambientes de temperaturas extremas para las máquinas o el empleo de aditivos adicionales.

El horómetro de la máquina es otro factor importante, esto no ayuda a recomendar al cliente en algunos casos el reemplazo de un aceite con mayor viscosidad en un sistema que tenga mayor cantidad de horas por el desgaste propios de la vida útil y con esto prolongar la operación de la máquina hasta la próxima reparación general (Overhaul).

5.6.2 PRUEBAS FINALES DE MONITOREO

Se realizaron las pruebas finales del monitoreo satelital:

a) Ubicación geográfica de las máquinas



Figura 5.20 Ubicación geográfica de las máquinas

En la Figura 5.20, se aprecia la ubicación geográfica de la máquina, esto permite, calcular tiempos de atención a los clientes con los repuestos y servicios requeridos, de acuerdo al plan de operación y mantenimiento, optimizando la planificación del tiempo para la corrección de fallas y garantizando la operatividad de la máquina.

b) Alertas encontrados en la máquina

Todos los Equipos > Buscar: "jpa00392" > 1 Resultados

Flota	Alertas	Alarmas	Mantenimiento	Utilización	Administración
Alertas Resumen		12 01/Jul/2013 - 01/Oct/2013			
Número de...	Denominación	Tipo de Alerta	Descripción	Fecha	
-	No hay resultados				

Figura 5.21 Alertas encontrados en la máquina

En la Figura 5.21, las alertas proporcionan la información cuando esta máquina se encuentra inoperativa por un sistema de protección, por una falla eléctrica o por una falla mecánica (presión, temperatura, velocidad) y esta alerta sólo puede desaparecer cuando la máquina sea evaluada en campo y por técnicos especialistas, en la Figura 5.21 no se aprecia alertas, debido a que la máquina se encuentra en condiciones operativas.

c) Códigos de Error/ Fallas

Códigos de Error/Fallas		17/Sep/2013 - 01/Oct/2013		Mostrar: Todas				
Número de...	Total	Descripción	Origen	Código	Fecha	Gravedad	Ubicac	
JPA00392	10							
		Freno de estacionamiento conectado con la máquina en	Transmisión 928	EID:627	30/Sep/2013 4:19 p	Medio	N/A	
		Freno de estacionamiento conectado con la máquina en	Transmisión 928	EID:627	30/Sep/2013 8:45 a	Medio	N/A	
		Interruptor de pedal de marcha lenta: Voltaje sobre normal	Transmisión 928	CID:1484 FMI:3	27/Sep/2013 4:04 p	Medio	N/A	
		Freno de estacionamiento conectado con la máquina en	Transmisión 928	EID:627	27/Sep/2013 2:21 p	Medio	N/A	
		Freno de estacionamiento conectado con la máquina en	Transmisión 928	EID:627	26/Sep/2013 3:05 p	Medio	N/A	
		Alerta rueda libre en punto muerto	Transmisión 928	EID:49	26/Sep/2013 2:25 p	Medio	N/A	
		Freno de estacionamiento conectado con la máquina en	Transmisión 928	EID:627	25/Sep/2013 11:39	Medio	N/A	
		Interruptor de pedal de marcha lenta: Voltaje sobre normal	Transmisión 928	CID:1484 FMI:3	22/Sep/2013 10:37	Medio	N/A	
		Freno de estacionamiento conectado con la máquina en	Transmisión 928	EID:627	20/Sep/2013 2:40 p	Medio	N/A	
		Interruptor de pedal de marcha lenta: Voltaje sobre normal	Transmisión 928	CID:1484 FMI:3	17/Sep/2013 1:37 p	Medio	N/A	
		Presión alta de combustible	Motor	EID:96	17/Sep/2013 10:01	Baja	N/A	

Figura 5.22 Códigos de error/fallas en la última quincena (Sep-2013)

En la Figura 5.22, se aprecia el resumen de los códigos o eventos reportados en la última quincena de setiembre del 2013 para la motoniveladora 140K CAT con serie JPA00392, esta máquina tiene sistemas electrónicos, de la transmisión, sistema hidráulico y motor, y cuenta con los diferentes sensores e indicadores. Los llamados códigos registrados, son fallas de los componentes eléctricos como sensores, actuadores o interruptores, los cuales generan los llamados códigos registrados y/o activos, que dependiendo de la

severidad pueden incluso paralizar la máquina porque vulnera la integridad del equipo y de las personas del entorno, también se reportan los llamados eventos registrados, que son parámetros que se encuentran fuera del rango especificado por fábrica, como velocidades, presiones, temperaturas, estos eventos se muestran en diferentes niveles de criticidad <1-4>, 4 es el nivel más crítico, siendo el nivel 1, obstrucción de filtros por suciedad, niveles 2 como por ejemplo fallas en la presión del freno por problemas de desconocimiento de la operación de la máquina pero no siendo de gravedad, es decir la máquina puede continuar operando.

Estos indicadores nos muestran que un componente puede estar fallando, así como también se pueden predecir problemas en la correcta operación de la máquina, esto trae consigo problemas en sobrecarga de la máquina, ocasionando presiones y temperaturas sobre normal y llevando el desgaste prematuro de componentes y acortando la vida útil de la máquina.

Generalmente la gran mayoría de eventos reportados son por problemas de operación de la máquina, es nuestra responsabilidad como distribuidores oficiales de la marca Caterpillar entrenar, capacitar y certificar a los operadores de las diferentes máquinas.

En la figura 5.22, se muestra el código registrado CID:1484 FMI:3 (voltaje sobre lo normal de un interruptor), también se aprecia el suceso o evento EID:627 (Freno de estacionamiento conectado con la máquina en marcha) este último debido a una falla en la operación del equipo.

d) Administración de las alertas y códigos de fallas

La licencia proporcionada al cliente permite tener un enlace entre las alertas y códigos de falla y el correo electrónico personal del cliente, donde estos códigos dependiendo de la gravedad, informarán al cliente tomando una acción inmediata.

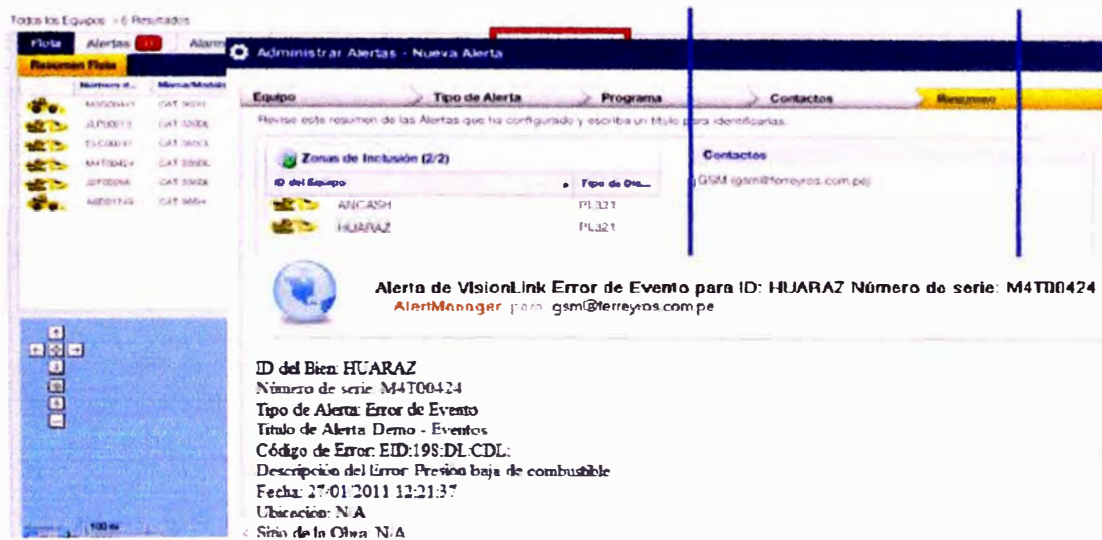


Figura 5.23 Administración de las alertas y códigos de falla

Se aprecia en la Figura 5.23 el enlace entre el sistema de monitoreo satelital (Vision Link) y el correo electrónico personal del cliente donde se reportan y registra el código de alerta registrado, indicando la fecha, hora de ocurrencia, el código y la descripción del error, con esta información el cliente solicitaría la atención para la inspección de la maquina a la sala de monitoreo satelital implementada.

e) El horómetro y mantenimiento de la máquina

Mediante el horómetro de la máquina y el cuadro del mantenimiento actualizado podremos obtener la planificación y los registros históricos de las observaciones encontrados en cada servicio preventivo así como programar los servicios de acuerdo a las horas de operación de la máquina.

Todos los Equipos > Buscar: "jpa00392" > 1 Resultados


Flota	Alertas	Alarmas	Mantenimiento	Utilización	Administración	Vista:			Mostrar:
Resumen Mantenimiento						Mostrar: Todos			
Número de...	Marca/Mo...	Horas	Total	Siguent...	Servicio a Realizarse			Estado	Ubicación
					Horas	Millas	Días		
 JPA00392	CAT 140K	5,579	4						Sivia-Llochegua, Perú
				PM3000	-2.579	N/A	0	Vencido	
				PM 2	-5.079	N/A	0	Vencido	
				PM 3	-4.579	N/A	0	Vencido	
				PM 2F	-5.079	N/A	0	Vencido	
				PM100F	-5.479	N/A	0	Vencido	
				PM 4	-3.579	N/A	0	Vencido	

Figura 5.24 Cuadro del control del mantenimiento del equipo

En la Figura 5.24 se muestra el cuadro de control de mantenimientos con respecto al horómetro actual de la máquina, también se indica las horas a las cuales debió realizarse en la columna de servicio a realizarse, y el estado actual de Vencido.

f) Operación de la máquina



Figura 5.25 Utilización del equipo y eficiencia de operación

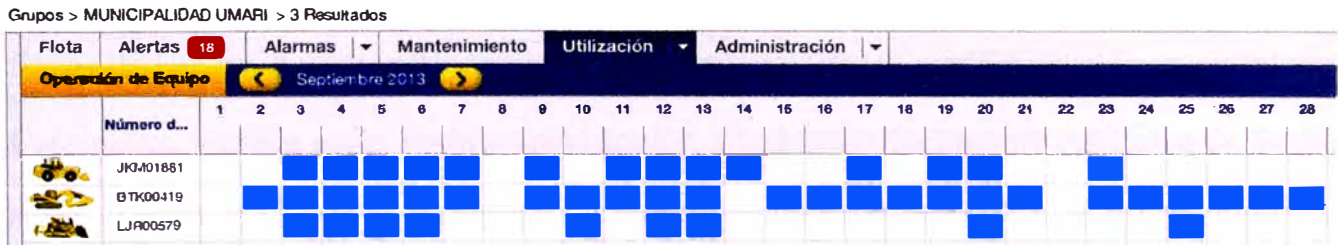


Figura 5.26 Operación de la máquina por días trabajados

En las figuras 5.25 y 5.26 se aprecia la utilización del equipo y los tiempos de operación por día de las máquinas, esto en conjunto para controlar el trabajo inicialmente planificado y analizar el rendimiento del operador con respecto a la carga laboral establecida.

5.6.3 EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO SIN EL SISTEMA DE MONITOREO SATELITAL

Generalmente cuando el cliente solicita la realización del mantenimiento de su máquina, se requiere información básica de la máquina como las horas de operación, último servicio de mantenimiento, último ajuste o calibración, reparaciones previas, fallas constantes, etc. Los trabajos realizados por requerimiento están sujetos a una evaluación de la máquina, donde se detectan comúnmente fallas por operación de la máquina, códigos de error, eventos registrados, descuido del mantenimiento de acuerdo al manual de operación y mantenimiento con respecto a las horas de uso, falta de calibración, falta de ajuste, o reemplazo de aceite no recomendado realizado por el operador, empleo de filtros de una marca alternativa que no garantiza el correcto performance en maquinarias Caterpillar, y todos estos hechos encontrados, pueden ser fácilmente cubiertos de forma entera o total, con aplicar el manual del fabricante y recomendaciones según las horas de operación.

El realizar este tipo de mantenimiento encarece el costo de la producción, debido a que por la falta de mantenimiento y ajustes conlleva a mantenimientos correctivos, limpieza del sistema, reparaciones, evaluaciones periódicas, seguimiento continuo, capacitación a los operadores, etc.

Finalmente, por el tiempo dejado de producir por realizar un mantenimiento más exhaustivo, no es lo que al final buscamos en nuestros clientes, sino, garantizar en todo momento la correcta operatividad y mantenibilidad de la máquina.

5.6.4 EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO CONSIDERANDO EL SISTEMA DE MONITOREO SATELITAL

Si nosotros comparamos los beneficios que nos proporciona un sistema de monitoreo de nuestras máquinas, y sabiendo en todo momento el trabajo útil expresado en horas, consumo de combustible y seguimiento constante de la correcta operación, el servicio de mantenimiento se adecua a la forma ideal de trabajo establecido por el fabricante.

Adicionalmente al sistema de monitoreo satelital (Vision Link), se ha complementado el programa APA (Análisis de Aceite Programado) donde virtualmente el cliente tiene el acceso a la información de los resultados de los análisis y explicar el índice de desgaste de los componentes de sistema de motor, transmisión, hidráulico, traslación, rotación, refrigeración, combustible, etc.

Este programa de monitoreo establece los repuestos recomendados para cada mantenimiento preventivo específico, tales como filtros, aceites, aditivos, también nos indica los análisis de aceite necesarios dependiendo cada tipo de mantenimiento y los ajustes y calibraciones necesarios en cada tipo de máquina, orientando en todo momento al cliente a estar un paso adelante para el requerimiento del servicio de mantenimiento haciendo eficiente el cuidado de la máquina y evitando así tiempos muertos en la producción.

Adicionalmente al cliente mediante este programa le ofrece información fundamental como la ubicación de la máquina en todo momento para detectar un posible robo, también informa del tiempo que realmente está trabajando la máquina, cuanto

combustible está consumiendo el motor, la condición en todo momento mediante la administración de las alertas, ofrece un historial de la operación y del mantenimiento.

Mediante la implementación de un sistema de monitoreo satelital aplicado al mantenimiento de la maquinaria Caterpillar, el negocio de nuestros clientes sería mucho más rentable con el adecuado control de los costos y de la productividad de sus máquinas.

CONCLUSIONES

- 1) Ha sido posible la implementación de un sistema de monitoreo satelital de 10 máquinas Caterpillar.
- 2) A través de la implementación del sistema de monitoreo satelital, se logró mejorar la efectividad del mantenimiento en las máquinas que tienen motores mecánicos y motores electrónicos, lo que condujo a reducir los tiempos de paradas de máquinas.
- 3) Se obtuvieron los costos de instalación y adquisición de la licencia que permite al cliente realizar el monitoreo de sus máquinas. También se estableció la estructura de costos para poder comercializar las licencias de adquisición e implementación del sistema dentro del área de atención del distribuidor autorizado.
- 4) El sistema de monitoreo satelital permite contar con un línea de ejecución de actividades correspondientes a cada mantenimiento en concordancia con lo establecido por la fábrica de la maquinaria. Dicha línea de ejecución de actividades se puede visualizar en el entorno virtual del sistema -Vision Link- y permite reducir el tiempo de requerimiento de los repuestos, como filtros, aceites, y con los datos autogenerados

permite contar con un stock permanente de repuestos para atender a varias máquinas del mismo modelo y reducir tiempos de espera por la llegada o disponibilidad de repuestos de proveedores locales o extranjeros.

5) Al realizar las pruebas de monitoreo, se encontraron casos que registraban códigos de error o fallas en las máquinas, esto significa que operaban con parámetros fuera del rango establecido por el fabricante y en la gran mayoría por defectos en la operación de la máquinas. Esto último sirvió para capacitar a cada uno de los operadores y puedan operar las máquinas en forma apropiada.

6) Mediante la implementación y uso del sistema de monitoreo satelital se ha mejorado el mantenimiento de la maquina, se ha logrado la estandarización de los tiempos de ejecución de las actividades en cada tipo de mantenimiento lo que ha permitido desarrollar un programa de mantenimiento preventivo con un costo diferenciado a partir de paquetes de ocho mantenimientos periódicos con márgenes de utilidad rentables y a un menor costo, debido a que se asiste al cliente en todo momento por un lapso de dos mil horas de operación en cada máquina.

7) El sistema de monitoreo satelital permite tener los datos en tiempo real, lo que permite tomar decisiones rápidas y eficientes. Esta tecnología constituye un concepto moderno de cómo monitorear y usar el mantenimiento de la maquinaria pesada.

8) Se determinó la unidad de medición de la rentabilidad del cliente basada en la eficiencia, en término del tiempo de trabajo efectivo de la máquina para los trabajos diarios con respecto al factor de carga de la máquina, siendo posible su monitoreo con el sistema satelital. Mejores valores de dicho índice se deben al correcto funcionamiento de la máquina, es decir el haber seguido el mantenimiento adecuado y las inspecciones para obtener la mayor disponibilidad del equipo.

RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda vincular más a los clientes con los operadores sobre el estado de las máquinas de modo que adquieran un compromiso de participación y colaboración frente a los cambios y cuidados que requiere el mantenimiento de una máquina equipada con alta tecnología y con funcionamiento electrónico.

- 2) Es importante implementar el uso de una hoja de chequeo de actividades de inspección (o Check List), de modo que su uso sea en forma continua, inspeccionando y registrando hechos del estado físico funcional de las partes y componentes principales de cada máquina.

- 3) Es recomendable que el operador cuente con tecnología de comunicación que agilice la generación de un pedido mecánico de repuestos y generación de las ordenes de servicio, de una falla detectada por el operador; una de estas tecnologías, por ejemplo, puede ser un ordenador portátil con internet; esto evitará que el encargado de cada máquina se traslade entre los frentes de trabajo generando pérdida de tiempo de producción.

4) Es recomendable propiciar la venta de maquinaria pesada nueva que incluya su monitoreo satelital, esto enfocado al aumento de la competitividad. La evidencia del desempeño de los sistemas de mantenimiento probados permite mostrar resultados confiables en la operación de la maquinaria.

5) También es recomendable que se promueva la acción responsable de todos los que intervienen en el proceso de mantenimiento y se establezca una adecuada cadena de información, con la finalidad de que cada involucrado en el proceso productivo, es decir, el fabricante, el distribuido oficial de la maquinaria, el usuario o cliente, reconozcan sus competencias y obligaciones en los diferentes procesos. Esto ayudará a contar con buenos repuestos, buen mantenimiento, buena operación, buenas reparaciones, buena logística y por lo tanto conseguir efectividad y eficiencia.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALARCON DIAZ, Alcides Roberto. Programa general de mantenimiento de maquinaria pesada de una empresa constructora. Lima-Universidad Nacional de Ingeniería, Tesis profesional., 1995.
2. AYESTA CASTRO, Augusto. Mantenimiento de maquinaria pesada Caterpillar. Lima, Colegio de Ingenieros del Perú., 1994.
3. GUIA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCION DE LOS PROYECTOS (GUIA DEL PMBOK). Gestión de las Adquisiciones, USA, Global Standard., 2008.
4. HERBERT L. Nichols. Manual de reparación y mantenimiento de maquinaria pesada. México, McGraw-Hill., 1993.
5. LEE, Joy. Root Cause Failure Analysis. USA, <http://www.reliability.com/art>, Internet., 2013.

6. PITTMAN MAGUIÑA, Fredy Alberto: Diseño e implementación de un plan estratégico para efectivizar la organización de un taller de servicio de maquinaria pesada. Lima-Universidad Nacional de Ingeniería, Informe de suficiencia., 2012.
7. PRANDO R. Raúl. Manual de gestión del mantenimiento a la medida. Guatemala, Piedra Santa, 1996., Cap. 5 (pág. 61 y 62).
8. ROOB, Louis A. Diccionario para Ingenieros Español-Inglés e inglés-español. México, Compañía Editorial Continental S.A., 1986.
9. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA. Seminario de actualización profesional: Nuevas tecnologías y aplicaciones en maquinaria pesada. Lima, UNI., 2010.

ANEXOS

1. INFORMACIÓN TÉCNICA DE LAS MÁQUINAS DE CONSTRUCCIÓN EMPLEADAS EN EL SISTEMA DE MONITOREO SATELITAL

1.1 EXCAVADORA HIDRÁULICA MODELO 320DL

Engine		
Engine Model	Cat® C6.4 ACERT™	
Net Flywheel Power	110 kW	148 hp
Net Power – ISO 9249	110 kW	148 hp
Net Power – SAE J1349	110 kW	148 hp
Net Power – EEC 80/1269	110 kW	148 hp
Bore	102 mm	4.02 in
Stroke	130 mm	5.12 in
Displacement	6.4 L	399 in ³
<ul style="list-style-type: none"> The 320D meets U.S. EPA Tier 3 emissions requirements. Net flywheel power advertised is the power available at the flywheel when the engine is equipped with an air cleaner, muffler and alternator. No engine power derated below 2306 m (7,500 ft). 		
Weights		
Operating Weight – Std. Undercarriage	20 330 kg	44,820 lb
<ul style="list-style-type: none"> Reach boom, R2.981 (9 ft 6 in) Stick, 0.9 m³ (11.18 yd³) Bucket, 600 mm (24 in) Shoes 		
Operating Weight – Long Undercarriage	21 570 kg	47,554 lb
<ul style="list-style-type: none"> Reach boom, R2.981 (9 ft 6 in) Stick, 0.9 m³ (11.18 yd³) Bucket, 600 mm (24 in) Shoes 		
Service Refill Capacities		
Fuel Tank Capacity	410 L	108 gal
Cooling System	25 L	6.6 gal
Engine Oil	30 L	8 gal
Swing Drive	8 L	2.1 gal
Final Drive (each)	8 L	2.1 gal
Hydraulic System (including tank)	260 L	69 gal
Hydraulic Tank	120 L	32 gal
Hydraulic Tank (including suction pipe)	138 L	36 gal
Swing Mechanism		
Swing Speed	11.5 rpm	
Swing Torque	61.8 kN·m	45,612 lb ft

Drive		
Maximum Drawbar Pull	205 kN	46,311 lb
Maximum Travel Speed	5.5 kph	3.4 mph
Hydraulic System		
Main Implement System – Maximum Flow (2x)	205 L/min	54 gal/min
Max. pressure – Equipment	35 000 kPa	5,076 psi
Max. pressure – Equipment – Heavy	35 000 kPa	5,076 psi
Max. pressure – Travel	35 000 kPa	5,076 psi
Max. pressure – Swing	24 500 kPa	3,553 psi
Pilot System – Maximum flow	22.4 L/min	9 gal/min
Pilot System – Maximum pressure	2900 kPa	566 psi
Boom Cylinder – Bore	120 mm	4.7 in
Boom Cylinder – Stroke	1260 mm	49.6 in
Reach Stick Cylinder – Bore	140 mm	5.5 in
Mass Stick Cylinder – Bore	140 mm	5.5 in
Reach Stick Cylinder – Stroke	1518 mm	59.8 in
Mass Stick Cylinder – Stroke	1504 mm	59.2 in
B1 Family Bucket Cylinder – Bore	120 mm	4.7 in
B1 Family Bucket Cylinder – Stroke	1104 mm	43.5 in
CB2 Family Bucket Cylinder – Bore	135 mm	5.3 in
CB2 Family Bucket Cylinder – Stroke	1156 mm	45.5 in

Sound Performance

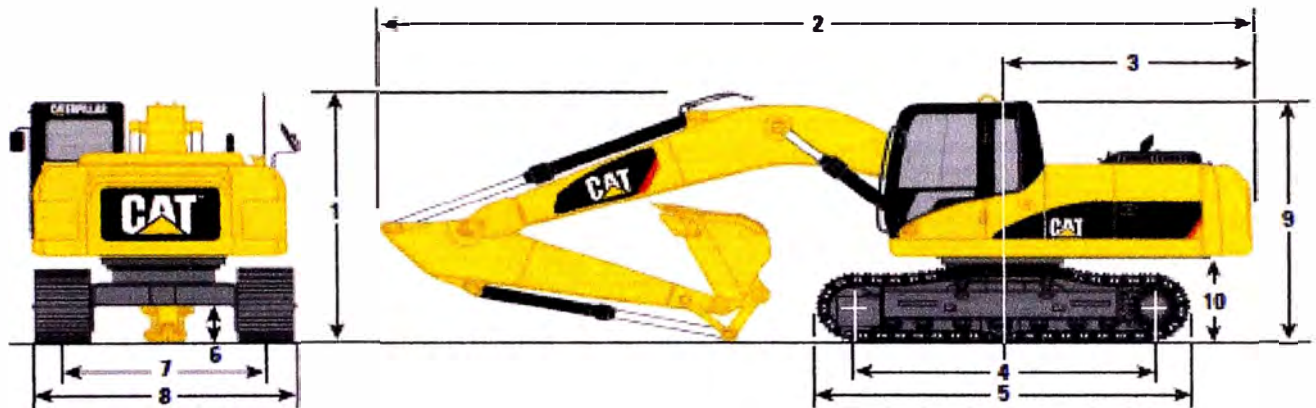
Performance ANSI/SAE J1166 APR 90

- When properly installed and maintained, the cab offered by Caterpillar, when tested with doors and windows closed according to ANSI/SAE J1166 DCT 98, meets OSHA and MSHA requirements for operator sound exposure limits in effect at time of manufacture.
- Hearing protection may be needed when operating with an open operator station and cab (when not properly maintained or doors/windows open) for extended periods or in noisy environment.

Standards

Dimensions

All dimensions are approximate.



Boom Options	Reach 5.68 (18'7")	Reach 5.68 (18'7")	Reach 5.68 (18'7")	Mass 5.2 m (17'1")	Super Long Reach 8.85 m (29'1")
Stick Options	R3.9B1 m (12'8")	R2.9B1 m (9'7") Std/SA	R2.5B1 m (8'2") Std/SA	M2.4CB2 m (7'10")	6.28 m (20'7")
1 Shipping Height	*3740 mm (12'3")	3030 mm (9'11")	3050 mm (10'0")	3280 mm (10'9")	3190 mm (10'6")
2 Shipping Length	9440 mm (31'0")	9460 mm (31'0")	9460 mm (31'0")	9050 mm (29'8")	12 680 mm (41'7")
3 Tail Swing Radius	2750 mm (9'0")	2750 mm (9'0")	2750 mm (9'0")	2750 mm (9'0")	2750 mm (9'0")
4 Length to Center of Rollers					
Standard	3265 mm (10'9")	3265 mm (10'9")	3265 mm (10'9")	3265 mm (10'9")	n/a
Long	3650 mm (12'0")	3650 mm (12'0")	3650 mm (12'0")	3650 mm (12'0")	3650 mm (12'0")
5 Track Length					
Standard	4075 mm (13'4")	4075 mm (13'4")	4075 mm (13'4")	4075 mm (13'4")	n/a
Long	4455 mm (14'7")	4455 mm (14'7")	4455 mm (14'7")	4455 mm (14'7")	4455 mm (14'7")
6 Ground Clearance	450 mm (1'6")	450 mm (1'6")	450 mm (1'6")	450 mm (1'6")	450 mm (1'6")
7 Track Gauge					
Standard	2200 mm (7'3")	2200 mm (7'3")	2200 mm (7'3")	2200 mm (7'3")	n/a
Long	2380 mm (7'10")	2380 mm (7'10")	2380 mm (7'10")	2380 mm (7'10")	2380 mm (7'10")
8 Transport Width	800 mm Shoes	700 mm Shoes	600 mm Shoes		800 mm Shoes
Standard	3000 mm (9'10")	2900 mm (9'6")	2800 mm (9'2")	2800 mm (9'2")	2800 mm (9'2")
Long	3180 mm (10'5")	3080 mm (10'1")	2980 mm (9'9")	2980 mm (9'9")	2980 mm (9'9")
9 Cab Height	2950 mm (9'8")	2950 mm (9'8")	2950 mm (9'8")	2950 mm (9'8")	2950 mm (9'8")
10 Counterweight Clearance	1020 mm (3'4")	1020 mm (3'4")	1020 mm (3'4")	1020 mm (3'4")	1020 mm (3'4")

1.2 RODILLO COMPACTADOR VIBRATORIO DE SUELO MODELO CS533E

Drum and Vibratory System Specifications

Drum width	2134 mm	84"
Drum shell thickness	25 mm	1"
Drum diameter		
CS-533E	1534 mm	60.4"
CP-533E	1293 mm	51"
Drum diameter (over steel pads) CP-533E	1549 mm	61"
Standard pads (CP-533E only)		
Number of pads	140	
Pad height	127 mm	5"
Pad face area	89.4 cm ²	13.9 in ²
Number of chevrons	14	
Eccentric weight drive	Hydrostatic	
Weight of Drum (with ROPS/FOPS canopy)		
CS-533E	5570 kg	12,280 lb
CP-533E	6240 kg	13,760 lb
Static Linear Load*		
CS-533E	26.1 kg/cm	146 lb/in
*Motor: 380P-28746, base: VM2		
Frequency		
CS-533E (high amplitude)	31 Hz	1860 vpm
CS-533E (low amplitude)	39 Hz	2040 vpm
CP-533E	31.9 Hz	1914 vpm
Nominal Amplitude		
High (CS-533E)	1.8 mm	0.071"
High (CP-533E)	1.7 mm	0.067"
Low	0.85 mm	0.033"
Centrifugal Force		
Maximum (CS-533E)	254 kN	52,600 lb
Maximum (CP-533E)	266 kN	60,000 lb
Minimum	133 kN	30,000 lb

Engine

Four-stroke, five cylinder Caterpillar 3054C turbocharged diesel engine. Meets U.S. EPA Tier 2 and European EU Stage II emissions control standards worldwide.

Ratings at	RPM	kW	hp
Gross power	2200	97	130

Ratings of Caterpillar machine engines are based on standard air conditions of 25°C (77°F) and 100 kPa (29.61" Hg) dry barometer. Power is based on using API gravity of 35 at 15°C (60°F), fuel having a LHV of 42 780 kJ/kg (18,390 Btu/lb) used at 30°C (86°F) [ref. a fuel density of 838.9 g/L (7.001 lb/U.S. gal)]. Net power advertised is the power available at the flywheel when the

No derating required up to 2500 m (8200') altitude. The following ratings apply at 2200 RPM when tested under the specified standard conditions:

Net Power	kW	hp
EPC 801269	95	127
ISO 9249	93	125
SAE J1349	92	124

Dimensions

Bore	103 mm	4.13"
Stroke	127 mm	5"
Displacement	4.4 liters	269 cu. in.

Dual-element, dry-type air cleaner with visual restriction indicator, glow plug starting aid and fuel/water separator are standard.

Transmission

Two variable displacement piston pumps supply pressurized flow to two dual displacement piston motors. One pump and motor drives the drum/propel system while the other pump and motor drives the rear wheels. The dual pump system ensures equal flow to the drive motor regardless of the operating condition. In case the drum or wheels lose traction, the other motor can still build additional pressure to provide added torque.

The drive motors have two swashplate positions allowing operation at either maximum torque for compaction and gradability or greater speed for moving around the job site. A rocker switch at the operator's console triggers an electric over hydraulic control to change speed ranges.

Max. speeds (forward and reverse)	
Low range	8.9 km/h - 4.9 mph
High range	12.0 km/h - 7.5 mph

Final Drives and Axle

Final drive is hydrostatic with planetary gear reducer to the drum and hydrostatic with differential and planetary gear reduction to each wheel.

Axle:

Heavy-duty fixed rear axle with a limited slip differential for smooth and quiet torque transfer.

Tires:

CS-533E: 23.1" x 26" 8-ply flotation
CP-533E: 23.1" x 26" 8-ply traction

Operator and Machine Protective Equipment

Roll Over Protective Structure/Falling Object Protective Structure (ROPS/FOPS) canopy is a two-post structure that bolts directly onto flanges welded to the operator platform. The structure meets SAE J1040 and SAE J231, ISO 3449 and ISO 3471. This structure may be an option in some areas and standard in others. Consult your dealer for specifics.

Backup Alarm — 107 dB(A) alarm sounds whenever the machine is in reverse.

Forward Warning Horn — located on the front of machine to alert ground personnel.

Seat Belt — 76 mm (3") wide seat belt is standard.

Instrumentation

The instrument panel is located in front of the operator and features a warning system that constantly monitors various machine systems; alerts the operator if a problem does occur with a light and an audible warning horn. Warning system includes: Low Engine Oil Pressure, High Engine Coolant Temperature, High Hydraulic Oil Temperature and Low Charge System Pressure. Instrumentation also includes an Alternator Malfunction Light, Service Hour Meter and Fuel Gauge.

Electrical

The 24-volt electrical system consists of two maintenance-free Cat batteries, electrical wiring is color-coded, numbered, wrapped in vinyl-coated nylon braid and labeled with component identifiers. The starting system provides 750 cold cranking amps (cca). The system includes a 55-amp alternator.

Service Refill Capacities

	Liters	Gallons
Fuel tank (useable)	180	47
Total capacity	200	53
Cooling system	19	5
Engine oil w/ filter	9	2.4
Eccentric weight housings	26	6.9
Axle & final drives	18	4.8
Hydraulic tank	60	16
Hyd. filtration system (pressure type)		

Frame

Fabricated from heavy gauge steel plate and rolled sections and joined to the drum yoke at the articulation pivot. Articulation area is structurally reinforced and joined by hardened steel pins. One vertical pin provides a steering angle of $\pm 34^\circ$ and a horizontal pin allows frame oscillation of $\pm 15^\circ$. The articulation lock prevents machine articulation when placed in the locked position. Sealed-for-life hitch bearings require no maintenance. Frame also includes tie-down points for transport.

Brakes

Service brake features

- Closed-loop hydrostatic drive system provides dynamic braking during operation.

Secondary brake features*

- Spring-applied hydraulically-released multiple disc type brake mounted on the drum drive gear reducer. Secondary brakes are activated by: a button on the operator's console; loss of hydraulic pressure in the brake circuit; or when the engine is shut down. A brake interlock system helps prevent driving through the secondary brake.

*Additional sold within the European Union are also equipped with rear axle brakes. Braking system meets SAE J1472 and EN 5004.

Steering

A priority-demand hydraulic power-assist steering system provides smooth low-effort steering. The steering system has priority over other hydraulic functions.

Minimum turning radius:

Inside	3.68 m (12' 1")
Outside	5.81 m (19' 1")

Steering angle:

(each direction) $\pm 34^\circ$

Oscillation angle:

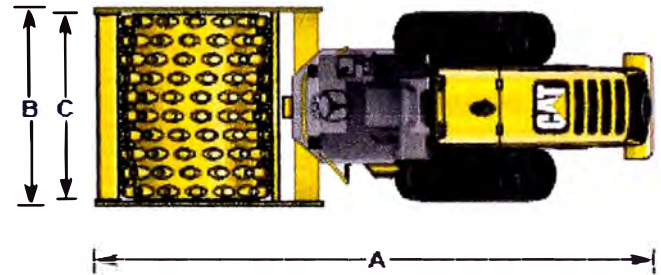
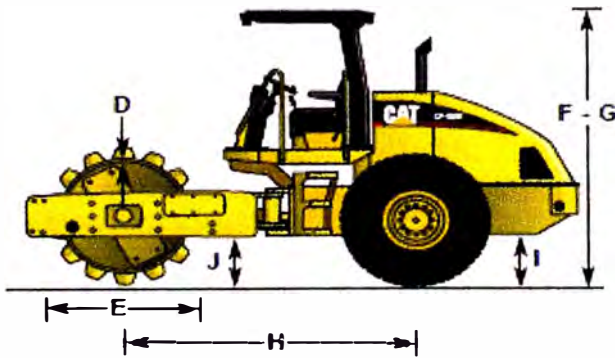
(each direction) $\pm 15^\circ$

Hydraulic system:

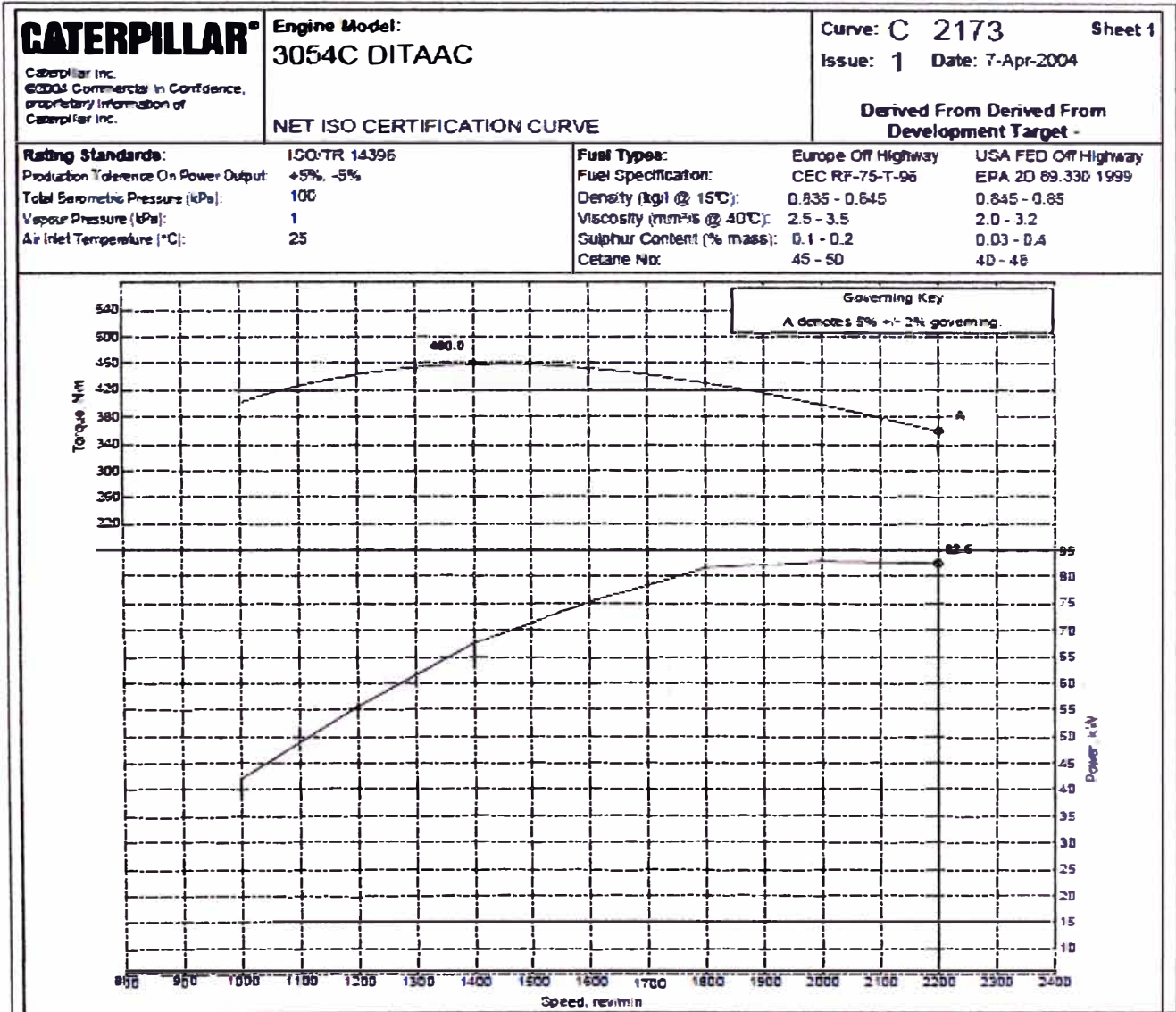
Two 76 mm (3") bore, double-acting cylinders powered by a gear-type pump.

Dimensions

	CS-533E		CP-533E	
A Overall length	5.51 m	18' 1"	5.51 m	18' 1"
B Overall width	2.29 m	7' 6"	2.29 m	7' 6"
C Drum width	2.13 m	7'	2.13 m	7'
D Drum shell thickness	25 mm	1"	25 mm	1"
E Drum diameter	1534 mm	60.4"	1295 mm	51"
Drum diameter over std. pads	—	—	1549 mm	61"
F Height at ROPS/FOPS canopy	3.06 m	10' 1"	3.07 m	10' 1"
G Height at ROPS/FOPS cab	3.07 m	10' 1"	3.07 m	10' 1"
H Wheelbase	2.90 m	9' 6"	2.90 m	9' 6"
I Ground clearance	543 mm	21.4"	543 mm	21.4"
J Curb clearance	521 mm	20.5"	521 mm	20.5"
Inside turning radius	3.68 m	12' 1"	3.68 m	12' 1"
Outside turning radius	5.81 m	19' 1"	5.81 m	19' 1"



1.3 CURVA DE POTENCIA DEL MOTOR MECÁNICO 3054C, APLICABLE A LOS RODILLOS COMPACTADORES MODELO CS533E



**1.4 CURVA DE POTENCIA DEL MOTOR ELECTRÓNICO ACERT C7,
APLICABLE A LAS MOTONIVELADORAS 120K, EXCAVADORAS 324DL, Y
CARGADORES FRONTALES 950H.**

Test Spec:	UOM	0K9569	0K9570	0K9571
<input type="button" value="Submit"/> <input type="button" value="Reset"/>		┌	┌	┌
Make From Spec:				
Subsidiary Code:		GN	GN	GN
Appl Code:		null	null	null
Test Power:	Hp	138	148	158
Adv Power:	Hp	125	135	145
Speed:	RPM	2000	2000	2000
Generator:	EKW			
Rated RPM:		2000	2000	2000
Hi Idle RPM:		2150	2150	2150
Lo Idle RPM:		800	800	800
FL ST Fuel:	In	0.299	0.311	0.317
FT ST Fuel:	In	0.415	0.449	0.457
Fuel Rate:	GAL/HR	7.6	7.9	8.3
CSFC:	LB/HP.H	0.39	0.38	0.37
Boost:	IN_HG	38.8	37.0	39.1
Power PL:				
Perf Ref No.:				
Trise:	RPM	1000	1000	1200
Trise:	%	39.8	40.9	39.7
Torque:	LB.FT	506	545	580
TC F Rate:	GAL/HR	5.0	5.0	6.0
TC CSFC:	LB/HP.H	0.37	0.37	0.36
TC Boost:	IN_HG	17.0	18.1	28.7
FL Oil P:	PSI	46	46	45
LI Oil PR:	PSI	21	21	24
Aftercooler Type:		AAAC	AAAC	AAAC
Wtr T To SCAC:	F	0	0	0
Ex Manifold Type:		DRY	DRY	DRY
Max Alt:	FT	7500	7500	7500

Timing BTDC:	DEG	0.0	0.0	0.0
TC GP/CAM P/N:				
FP/GOV P/N:		2681839	2681839	2681839
Fuel Pump Type:		HUI	HUI	HUI
Governor Type:		ELEC	ELEC	ELEC
Gov Spr P/N:				
Spring Rate:	LB/IN	0.0	0.0	0.0
Turbo Hsgs P/N:		2507696	2507696	2507696
Fuel Valve P/N:				
Unit Injector P/N:		2638218	2638218	3879427

2. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RITMO 5 APLICADO PARA LAS MÁQUINAS

Este programa fue elaborado y basado como una mejora del mantenimiento preventivo para las maquinas mediante un costo diferenciado en la venta de repuestos y servicios, este programa se convierte en una alternativa orientada a la mejora de la disponibilidad y mantenibilidad de las máquinas.

1. Elige la familia del equipo. → 2. Click para seleccionar el modelo base. → 3. Click para seleccionar el Prefijo. → 4. Seleccionar CIS Fluidos Seleccionar el Plan de Mantenimiento.

Familia
 Compactador Vibratorio de Suelo
 Compactadores Neumáticos
 Excavadoras Hidráulicas
 Minicargadores
 Motoniveladoras
 Pavimentadoras

1. Modelo Base 120 **2. Prefijo** JAP

Fluidos:
 Con Fluidos
 Sin Fluidos

Planes:
 Plan Básico
 Plan Max.
 Plan Superior
 Plan Premium

3. Generar Tarifa
4. Detalle de Partes

Familia	Modelo	Prefijo	Accesorios	Plan
Motoniveladoras	120K	JAP	Con Fluidos	Plan Premium

1	2	3	4	5	6	7
Servicio a Facturar (Evento)	Kil de Repuestos Necesarios para el PM	Fluidos	Tarifa para el Servicio Contratado	Total por Evento	Cantidad de Eventos en 2000 Hrs	Gran Total Por Evento
PM 1	92.14	60.53	272.61	425.28	4	1701.12
PM 2	355.04	60.53	399.61	805.18	2	1610.36
PM 3	410.13	173.58	709.60	1293.31	1	1293.31
PM 4	506.86	849.30	902.80	2258.96	1	2258.96
Total(USD):						6863.76
USD/Hr:						3.43

Beneficios:

Servicios: Programa con duración de 2000 Hrs. Ejecución del PM 250, 500, 1000 y 2000 Hrs.

Repuestos: (Opcional) Suministro de aceites para los PMs 250, 500, 1000 y 2000. Abastecimiento de repuestos para Los PMs. No incluye Grasas ni refrigerante.

Valor Agregado: Monitoreo y Consultoría basada en análisis de aceite SOS*, TA1, TA2 y SEC. Evaluación técnica TA1 a las 1000 Hrs y TA2 a las 2000 Hrs. Evaluación SEC para tren de rodado cada 1000 Hrs.

Ademas:
 Acceso al E-Parts y SIS Web e
 Historial de reparaciones
 * SOS de motor a 250 Hrs
 * SOS de otros compartimientos a 500 Hrs.




Figura A.1 Detalla de los diversos planes de mantenimiento para cada modelo de máquina, con costos estandarizados

Se aprecia en la Figura A.1 Las tarifas establecidas por el costo de cada tipo de mantenimiento como es el de 250 horas de operación o también llamado PM1, el de 500 horas (PM2), el de 1000 horas (PM3) y el de 2000 horas (PM4). Estas tarifas son correspondientes al servicio de mano de obra y repuestos incluyendo los análisis de aceite programado (APA).

Detalle de Partes Planes de Mantenimiento R - 5						
Familia	Excavadoras Hidráulicas					
Modelo	320D L	Excavadoras Hidráulicas 320D L A8F				
Prefijo	A8F					
Detalle categoría	Repair Option - Qty	Detalle de Trabajo	Partes	Descripción	Unit	Frec
05 Preventive Maintenance w/o Fluids						
7501 540	PM 1	PERFORM - 1 -	1260 510	PM1 - PRIMARY FUEL FILTER REPLACE		
				000 2208678 - Caterpillar SEAL-RING	1	250 500
				000 3261644 - Caterpillar FILTER AS	1	250 500
			1261 510 3RD	PM1 - FUEL FILTER REPLACE THIRD		
				000 1R0751 - Caterpillar Filter as-fuel	1	250 500
			1261 510 SE	PM1 - FUEL FILTER REPLACE SECONDARY		
				000 1R0751 - Caterpillar Filter as-fuel	1	250 500
			1308 510	PM1 - ENGINE OIL FILTER REPLACE		
				000 1R0739 - Caterpillar FILTER AS-ENGINE OIL	1	250 500
7502 540	PM 2	PERFORM - 1 -	1054 510 PY	PM2 - AIR FILTER ELEMENT REPLACE PRIMARY		
				000 1318822 - Caterpillar FILTER AS	1	500 1000
			1260 510	PM1 - PRIMARY FUEL FILTER REPLACE		

Figura A.2 Detalla el listado de repuestos correspondiente a cada tipo de mantenimiento así como la frecuencia por las horas de operación

Se aprecia en la Figura 50 el listado de repuestos estipulados en el manual de operación y mantenimiento para las 250 horas de operación (PM1) en una excavadora hidráulica 320DL, donde nos indican el cambio del filtro primario, secundario y terciario de combustible, así como sus sellos, luego el cambio del filtro de aceite de motor, luego el reemplazo del aceite de motor, luego el análisis de aceite programado solo del motor, este listado de actividades también lo encontramos en el entorno de la implementación del sistema de monitoreo satelital, y con esto se agilizaría el pedido de repuestos.

3. REPORTE DE MANTENIMIENTO DE MÁQUINAS MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA VISION LINK (MONITOREO SATELITAL).

Se indica el listado de actividades a realizar en este tipo de mantenimiento así como el de los repuestos que requieren ser reemplazados, en la siguiente Figura A.3.

Detalles Servicio

PM 2 (500 hrs)

Equipo Nombre: LANIBAYECU **Número de Serie:** JPAC0392 **Marca/Modelo:** CAT / 140K **Ciente:** CONSORCIO SAN IGNACIO
Última ubicación: Bivig. Ucochagua, Perú **Última Actualización:** 23/Sep/2013 7:05 a.m. **Horas:** 5.569

Lista de Verificación:

#	Descripción	Comentarios	Estado
1	PRIME FUEL SYSTEM		
2	REPLACE FUEL FILTER SECONDARY		
3	REPLACE WATER SEPARATOR ELEMENT		
4	INSPECT & MAINTAIN FUEL TANK CARBS		
5	CLEAN FUEL TANK STRAINER		
6	DRAIN & REFILL ENGINE OIL & FILTER		
7	TAKE & ANALYZE S-O-S SAMPLE FR ENGINE OIL		
8	TAKE & ANALYZE S-O-S SAMPLE FR ENGINE COOLANT LEVEL ONE		
9	CLEAN TRANSMISSION SCREEN		
10	REPLACE TRANSMISSION OIL FILTER		
11	TAKE & ANALYZE S-O-S SAMPLE FR TRANSMISSION OIL		
12	CLEAN TANDEM DRIVE BREATHER		
13	TAKE & ANALYZE S-O-S SAMPLE FR TANDEM DRIVE OIL		
14	TAKE & ANALYZE S-O-S SAMPLE FR WHEEL SPINDLE		
15	CHECK WHEEL SPINDLE FLUID LEVEL		
16	TEST SERVICE BRAKE		
17	TEST PARKING BRAKE		
18	DRAIN PARKING BRAKE		
19	REPLACE HYDRAULIC OIL FILTER		
20	TAKE & ANALYZE S-O-S SAMPLE FR HYDRAULIC OIL		
21	INSPECT AIR FILTER INDICATOR ENGINE		
22	PERFORM PM 2		

Lista de Componentes:

Cantidad	Nº de Pieza	Nombre	Descripción	Estado
1.00	1R0762	FILTER	FUEL FILTER - SECONDARY	
1.00	3261844	FILTER	FUEL / WATER SEPARATOR ELEMENT - INSTALL DRY, PRIME SYSTEM	
1.00	2208878	SEAL	FUEL / WATER SEPARATOR SEAL	
1.00	9X8600	SEAL-O-RING	FUEL TANK FILLER CAP SEAL	
1.00	9X2205	KIT-CAP FILTER	FUEL TANK CAP KIT	
1.00	3K0300	SEAL-O-RING (18.30MM ID)	OIL PAN PLUG O-RING	
1.00	1R1907	FILTER A3-ENGINE OIL	ENGINE OIL FILTER	
5.00	DEO	DIESEL ENGINE OIL	ENGINE OIL REFILL REQUIRES 4.8 GALLONS	
1.00	SCS	SCHEDULED OIL SAMPLE	ENGINE OIL SAMPLE	
1.00	SCS COOL-2	LEVEL 2 COOLANT CHECK	COOLANT SAMPLE	
1.00	3J1907	SEAL-O-RING	TRANSMISSION & DIFFERENTIAL OIL FILTER DRAIN PLUG SEAL.	
2.00	5P0860	SEAL O RING	MAGNETIC SCREEN FILTER COVER SEAL	
1.00	1300229	SEAL-O-RING	TRANSMISSION OIL FILTER O-RING SEAL	
1.00	1R1600	FILTER ELEMENT AS-OIL	TRANSMISSION OIL FILTER	
1.00	3J1907	SEAL-O-RING	TRANSMISSION OIL FILTER HOUSING PLUG O-RING SEAL	
1.00	SCS	SCHEDULED OIL SAMPLE	TRANSMISSION OIL SAMPLE	
2.00	SCS	SCHEDULED OIL SAMPLE	TANDEM DRIVE OIL SAMPLES	
1.00	S-O-S	SCHEDULED OIL SAMPLE	FRONT WHEEL BEARING OIL SAMPLE	
1.00	2M9780	SEAL-O-RING	PARKING BRAKE DRAIN PLUG SEAL	
1.00	3G0301	GASKET	HYDRAULIC OIL TANK FILLER CAP SEAL.	
1.00	7D1185	SEAL-O-RING	HYDRAULIC OIL TANK SCREEN FILTER SEAL (FOR BOTTOM OF ELEMENT).	
1.00	1R0774	ELEMENT AS.	HYDRAULIC OIL FILTER	
1.00	3F1547	SEAL-O-RING	HYDRAULIC OIL TANK SCREEN FILTER COVER SEAL	
1.00	SCS	SCHEDULED OIL SAMPLE	HYDRAULIC OIL SAMPLE	

Figura A.3

Luego del reemplazo de los repuestos y de haber realizado el check list o inspección visual de la máquina, se procede a registrar y realizar el seguimiento de las tendencias de las muestras de aceite extraídas de los diferentes sistemas y a las diferentes horas de operación como se muestra a continuación en la siguiente figura A.4.

Ultimos Resultados Análisis de Fluido:

Nº de Muestra	Origen	Fecha de la ...	Lectura de Indi...	Gravidad	Estado
119237038	TANDEM IZQUIERDO	22/Ene/2013	4809 hrs	Acción Requerida	Acción tomada
119237036	TANDEM DERECHO	22/Ene/2013	4809 hrs	Acción Requerida	Acción tomada
119237017	COJINETE DE RUEDA DELA .	22/Ene/2013	4809 hrs	Monitoreo	Acción tomada
119237040	MOTOR	22/Ene/2013	4809 hrs	Sin acción	Acción tomada
119230989	SISTEMA HIDRAULICO	22/Ene/2013	4809 hrs	Monitoreo	Acción tomada
119238591	RADIADOR	22/Ene/2013	4809 hrs	Acción Requerida	Acción tomada
119237025	COJINETE DE RUEDA DELA .	22/Ene/2013	4809 hrs	Monitoreo	Acción tomada
119237031	MANDO DE GIRO	22/Ene/2013	4809 hrs	Monitoreo	Acción tomada
119237008	TRANSMISION	22/Ene/2013	4809 hrs	Sin acción	Acción tomada
119239663	SISTEMA COMBUSTIBLE	22/Ene/2013	4809 hrs	Monitoreo	Acción tomada
120525408	RADIADOR	09/Abr/2013	4807 hrs	Sin acción	Acción tomada
120525366	MOTOR	09/Abr/2013	4807 hrs	Sin acción	Acción tomada
120525380	COJINETE DE RUEDA DELA	09/Abr/2013	4807 hrs	Monitoreo	Acción tomada
120525362	MANDO DE GIRO	09/Abr/2013	4807 hrs	Monitoreo	Acción tomada
120525358	SISTEMA HIDRAULICO	09/Abr/2013	4807 hrs	Monitoreo	Acción tomada
120525304	TANDEM IZQUIERDO	09/Abr/2013	4807 hrs	Sin acción	Acción tomada
120525360	COJINETE DE RUEDA DELA .	09/Abr/2013	4807 hrs	Monitoreo	Acción tomada
120525363	TANDEM DERECHO	09/Abr/2013	4807 hrs	Sin acción	Acción tomada
120573692	TRANSMISION	11/Abr/2013	4815 hrs	Monitoreo	Acción tomada
120573686	MANDO DE GIRO	11/Abr/2013	4815 hrs	Sin acción	Acción tomada
120573694	COJINETE DE RUEDA DELA .	11/Abr/2013	4815 hrs	Sin comentario	Acción tomada
120573693	COJINETE DE RUEDA DELA	11/Abr/2013	4815 hrs	Sin comentario	Acción tomada

Figura A.4

4. SE ADJUNTA EL DIAGRAMA DE MEDIOS FINES PARA LA SOLUCION DEL PROBLEMA, PRESENTADO EN EL PRESENTE INFORME DE SUFICIENCIA.