



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS

**“ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO
CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA SCOOP
R1600G EN FERREYROS UNIDAD CERRO DE PASCO -
2017”**

Presentada por:

Bach. Dennis Mark CUELLAR LOVATON

Para optar el título profesional de:

INGENIERO MECÁNICO

Cerro de Pasco - Perú

2017

DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

Dennis Mark Cuellar Lovaton

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis hermanos, por estar a mi lado, brindándome todo su amor, entrega, dedicación y sobre todo por su comprensión y paciencia durante estos años de mi vida, ustedes siempre motivaron mi desarrollo profesional.

A los docentes de la Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la Universidad Alas Peruanas, por haber compartido conmigo sus conocimientos y sobre todo su amistad.

A mis amigos y compañeros de la Universidad, por confiar y creer en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencia que nunca olvidaré.

Dennis Mark Cuellar Lovaton

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. Planteamiento del Problema	14
1.2. Formulación del Problema	15
1.2.1. Problema principal	15
1.2.2. Problema específico	16
1.3. Objetivo de la Investigación	16
1.3.1. Objetivo General.	16
1.3.2. Objetivo específico	16
1.4. Justificación e importancia de la investigación	17
1.4.1. Justificación teórica.	17
1.4.2. Justificación práctica.	17
1.4.3. Importancia de la investigación.	18
1.5. Limitaciones de la Investigación	18
1.6. Delimitación de la investigación	18
1.6.1. Delimitación espacial	18

1.6.2. Delimitación social	18
1.6.3. Delimitación temporal	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes de estudio	19
2.1.1. Antecedentes internacionales.	19
2.1.2. Antecedentes Nacionales.	21
2.2. Bases teóricas y científicas	23
2.2.1 Antecedentes históricos	23
2.2.2 Conceptualización de la variable independiente: Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad	24
2.2.3 Conceptualización de la variable dependiente: Scoop R1600G	46
2.3. Definición de términos	58
2.4. Hipótesis	59
2.4.1 Hipótesis general	59
2.4.2 Hipótesis específica	59
2.5. Variables	60
2.5.1 Definición conceptual de la variable	60
2.5.2 Definición operacional de la variable	60
2.5.3 Operacionalización de la variable	61
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	62
3.1. Tipo y nivel de investigación	62
3.1.1 Tipo de investigación	62
3.1.2 Nivel de investigación	63
3.2. Diseño de la investigación	63
3.3. Población y muestra	64

3.3.1 Población	64
3.3.2 Muestra	64
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	65
3.5. Validez y confiabilidad del instrumento	65
3.6. Plan de recolección y procesamiento de datos	65
3.6.1 Plan de recolección de datos	65
3.6.2 Procesamiento de datos	66
CAPÍTULO IV: RESULTADO	68
4.1. Análisis de modos de falla y sus efectos	68
4.2. Plan de estrategias de mantenimiento basado en la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad	75
4.3. Descripción estadística	84
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	87
5.1. Discusión	87
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	91
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	92
ANEXOS	94
ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA	95
ANEXO B: MANUAL DE MANTENIMIENTO SCOOP R1600G	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Carga de operación nominal	49
Tabla 2: Disponibilidad Mecánica del Scoop R1600G	84
Tabla 3: Estadísticas descriptivos del Scoop R1600G	84
Tabla 4: Resultados estadísticos descriptivos de la disponibilidad mecánica de los equipos Scoop R1600G	85
Tabla 5 Días fuera de servicio de los equipos Scoop R1600G	86
Tabla 6 Disponibilidad de los equipos Scoop R1600G después de la aplicación MCC	86
Tabla 7 Disponibilidad de los equipos Scoop R1600G por mes de la muestra	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Scoop R1600G	46
Figura 2: Especificaciones Scoop R1600G	48
Figura 3: Especificaciones de carga nominal, altura y alcance del Scoop R1600G	49
Figura 4: Motor diésel Cat 3176C EUI ATAAC	50
Figura 5: Curva de la bañera o de Davies	58
Figura 6: Operacionalización de variables	61
Figura 7: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Subsistema de Lubricación	69
Figura 8: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Subsistema de Combustible	70
Figura 9: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Subsistema Refrigeración	71
Figura 10: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Subsistema Transmisión	72
Figura 11: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Subsistema Hidráulico	73
Figura 12: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Subsistema Eléctrico	74
Figura 13: Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Sistema Hidráulico	76
Figura 14: Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Sistema Eléctrico	77
Figura 15: Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Sistema Eléctrico (Continuación)	78
Figura 16: Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Sistema Motor	79
Figura 17: Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Sistema Motor (continuación)	80
Figura 18: Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Sistema Motor (continuación)	81
Figura 19: Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Sistema Motor (continuación)	82
Figura 20: Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Sistema Hidráulico	83

RESUMEN

El presente trabajo titulado “Elaboración del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para SCOOP R1600G en Ferreyros unidad Cerro de Pasco”, se tomó como mecanismo de análisis a Ferreyros Unidad Cerro de Pasco para estudiar las variables plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad y Scoop R1600G, en la cual desarrollaremos la configuración del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para el Scoop.

El presente trabajo de investigación es del tipo básico y el nivel es descriptivo, porque la investigación tiene el propósito de ampliar el conocimiento científico para aplicarlos en los cargadores de bajo perfil Scoop R1600G.

El objetivo del presente trabajo ha sido describir las características del mantenimiento centrado en la confiabilidad para una mejor productividad del cargador para minería subterránea R1600G en Ferreyros Unidad de Cerro de Pasco, para lograr este objetivo se desarrolló la investigación en el diseño descriptivo simple, con los datos histórico de disponibilidad mecánica del cargador para minería subterránea R1600G antes del tratamiento. El procesamiento y análisis de datos se realizó mediante la estadística descriptiva.

Como resultado planteamos el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para el Scoop R1600G.

Los resultados de la investigación, sirvió para realizar las mismas aplicaciones en otros equipos similares.

Nuestras conclusiones son: El mantenimiento centrado en la confiabilidad es una herramienta que permite generar estrategias de mantenimiento en forma rápida y eficaz para los Scoop R1600G.

La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad permite realizar planificaciones para incrementar la productividad de los Scoop R1600G.

La elaboración de las hojas de RCM, permite analizar detalladamente cada uno de los sistemas del Scoop R1600G.

Palabras Claves: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. Disponibilidad Mecánica. Scoop.

ABSTRACT

The research study called Development of Maintenance Plan focused on reliability for SCOOP R1600G in Ferreyros. Cerro de Pasco Unit, it was taken as an analysis mechanism to study the variable maintenance plan focused on the reliability and Scoop R1600G, in which we will develop the configuration of the maintenance plan focused on reliability for the Scoop.

The research study is of the basic category and descriptive level because the research has the purpose of expanding the scientific knowledge to apply them in the loaders of low profile Scoop R1600G.

The aim of the research study has been to describe the characteristics of maintenance focused on the reliability for a better productivity of the loader for underground mining R1600G in Ferreyros of Cerro de Pasco Unit to achieve this goal, the research was developed in the simple descriptive design with the historical data of mechanical availability of the loader for underground mining R1600G before the treatment. The processing and analysis of data was done through descriptive statistics

The research results served to make the same applications in other similar equipment.

Our conclusions are Maintenance focused on reliability is a tool that allows generating maintenance strategies quickly and efficiently for the Scoop R1600G.

Reliability-focused maintenance implementation allows planning to increase the productivity of the Scoop R1600G.

The development of the RCM sheets allows to analyze in detail each of the Scoop R1600G systems.

Key Words: Reliability Focused Maintenance. Mechanical Availability Scoop

INTRODUCCIÓN

Las prácticas de mantenimiento de una empresa están determinadas por varias fuerzas o intereses, la más importante es la necesidad de obtener la máxima productividad de los equipos al menor costo posible de mantenimiento. Las fallas reducen la productividad de los equipos y en consecuencia se reduce la producción, implicando una disminución en las ganancias; es aquí donde introducimos el término falla, según Knezevic, se define como: “suceso cuya ocurrencia provoca o bien la pérdida de capacidad para realizar las funciones requeridas, o bien la pérdida de la capacidad para satisfacer los requerimientos especificados”. Por tanto, en este trabajo de investigación se definió falla al deterioro de cualquier componente o parte del sistema que evite o impida su funcionamiento normal.

La presente tesis intitulada “Elaboración del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco”, presenta en forma clara y sencilla la aplicación del método del MCC en los Scoop R1600G. El objetivo del presente trabajo ha sido describir las características del mantenimiento centrado en la confiabilidad para una mejor productividad del cargador para minería subterránea R1600G en Ferreyros Unidad de Cerro de Pasco.

La tesis consta de 5 capítulos desarrollados de la siguiente manera: El primer capítulo se desarrolla la descripción de la realidad problemática, delimitaciones, definición del problema, formulación del problema, problema principal: ¿Cuáles son las características del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco?, el objetivo de la investigación es “Determinar las características del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco”.

La hipótesis de la investigación es: Si se determinan las características del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad utilizando sus herramientas análisis de modos de

falla y sus efectos entonces se incrementará la productividad de los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco”, variables e indicadores, viabilidad de la investigación, justificación e Importancia de la investigación, limitaciones de la investigación.

El segundo capítulo se trata del marco teórico, antecedentes de la investigación, marco histórico, marco conceptual.

En el tercer capítulo se describen las características de la metodología, donde se explica el tipo y nivel de la investigación, la población y muestra, el diseño de la investigación, las técnicas de recolección y procesamiento de datos.

En el cuarto capítulo análisis e interpretación de los resultados que se encontraron en la investigación.

El quinto capítulo se realiza la discusión de los resultados.

Finalmente se desarrollan las conclusiones y recomendaciones, las referencias bibliográficas y anexos de la presente tesis.

Deseo expresar mi agradecimiento a la empresa Ferreyros S.A. y a todas las personas que colaboraron con la elaboración de la presente investigación.

Dennis Mark Cuellar Lovaton

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

Ferreyros S.A., es una empresa que se dedica a la venta de maquinaria Caterpillar, para minería, también esta empresa realiza servicio de mantenimiento de sus máquinas que vende a los empresarios mineros, presta sus servicios en la Unidad de Animón de la Empresa Administradora Chungar, la cual está ubicada en el Departamento de Pasco, ciudad Cerro de Pasco a 4610 msnm. La empresa en la actualidad tiene máquinas de extracción de mineral como 3 Jumbos y 8 Scoop R1600G.

Durante el proceso productivo en interior mina, se está presentando constantemente paradas imprevistas por fallas en los Scoop R1600G en sus sistema motor, sistema hidráulico, sistema eléctrico y sistema de transmisión, estas máquinas tienen la función de limpiar el desmote de la rocas de mineral que se genera debido a la voladura de los tajos subterráneos; debido a eso se tiene una baja productividad de los Scoop R1600G teniendo un promedio de disponibilidad de los equipos del 83% aproximadamente en la actualidad. Al realizar un análisis de criticidad de equipos se determinó que los Scoop

están considerados como uno de los equipos críticos por su importancia en todo el proceso productivo de avance, preparación, explotación y extracción de mineral de la empresa especializada.

Todo lo expuesto, se traduce en paradas imprevistas, ejecución de mantenimientos correctivos, incidiendo todo ello en el incremento de costos y consecuentemente redundando en una baja productividad para la empresa a la cual prestamos los servicios, Empresa Administradora Chungar.

El presente estudio consistió en estructurar los componentes principales del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, utilizando sus herramientas análisis de modos de fallas y sus efectos y el programa de mantenimiento adecuado para incrementar la eficiencia de los Scoop R1600G.

Las investigaciones realizadas con esta situación ha sido el de:

Vásquez (2008) en su tesis titulada “Aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en los motores Detroit 16V-149TI” en su estudio detalla todos los conceptos de la aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para mejorar la disponibilidad mecánica de los equipos.

En esta investigación se logró desarrollar el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los Scoop R1600G, para lograr este objetivo se utilizó las herramientas como el análisis de modos de falla y sus efectos, y se planteó el programa de mantenimiento adecuado.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema general

¿Cuáles son las características del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco?

1.2.2 Problemas específicos

a) ¿Cómo la programación de las actividades de mantenimiento centrado en la confiabilidad, utilizando las herramientas de análisis de modos de falla y sus efectos, incide en la productividad de los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco?

b) ¿De qué manera las actividades de mantenimiento centrado en la confiabilidad utilizando las herramientas de análisis de modos de falla y sus efectos, incrementará la productividad de los Scoop R1600G en Ferreyros S.A. Unidad Cerro de Pasco?

1.3 Objetivo de la Investigación

1.3.1 Objetivo General.

Determinar las características del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco.

1.3.2 Objetivo específico

a) Analizar si la programación de las actividades de mantenimiento centrado en la confiabilidad utilizando las herramientas de análisis de modos de falla y sus efectos, incide en la productividad de los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco.

b) Lograr determinar que las actividades de mantenimiento centrado en la confiabilidad utilizando las herramientas de análisis de modos de falla y sus efectos, incrementa la productividad de los Scoop R1600G en Ferreyros. Unidad Cerro de Pasco.

1.4 Justificación e importancia de la investigación

1.4.1 Justificación teórica.

Esta investigación se realiza con el propósito de aportar el conocimiento existente mediante la aplicación de la teoría y los conceptos básicos del mantenimiento centrado en la confiabilidad en la solución de la baja productividad de los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco, lo cual disminuirá considerablemente el desarrollo de mantenimientos correctivos y las paradas de equipos en forma imprevista.

El análisis de los fallos potenciales de los Scoop R1600G según esta metodología aportó una serie de resultados: Mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos, analiza todas las posibilidades de fallo de un sistema y desarrolla mecanismos que tratan de evitarlos, ya sean producidos por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales, determina una serie de acciones que permiten garantizar una alta disponibilidad de los Scoop R1600G.

1.4.2 Justificación práctica.

Este trabajo de investigación busca resolver el problema de la baja productividad de los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco y, así no tener gastos imprevistos por reparaciones correctivas y una mejora en la rentabilidad de la Empresa Ferreyros; así como en la producción de la empresa Administradora Chungar unidad Animón.

1.4.3 Importancia de la investigación.

La investigación es importante porque permite la reducción de la posibilidad de un paro durante el funcionamiento de los Scoop R1600G y de mantener la capacidad operacional de las mismas. Las condiciones de operación de los Scoop R1600G aumentarían significativamente con el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

1.5 Limitaciones de la Investigación

Dado que el proyecto de investigación se realizó en interior mina de la empresa administradora Chungar en Pasco y, considerando que en la actualidad este sistema está en continua producción, la posibilidad de realizar múltiples pruebas y ensayos serán limitadas.

1.6 Delimitación de la investigación

1.6.1 Delimitación espacial

La presente investigación se desarrolla en la Empresa Administradora Chungar, en el departamento de Cerro de Pasco.

1.6.2 Delimitación social

La presente investigación que se realizó beneficiará a los trabajadores del departamento de mantenimiento de la Empresa Ferreyros y a la Empresa Administradora Chungar.

1.6.3 Delimitación temporal

La investigación se realizó de junio a noviembre del 2017.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio

2.1.1 Antecedentes internacionales.

Backlund (2013) en su tesis doctoral titulada “RCM as a Method of Working within Hydropower Organisations”, en este trabajo de investigación expone toda la teoría del mantenimiento centrado en confiabilidad para que sea aplicado en equipos de las organizaciones hidroeléctricas.

Canchica (2017) Se encuentra la tesis de pregrado intitulada; “Diseño de un plan de mantenimiento basado en la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad para la flota de los equipos de carga palas hidráulicas O&K de la mina paso diablo de carbones del Guasare S.A.”, perteneciente a la Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, quien presentó y sustento para obtener el título de Ingeniero Industrial, de cuyo trabajo de investigación se deduce la siguiente conclusión final; “Se concluyó que el mantenimiento centrado en la confiabilidad es una excelente herramienta que permite revisar y generar de una manera práctica y rápida estrategias de

mantenimiento para optimizar los recursos y mejorar la disponibilidad mecánica de los equipos, debido a que integra diversos sectores de la empresa en proyectos de trabajo en equipo”.

Rojas (2010) en su tesis de maestría intitulada “*Plan para la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para plantas de concreto en proyectos del ICE*”, quien sustentó en la Universidad para la Cooperación Internacional para obtener el grado de Magister en Administración de Proyectos; de cuyo trabajo de investigación se detalla la siguiente conclusión: “La ejecución del proyecto plan para la implementación del RCM en plantas de concreto del ICE, debe servir de guía para poder desarrollar este tipo de procesos en otros equipos estratégicos en el desarrollo de proyectos de generación eléctrica del ICE. El realizar adecuadamente la gestión del recurso humano en este proyecto, permitió agilizar la implementación del proceso de RCM en la Planta de concreto IME, donde además se pudo establecer el compromiso de las áreas involucradas en el Proyecto, y se elaboró estructuras que facilitaron la comunicación, el trabajo en equipo y la integración. Con la aplicación del RCM a la Planta de Concreto IME, se logró la optimización de las técnicas de mantenimiento aplicadas a las plantas de concreto en los proyectos constructivos del ICE, como son listas de chequeo de autónomo, manual de mantenimiento preventivo y predictivo, lo que a futuro debe garantizar confiabilidad, disponibilidad, seguridad y un mejor uso de repuestos y consumibles en estos equipos.

Vasquez (2008), en su tesis intitulada: “*Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM en motores Detroit 16V-149TI en Codelco División Andina*” el mencionado investigador, quien presentó y sustentó para

obtener el título de Ingeniero Mecánico, En la Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela Ingeniería Civil Mecánica, de cuyo trabajado de investigación se deduce la siguiente conclusión final: “El equipo se dividió en subsistemas para un mayor detalle en la descripción de la función, en la falla funcional, en el modo de falla y en la consecuencia de la falla. El RCM se puede aplicar a cualquier equipo o conjunto de ellos. Lo fundamental es preparar una persona experta o facilitador en RCM y alimentarlo con el personal técnico, que es el que tiene los conocimientos de los activos, en cuanto a funcionamiento, operación, fallas, mantenciones, etc. Este análisis RCM fue agregado al Software RCM Toolkit M.R., de la División para comenzar a ser aplicado por la Unidad de Servicio de Mantenimiento Industrial. Al realizar este análisis se generó una base de datos con información actual y detallada de todas las fallas que han sucedido y que posiblemente sucedan al equipo. Cabe destacar que la idea de un análisis RCM es su retroalimentación; o sea no basta con quedarse con el análisis en sí, a medida que vayan sucediendo fallas no consideradas, éstas deben ser incluidas en el análisis junto con su tarea preactiva asociada.

2.1.2 Antecedentes Nacionales.

Da Costa (2010) tesis pregrado, se encuentra la tesis titulada: *Aplicación del mantenimiento centrado en confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción*, el mencionado investigador, quien presentó y sustentó para obtener el título de Ingeniero Mecánico de la Facultad de Ingeniería Mecánica, de la Pontificia Católica del Perú; de cuyo trabajo de investigación se deduce la siguiente conclusión final; “De los 17 equipos estudiados 8 de ellos presentan un $\beta < 1$, por tanto el equipo se presenta dentro de su etapa infantil de fallas nos, describe un problema de diseño, asentamiento o en el montaje del

motor en la unidad de bombeo. Así mismo se presentan 5 equipos que se encuentra dentro del periodo de vida útil ($0.98 \leq \beta \leq 1$) por tanto las fallas a presentarse serán del tipo aleatoria y solamente con la aplicación de un correcto monitoreo y mantenimiento preventivo serán las herramientas efectivas para optimizar e incrementar la operación del equipo en esta etapa de trabajo que presenta, garantizando así la disponibilidad de los mismos así como su confiabilidad. En el intervalo final, con 4 equipos hemos obtenido un valor de $\beta > 1$, encontrándose en su etapa de desgaste, esto se debe a que los equipo a los que se les realizó mantenimiento mayor ya presenta problemas estructurales debido a la antigüedad, problemas por el uso de repuestos de fabricación local; los cuales no presentan las mismas condiciones mecánicas que los originales. Mediante la determinación del Tiempo medio entre Falla (MTBF) nos permitió determinar la frecuencia óptima de intervención de cada uno de los motores analizados a través del método gráfico; esta etapa es de mucha importancia dado que influye directamente en la hoja de decisiones y en el establecimiento de las tareas de mantenimiento preventivo de cada uno de los motores”.

Guerra (2014) tesis pregrado En la biblioteca de la se encuentra la tesis titulada: *Plan de lubricación para mejorar la disponibilidad de las maquinarias pesadas utilizada en el mantenimiento de carreteras en la empresa ICCGSA*, perteneciente a la Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería Mecánica, cuyo autor, quien presentó y sustentó para obtener el título de Ingeniero Mecánico; de cuyo trabajo de investigación se deduce la siguiente conclusión final; “Se verifica que la disponibilidad total de los equipos aumento en un 24.6% esto es porque se utilizó un enfoque sistemático y se programó los

mantenimientos y monitoreo de manera oportuna. Los costos de las valorizaciones planeadas al 100 % de la disponibilidad vs los costos reales tenía déficit que fue disminuyendo progresivamente pero aun así se tiene una pérdida de 92898.70 soles en los 6 meses analizados.

2.2. Bases teóricas y científicas

2.2.1 Antecedentes históricos

Según Sotuyo (2012). Durante los últimos veinte años, el Mantenimiento ha cambiado, quizás más que cualquier otra disciplina gerencial. Estos cambios se deben principalmente al importante aumento en número y variedad de los activos físicos (planta, equipamiento, edificaciones) que deben ser mantenidos en todo el mundo, diseños más complejos, nuevos métodos de mantenimiento, y una óptica cambiante en la organización del mantenimiento y sus responsabilidades.

Los equipos de bajo perfil (cargador frontal y volquetes) son utilizados en la extracción de minerales desde los años 70, donde los sistemas del equipo no eran electrónicos.

El Mantenimiento también está respondiendo a expectativas cambiantes. Éstas incluyen una creciente toma de conciencia para evaluar hasta qué punto las fallas en los equipos afectan a la seguridad y al medio ambiente; conciencia de la relación entre el mantenimiento y la calidad del producto, y la presión de alcanzar una alta disponibilidad en la planta y mantener acotado el costo.

Estos cambios están llevando al límite las actitudes y habilidades en todas las ramas de la industria.

El personal de Mantenimiento se ve obligado a adoptar maneras de pensar completamente nuevas, y actuar como ingenieros y como gerentes. Al mismo

tiempo las limitaciones de los sistemas de mantenimiento se hacen cada vez más evidentes, sin importar cuánto se hayan informatizado.

Frente a esta sucesión de grandes cambios, los gerentes en todo el mundo están buscando un nuevo enfoque para el Mantenimiento. Quieren evitar arranques fallidos y callejones sin salida que siempre acompañan a los grandes cambios. Buscan en cambio una estructura estratégica que sintetice los nuevos desarrollos en un modelo coherente, para luego evaluarlo y aplicar el que mejor satisfaga sus necesidades y las de la compañía.

2.2.2 Conceptualización de la variable independiente: Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad

Para Moubray (2004) señala que el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad es una metodología para determinar las actividades de mantenimiento, reactivas y proactivas, con objeto de optimizar la fiabilidad de los activos industriales, minimizando los fallos operacionales y/o sus consecuencias para la seguridad y medio ambiente, calidad, producción y mantenimiento de los equipos. Se trata de un análisis inductivo/deductivo que de hecho todos hacen intuitivamente, en mayor o menor medida, en un ámbito industrial. La diferencia es que con esta metodología se “sistematiza el pensamiento” para evitar omisiones, prejuicios o juicios precipitados, conclusiones prematuras, falta de detalle y rigor y otras deficiencias que surgen de la fiabilidad limitada de un análisis no sistemático.

El proceso de MCC formula siete preguntas acerca del activo o sistema que intenta revisar:

¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?

¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?

¿Cuál es la causa de cada falla funcional?

¿Qué sucede cuando ocurre cada falla funcional?

¿En qué sentido es importante cada falla?

¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?

¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Describiendo Funciones

La definición de función consiste en un verbo, un objeto y el estándar de funcionamiento deseado por el usuario

Estándares de Funcionamiento

El objetivo del mantenimiento es asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que haga. La magnitud de aquello que los usuarios quieren que el activo haga puede definirse a través de un estándar mínimo de funcionamiento.

Las leyes físicas no dicen que cualquier sistema organizado que es expuesto al mundo real se deteriorará. El resultado final de este deterioro es la desorganización total (también conocido como caos o entropía), a menos que se tomen acciones para frenar el proceso que esté causando el deterioro del sistema.

Entonces si el deterioro es inevitable, debe ser tolerable. Esto significa que cuando cualquier activo físico es puesto en funcionamiento debe ser capaz de rendir más que el estándar mínimo de funcionamiento deseado por el usuario.

Los párrafos siguientes exploran en detalle los aspectos centrales de los estándares de funcionamiento.

Estándares de Funcionamiento Múltiple

Muchas de las descripciones de funciones incorporan más de uno y algunos casos muchos estándares de funcionamiento.

Estándares de Funcionamiento Cuantitativos

Debe tenerse especial cuidado en evitar enunciar parámetros cualitativos como “producir tantas piezas como requiera producción” o “el ir tan rápido como sea posible”. Este tipo de enunciados de funciones no tienen sentido, ya que hacen imposible definir exactamente cuándo falló el ítem.

Estándares Cualitativos

Más allá de la necesidad de ser precisos, a veces es imposible especificar parámetros de funcionamiento cuantitativos. Entonces recaeremos en los cuantitativos.

Estándares de Funcionamiento Absoluto

Una descripción de una función que no da estándares de funcionamiento por lo general implica que se trata de un absoluto (ejemplo contener un líquido X).

Estándares de Funcionamiento Variable

Las expectativas de funcionamiento (o esfuerzo aplicado) a veces varían infinitamente entre dos extremos. Contrastando con los estándares de funcionamiento variable, algunos sistemas muestran capacidad variable. Estos son sistemas que no pueden llegar a funcionar exactamente según el mismo estándar cada vez que operan. La variabilidad que puede tolerarse en la especificación de cualquier producto está usualmente determinada por factores

externos. La teoría de la administración de la calidad sugiere que, en un proceso bien administrado, la diferencia entre los límites de control idealmente debería ser la mitad de la diferencia entre los límites de especificación. Este múltiplo permitirá un margen de deterioro más que adecuado desde el punto de vista del mantenimiento.

Los límites superiores e inferiores no sólo se aplican a la calidad del producto, también se aplican a especificaciones funcionales tales como precisión de los indicadores, configuración de sistemas de control, y dispositivos de protección (Moubray, 2004).

El Contexto Operacional

El contexto se inserta por completo en el proceso de formulación de estrategias de mantenimiento, comenzando por la definición de funciones.

El contexto operacional también influencia profundamente los requerimientos para las funciones secundarias. El contexto no sólo afecta drásticamente las funciones y las expectativas de funcionamiento, sino que también afecta la naturaleza de los modos de falla que puedan ocurrir, sus efectos y consecuencias, la periodicidad con la que pueden ocurrir y qué debe hacerse para manejarlas. Por lo tanto, cualquiera que comience a aplicar RCM a cualquier proceso o activo físico debe asegurarse de tener un claro entendimiento del contexto operacional antes de comenzar

Diferentes Tipos de Funciones

Todo activo físico tiene más de una función, por lo general tiene varias. Si el objetivo del mantenimiento es asegurarse que continúe realizando estas funciones, entonces todas ellas deben ser identificadas junto con los parámetros de funcionamiento deseados. Las funciones se dividen en dos

categorías principales (funciones primarias y secundarias) y estas a su vez se dividen en varias subcategorías.

Funciones Primarias

Las organizaciones adquieren activos físicos por una, probablemente dos y muy pocas veces por tres o más razones. Estas razones son descritas por definiciones de funcionamiento. Se conocen como funciones primarias por ser la razón principal por la que se adquirió el activo físico. Son las razones por las cuales existe el activo, por lo que debemos definir las tan precisamente como sea posible. Las funciones primarias son generalmente fáciles de reconocer. De hecho, el nombre de la mayoría de los activos físicos industriales se basa en su función primaria (Moubray, 2004)

Funciones Secundarias

Es de suponer que la mayoría de los activos físicos cumplan uno o más funciones adicionales además de la primaria. Éstas se conocen como funciones secundarias (Moubray, 2004).

Para asegurarnos que ninguna de estas funciones sea pasada por alto, se dividen en siete categorías de la siguiente manera:

- Ecología. Integridad ambiental.
- Seguridad. Integridad estructural.
- Control. Contención, confort.
- Apariencia.
- Protección.
- Eficiencia. Economía.
- Funciones superfluas.

Aunque las funciones secundarias son usualmente menos obvias que las primarias, la pérdida de una función secundaria puede tener serias consecuencias, a veces hasta más serias que la pérdida de una función primaria. Como resultado, las funciones primarias, por lo que también deben ser claramente identificadas.

Como Deben Listarse las Funciones

Una definición funcional escrita adecuadamente –especialmente si está totalmente cuantificada- define con precisión los objetivos de desempeño. Esto asegura que todos los involucrados conocen exactamente qué se quiere, lo que a su vez asegura que las actividades de mantenimiento permanezcan enfocadas hacia las necesidades reales de los usuarios. También ayuda a absorber variaciones originadas por cambios de expectativas sin hacer obsoleto todo el emprendimiento.

Según Moubrey (2004) señala que las funciones se listan en la columna izquierda de la Hoja de Información de RCM.

Fallas Funcionales

Falla es la incapacidad de cualquier activo de hacer aquello que sus usuarios quieren que haga.

Una falla funcional se define como la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario. Para analizar las fallas funcionales debemos de tener en cuenta los siguientes aspectos: Falla total y parcial, Límites superiores e inferiores, instrumentos de medición e indicadores y el contexto operacional.

Un tema que necesita una consideración cuidadosa cuando se definen fallas funcionales, es el usuario. Hasta el día de hoy la mayoría de los programas de

mantenimiento que están en uso en el mundo son llevados a cabo sólo por el personal de mantenimiento. Estas personas frecuentemente deciden qué se entiende por falla.

Moubray (2004) afirma que en la práctica, su visión de la falla suele ser bastante diferente a la del usuario, a veces con consecuencias desastrosas para la efectividad de los programas.

Para registrar las fallas funcionales se escriben en la segunda columna de la hoja de trabajo de información. Son codificadas alfabéticamente.

2.2.2.1 Análisis de Modos de Fallos Efectos

Buscar identificar aquellos modos de falla que sean posibles causantes de cada falla funcional, y determinar los efectos de falla asociados con cada modo de falla. Esto se realiza a través de un análisis de modos de falla y efectos (AMFE) para cada falla funcional. La mejor manera de mostrar la conexión y la diferencia entre los estados de falla y los eventos que podrían causarlos es primero hacer un listado de fallas funcionales, y luego registrar los modos de falla que podrían causar cada falla funcional, como mínimo la descripción de un modo de falla debe consistir en un sustantivo y un verbo. La descripción debe ser suficientemente detallada para poder seleccionar una estrategia de manejo de falla apropiada, pero no tanto como para perder mucho tiempo en el propio proceso de análisis (Moubray, 2004).

Los verbos que se usan para describir los modos de falla deben elegirse cuidadosamente, ya que tienen una influencia muy fuerte en el proceso posterior de selección de políticas de manejo de falla. Por ejemplo, deben usarse con moderación expresiones como falla o rotura o

mal funcionamiento de, ya que dan muy poca información sobre cuál podría ser la manera adecuada de manejar esta falla. El uso de verbos más específicos permite seleccionar la política más adecuada dentro de un rango completo de posibilidades (Sotuyo, 2012).

El mantenimiento es realmente manejado al nivel de modo de falla. Por ejemplo:

- Las órdenes de trabajo o pedidos de trabajo surgen para cubrir modos de falla específicos.
- El planeamiento del mantenimiento diario se realiza para tratar modos de falla específicos.
- En la mayoría de las empresas industriales el personal de mantenimiento y operaciones tiene reuniones cada día. Las reuniones casi siempre consisten en discusiones acerca de los que ha fallado, que las causó, quién es responsable, qué se está haciendo para reparar el problema y a veces, qué puede hacerse para prevenir que vuelva a suceder. Entonces casi toda la reunión se destina a hablar acerca de modos de falla.
- Generalmente, los sistemas de registro de historia técnica registran modos de falla individuales (o al menos qué fue hecho para rectificarlos).
- Todo eso es parte de un mantenimiento reactivo.

El mantenimiento proactivo significa manejar los eventos antes de que ocurran, o al menos decidir cómo deberían ser manejados si llegarán a ocurrir. Para ello debemos saber por adelantado qué eventos pueden ocurrir. Los eventos en este contexto son los modos de falla. Entonces si

deseamos aplicar un mantenimiento verdaderamente proactivo a cualquier activo físico, debemos tratar de identificar todos los modos de falla que puedan afectarlo. El ideal sería poder identificarlos antes de que ocurriesen o al menos antes de que vuelvan a ocurrir.

Una vez que cada modo de falla ha sido identificado es posible considerar qué sucede cuando ocurre, evaluar las consecuencias y decidir si debiera hacerse algo para anticipar, prever, detectar, corregir, o hasta rediseñar.

Entonces, el proceso de selección de tareas de mantenimiento, y gran parte del manejo de estas tareas, se lleva a cabo al nivel del modo de falla (Moubray, 2004).

La identificación de los modos de falla es uno de los pasos más importantes en el desarrollo de cualquier programa que pretenda asegurar que el activo físico continúe cumpliendo sus funciones. En la práctica, dependiendo de la complejidad del activo físico, su contexto operacional y el nivel al que está siendo analizado, se registran entre uno y treinta modos de falla por cada falla funcional.

Un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional.

Análisis de Modos de Fallos y sus Efectos es la parte del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, expresado mediante una hoja, que determina todos los fallos que pueden surgir en el funcionamiento de un activo, así como su impacto en seguridad y medio ambiente, calidad, producción y mantenimiento. Posibilita asimismo una valoración de cada uno de estos fallos y cuantificarlos con un número

que agrupa dicha valoración, llamado Número de Ponderación del Riesgo (NPR).

El Número de Ponderación del Riesgo (NPR) lo forman tres elementos:

Gravedad: Define la gravedad de los efectos ocurridos si sucede el fallo en la máquina o instalación de estudio.

Frecuencia de Fallos: Número de sucesos ocurridos en un intervalo de tiempo.

Detectabilidad: Mayor o menor facilidad de detectar una causa de fallo según recursos humanos y técnicos disponibles.

Se multiplican los valores de Gravedad x Frecuencia de Fallo x Detectabilidad, y se obtiene el NPR para cada modo de fallo. Su utilidad consiste en alertar en menor o mayor medida al analista a reforzar los métodos de mantenimiento. Cada parte del NPR se pondera del 1 al 10 según la importancia; por tanto, el NPR va desde 1 hasta 1000.

Categorías de Modos de Falla

Un programa de mantenimiento global debe tener en cuenta todos los eventos que tienen posibilidades de amenazar esa funcionalidad. Los modos de falla pueden ser clasificados en tres grupos de la siguiente manera:

- Cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado.
- Cuando el funcionamiento deseado se eleva encima de la capacidad inicial.
- Cuando desde el comienzo el activo físico no es capaz de hacer lo que se quiere.

Capacidad Decreciente.

La primera categoría de modos de falla cubre las situaciones en las que en un primer momento la capacidad está por arriba del funcionamiento deseado pero que luego decae cuando el activo físico es puesto en servicio, quedando por debajo del funcionamiento deseado. Las cinco causas principales de pérdida de capacidad son: Deterioro, fallas de lubricación, polvo o suciedad, desarme, errores humanos que reducen la capacidad (Sotuyo, 2012).

Aumento del Funcionamiento Deseado.

Según Moubray (2004), indica que la segunda categoría de modos de falla ocurre cuando el funcionamiento deseado está dentro de la capacidad del activo físico cuando es puesto en servicio, pero luego aumenta hasta quedar fuera de su capacidad. Esto hace que el activo físico falle de una de estas dos maneras:

- El funcionamiento deseado aumenta hasta que el activo físico no puede responder a él.
- El aumento del esfuerzo causa que se acelere el deterioro hasta el punto en que el activo físico se torna tan poco confiable que deja de ser útil.

Capacidad Inicial.

El funcionamiento deseado debe estar dentro del rango de su capacidad inicial. La mayoría de estos activos están diseñados bajo este concepto. No obstante, surgen situaciones en las que el funcionamiento deseado está fuera del rango de capacidad inicial desde el comienzo. Este problema de incapacidad rara vez afecta al activo físico en su

totalidad. Usualmente afecta sólo una o dos funciones o uno o dos componentes, pero estos puntos débiles perjudican la operación de toda la cadena. El primer paso hacia la rectificación de un problema de diseño de esta naturaleza es listarlos como modos de falla en un AMFE.

Detalle que se debe determinar

Según Sotuyo (2012). Los modos de falla deben ser definidos con el detalle suficiente como para posibilitar la selección de una adecuada política de manejo de falla.

En la práctica, puede ser sorprendentemente difícil encontrar un nivel de detalle adecuado. No obstante, es muy importante encontrarlo, ya que el nivel de detalle afecta profundamente la validez del AMFE y la cantidad de tiempo que requiere hacerlo. Si se hace con poco detalle y/o pocos modos de falla pueden llevar a un análisis superficial y hasta peligroso. Por el contrario, demasiados modos de falla o demasiado detalle hacen que el proceso RCM lleve mucho más tiempo que el necesario. En un caso extremo, el detalle excesivo puede hacer que el proceso tome dos y hasta tres veces más tiempo que el necesario (esto se conoce como parálisis por análisis).

Esto significa que el esencial tratar de lograr un equilibrio correcto. Algunos de los factores centrales que necesitan ser tenidos en cuenta son: Causalidad, Probabilidad, Consecuencias, Causa Efecto, y Modos de Falla y el Contexto Operacional.

Causalidad.

Las causas de cualquier falla funcional pueden ser definidas casi a cualquier nivel de detalle, y puede aplicarse diferentes niveles a distintas

situaciones. En un extremo, a veces es suficiente resumir las causas de una falla funcional en una expresión como falla la máquina. En el otro extremo quizás necesitemos considerar qué está sucediendo a nivel molecular, o explorar los rincones remotos de la psiquis de los operadores y del personal de mantenimiento para definir la causa raíz de la falla.

Probabilidad.

Para Sotuyo (2012), se dan de diferentes modos de falla ocurren con diferente frecuencia. Algunos pueden ocurrir con regularidad, a intervalos promedio de meses, semanas o hasta en días. Otros pueden ser extremadamente improbables, con una media entre fallas de millones de años. Al preparar un AMFE, se debe decidir constantemente sobre que modos de falla son tan poco probables que ocurran que pueden ser ignorados sin peligro. Esto significa que no se trata de registrar absolutamente todas las posibilidades de falla sin importar la probabilidad que tiene que ocurrir.

Cuando se listan modos de falla, no debe tratarse de listar todos y cada uno de ellos ignorando la probabilidad de ocurrir que tiene cada uno.

En otras palabras, solo deben ser listados los modos de falla que tienen posibilidades razonables de ocurrir en ese contexto determinado.

Consecuencias.

Si las consecuencias pueden ser realmente severas, entonces fallas que aún son menos probables deben registrarse y ser sometidas a análisis.

Causa vs Efecto.

Cuando se listan modos de fallas debe tenerse cuidado de no confundir causas con efectos.

Modos de Falla y el Contexto Operacional.

Hemos visto como las funciones y las fallas funcionales de cualquier ítem están influenciadas por su contexto operacional. Esto también es verdad para los modos de falla en términos de causas, probabilidad y consecuencias.

El contexto operacional afecta los niveles de análisis de la misma manera que las causas y consecuencias de las fallas. Como se discutió anteriormente, podría ser apropiado identificar modos de falla a distinto nivel para dos activos idénticos en distintos contextos operacionales.

Efecto de Falla.

Moubray (2004), el cuarto paso en el proceso de revisión RCM consiste en hacer una lista de lo que de hecho sucede al producirse cada modo de falla. Esto se denomina efectos de falla. Los efectos de la falla describen que pasa cuando ocurre un modo de falla. Un efecto de falla responde a la pregunta ¿Qué ocurre?, mientras que una consecuencia de falla responde la pregunta ¿Qué importancia tiene?

La descripción de estos efectos debe incluir toda la información necesaria para ayudar en la evaluación de las consecuencias de las fallas. Concretamente, al describir una falla, debe hacerse constar lo siguiente:

- La evidencia (si la hubiera) de que se ha producido una falla.
- Las maneras (si las hubiera) en que la falla supone una amenaza para la seguridad o el medio ambiente.

- Las maneras (si las hubiera) en que afecta a la producción o a las operaciones.
- Los daños físicos (si los hubiera) causados por la falla.
- Que debe hacerse para reparar la falla.

Evidencia de la Falla.

Los efectos de las fallas deben describirse de tal forma que permita a los analistas RCM decidir si, en circunstancias normales, será evidente para los operarios la pérdida de función causada por ese modo de falla actuando por sí solo.

Asimismo, la descripción debe indicar si la falla va acompañada o precedida por efectos físicos obvios, tales como ruidos fuertes, incendio, humo, fugas de vapor, olores extraños o manchas de líquido en el suelo. También debe indicar si la máquina para como consecuencia de la falla.

Cuando se describen los efectos de falla, no debe prejugarse la evaluación de las consecuencias de las fallas usando palabras como oculto o evidente. Esto es parte del proceso de evaluación de las consecuencias, y si se usa de manera prematura podría influir incorrectamente sobre esa evaluación.

Riesgos para la Seguridad y el Medio Ambiente.

El diseño de las plantas industriales modernas ha evolucionado de tal forma que solo una pequeña proporción de los modos de falla presentan una amenaza directa para la seguridad o el medio ambiente. No obstante, si existe una posibilidad de que alguien se lesione o muera como consecuencia directa de una falla, o que se infrinja una normativa o

reglamento del medio ambiente, la redacción del efecto de la falla debe explicar cómo esto podría ocurrir.

Moubray (2004), al hacer la lista de estos efectos, no se debe prejuzgar la evaluación de las consecuencias de la falla haciendo declaraciones como “esta falla puede perjudicar la seguridad”, ni “esta falla afecta al medio ambiente”. Simplemente indicar lo que sucede, y dejar la evaluación de las consecuencias hasta la etapa siguiente del proceso RCM.

Obsérvese a nuestro propio personal (operadores y personas de mantenimiento), sino que también nos referimos a las amenazas sobre la seguridad de nuestros consumidores y de la comunidad en su conjunto.

Daños Secundarios y Efectos en la Producción.

La descripción de los efectos de falla debe aportar la máxima claridad posible para determinar cuáles son las consecuencias operacionales y no operacionales de la misma. Para hacer esto, debe indicar cómo y durante cuánto tiempo queda afectada la producción (si es que resulta afectada). Generalmente esto tiene que ver con el tiempo de parada de máquina ocasionada por cada falla.

En este contexto, el tiempo de parada de máquina es el tiempo total durante el cual la máquina probablemente permanece fuera de servicio en condiciones normales, desde el momento en que se produce la falla hasta el momento en que la máquina nuevamente se encuentre totalmente operacional.

El tiempo de falla de parada de la máquina, como se definió, puede variar mucho entre distintas ocasiones en que se da la misma falla. Las

consecuencias más serias generalmente son causadas por las paradas más largas. Ya que estas consecuencias cada vez son más graves para nosotros, el tiempo muerto que se registra en la hoja de información debe basarse en el “peor caso típico”.

Es posible reducir las consecuencias operacionales de la falla tomando medidas para acortar el tiempo muerto. Lo más común es reducir el tiempo que toma encontrar los repuestos (Moubray, 2004).

Nótese que, si la falla afecta las operaciones, es más importante el establecer el tiempo muerto que el tiempo medio para reparar la falla (TMP), por dos razones:

- En la mente de muchas personas, las palabras “tiempo de reparación”. Si esto se usa en vez de “tiempo muerto”, podría impedir la subsecuente asignación de consecuencias operacionales de la falla.
- Debemos basar la asignación de consecuencias sobre el “peor caso típico” y no en el “promedio” como se discutió anteriormente.

Si la falla no causa interrupción del proceso, debe ser registrado el tiempo promedio que toma reparar la falla. Esto puede ayudar a establecer los requerimientos de mano de obra.

Además, el tiempo muerto, se debe listar cualquier otra forma mediante la cual la falla podría tener un efecto significativo sobre la capacidad operacional del activo. Las posibilidades incluyen:

- Cómo y cuándo afecta la calidad del producto y el servicio al cliente, y de ser así, qué penalidades financieras origina.
- Si origina detención de cualquier otro equipo o actividad (o disminuye la velocidad).

- Si la falla lleva a un incremento del costo operativo total además del costo directo de reparación (como se costos de energía más altos).
- Que daños secundarios (si existe alguno) son causados por la falla.

Acción Correctiva.

- Lo efectos de la falla también deben indicar qué hacerse para reparar la falla. Esto debe incluirse cuando se indica el tiempo muerto, como se muestra en bastardillas en los ejemplos siguientes:
 - Tiempo muerto para reemplazar.
 - Tiempo muerto para limpiar.
 - Tiempo muerto para desarmar.

Fuentes de Información acerca de Modos y Efectos

Al considerar donde obtener la información necesaria para armar un AMFE completo, debemos recordar ser proactivos. Esto significa que debe darse tanto énfasis a lo que podría ocurrir como a lo que ha ocurrido. Las fuentes más frecuentes son: El fabricante, Listas Genéricas de Modos de Falla, Otros Usuarios de la misma Maquinaria, Registro de antecedentes técnicos, Las personas que operan y mantienen el equipo.

Niveles de Análisis y la Hoja de Información

El nivel de detalle seleccionado debe permitir identificar una política de manejo de falla adecuada. Por lo general, pueden seleccionarse niveles altos (menor detalle) si el componente o subsistema admiten trabajar a rotura o bien realizar tareas de búsquedas de falla, mientras que los niveles más bajos (más detalle) debe seleccionarse si el modo de falla puede estar sujeto a algún mantenimiento proactivo.

El nivel de detalle que se usa para describir modos de falla en las hojas de información también está influenciado por el nivel en el cual se lleva a cabo el AMFE.

Nivel de Análisis.

Uno de los errores más comunes en el proceso RCM es llevar a cabo el análisis a un nivel muy bajo. Por lo general el AMFE se lleva a cabo a un nivel muy bajo porque se cree que hay una correlación entre el nivel en el cual identificamos modos de falla y el nivel en el que debe hacerse el AMFE. En otras palabras, generalmente se cree que si queremos identificar en detalle los modos de falla tendremos que hacer un AMFE para cada uno de los componentes o subconjuntos.

En vez de empezar el análisis desde abajo en la jerarquía del equipo, podría comenzarse desde arriba. Las ventajas principales de comenzar el análisis de esta manera son las siguientes:

- Las funciones y las expectativas son mucho más fáciles de definir.
- Las consecuencias de las fallas son mucho más fáciles de evaluar.
- Es mucho más fácil identificar y analizar circuitos de control y circuitos en general.
- Hay menos repetición de funciones y de modos de falla.
- No es necesario hacer una hoja de información nueva para cada subsistema nuevo, por lo que el análisis llevado a cabo en este nivel insume mucho menos papel.

No obstante, la principal desventaja de realizar el análisis en este nivel es que hay miles de modos de falla que podrían hacer que el camión no pueda moverse. Estos van desde una rueda delantera pinchada

hasta el cigüeñal partido. Con lo que si tratamos de listar todos los modos de falla a este nivel es muy probable que nos olvidemos de agregar muchos de ellos.

Niveles Intermedios.

Los problemas asociados a los análisis hechos a altos y bajos niveles nos hacen ver que sería razonable llevar a cabo el análisis a un nivel intermedio. De hecho, casi estamos consintiendo la elección, ya que la mayoría de los activos pueden subdividirse en muchos subniveles y aplicarse el análisis RCM a cada uno de esos niveles (Moubray, 2004).

Cómo deben Documentarse los Modos de Falla y su Efectos.

Una vez que se estableció el nivel de todo el análisis RCM, debemos decidir qué grado de detalle se necesita para definir cada modo de falla encuadrado en dicho análisis. No hay razón técnica por la cual no puedan listarse todos los modos de falla (junto con sus efectos) al nivel que permita seleccionar una política de manejo de fallas adecuada. Pero aún a niveles intermedios, a veces se generan demasiados modos de falla por cada función, especialmente para funciones primarias. Por lo general esto ocurre cuando el activo tiene subconjuntos complejos que puedan tener muchos modos de falla.

Como de costumbre, estos subconjuntos pueden manejarse de cuatro maneras diferentes dependiendo de contexto y de sus consecuencias, como se ve a continuación:

Opción 1.

Listar de manera individual todos los modos de falla de ocurrencia probable del subconjunto como parte del análisis principal. En otras palabras, a un nivel equivalente al nivel 3, 4, 5 o 6.

Por lo general, los modos de falla que afectan a un subconjunto pueden incorporarse en un nivel de análisis más alto si el subconjunto no tiene más de seis modos de falla posibles a ser considerados y que puedan causar cualquier falla funcional del sistema de nivel superior.

Opción 2.

Listar la falla del subconjunto como un modo de falla simple en la hoja de información para empezar, luego confeccionar una nueva hoja de información para analizar las funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos del subconjunto como ejercicio por separado.

Opción 3.

Listar la falla del subconjunto en la hoja de información como un modo de falla simple, registrar sus efectos y dejarlo así.

Opción 4.

En ciertos casos, un subconjunto complejo podría sufrir uno o dos modos de falla dominantes que sean evitables, y algunos modos de falla menos probables que por su frecuencia y/o sus consecuencias no convenga prevenir.

Servicios.

La falla de suministros se trata como un modo de falla simple desde el punto de vista del activo que los recibe, ya que un análisis detallado de estas fallas está fuera del activo en cuestión. Este tipo de falla y sus

consecuencias se documentan con fines informativos para luego ser analizados en detalle cuando se trate el servicio como un todo.

Una Hoja de Información Completa.

Los efectos de fallase registran en la última columna de la Hoja de Información, junto al modo de falla correspondiente.

Consecuencias de Falla

Para Sotuyo (2012). Cada vez que ocurre una falla en un activo físico, de alguna manera afecta a la organización que lo utiliza. Algunas fallas afectan la producción, la calidad del producto o la atención al cliente. Otras representan un riesgo para la seguridad o el medio ambiente.

Si cualquiera de estas fallas no es prevenido, el tiempo y el esfuerzo que se necesitan para repararlas también afecta a la organización, porque la reparación de fallas consume recursos que podrían ser mejor aprovechados en otras tareas más rentables.

La naturaleza y la gravedad de estos efectos definen las consecuencias de la falla. En otras palabras, definen la manera en la que los dueños y los usuarios de los activos creerán que dada falla es importante.

Si las consecuencias son serias, entonces se harán esfuerzos considerables para evitar, eliminar o minimizar sus consecuencias. Sobre todo, si la falla puede herir o matar a una persona, o si tiene efectos serios sobre el medio ambiente. Esto también es válido si las fallas interfieren con la producción o las operaciones, o si pueden causar daños secundarios significativos.

Este enfoque sobre las consecuencias hace que RCM comience el proceso de selección de tareas asignando los efectos a cada modo de

falla y clasificándolo dentro de una de las cuatro categorías definidas por RCM. El próximo paso es encontrar una tarea proactiva que sea físicamente posible de realizar y que reduzca, o que permita realizar una tarea que reduzca, las consecuencias de la falla al punto que sea tolerable par el dueño o el usuario del activo. Si podemos encontrar dicha tarea, se dice que es técnicamente factible.

2.2.3 Conceptualización de la variable dependiente: Scoop R1600G

Dump (2000) señalan que es un equipo cuya función es cargar, transportar y descargar (LHD, El Scoop R1600G es un vehículo de bajo perfil, sobre todo diseñado para realizar trabajos en mina de subsuelo, subterráneas, o en zonas con limitaciones de espacio. En minería subterránea, especialmente en la pequeña y mediana minería, los túneles se caracterizan por ser de baja altura y angosto, lo que impide el ingreso de vehículos mineros de grandes dimensiones. Son túneles estrechos, sin espacio lateral para realizar giros a 180°, del cual derivan galerías perpendiculares al eje del túnel, con cambios de dirección a 90° con cortos radios de curvatura que dificultan el desplazamiento aún para vehículos pequeños.

Figura 1: Scoop R1600G



Fuente: Caterpillar.

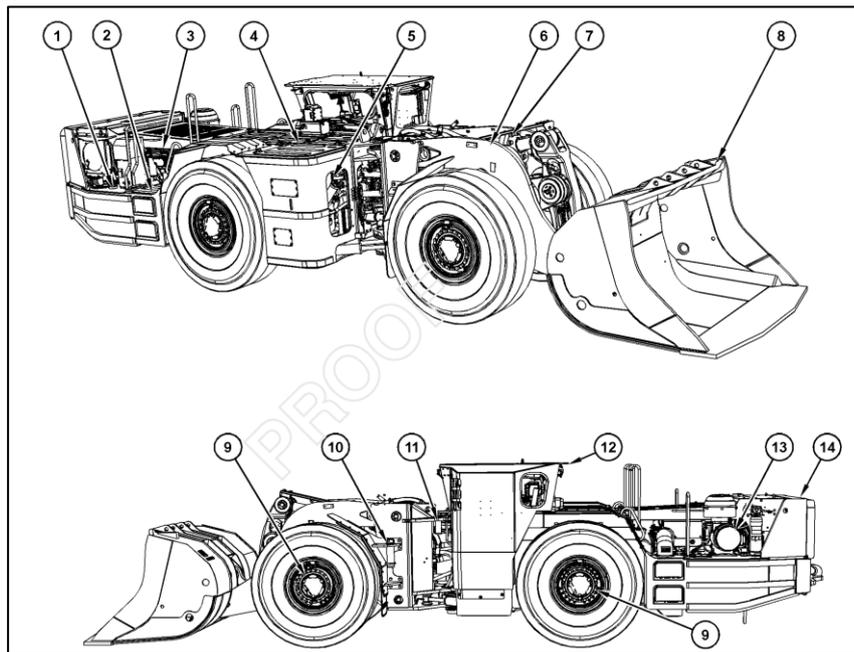
Los Scoop R1600G están diseñados para operar en estas condiciones por lo que tienen las siguientes características:

- Son de dimensiones pequeñas, figura 2, relativamente angostos y de baja altura para poder ingresar a los túneles. Esta última característica es la que les da el nombre de “bajo perfil”.
- Tienen un cucharón articulado para recoger y cargar una cantidad relativamente grande de material.
- Pueden desplazarse en reversa con la misma facilidad con la que avanzan, lo que les permite ingresar y salir de túneles angostos o sin espacio para girar. Simplemente retroceden.
- Tienen ruedas con neumáticos, lo que les permite desplazarse en cualquier dirección, es decir no está limitado a recorridos de rieles o troles.

Los Scoop R1600G se utilizan para:

- Cargar una cantidad grande de material.
- Transportar el material a un área específica.
- Descargar la carga en un área específica o en un camión.

Figura 2: Especificaciones Scoop R1600G



Fuente: Caterpillar.

1. -Tanque de combustible
2. Compartimiento de la batería
3. Compartimiento del motor
4. Compartimiento de la transmisión
5. Tanque hidráulico
6. Brazo de levantamiento
7. Cilindro de inclinación
8. Cucharón
9. Mandos finales
10. Pasador de seguridad del grupo de control del cucharón
11. Pasador de traba del bastidor de la dirección
12. Puesto del operador
13. Filtro de aire del motor
14. Radiador

Peso aproximado	: 29 800 kg.
Longitud	: 10 088 mm
Ancho	: 2 664 mm
Ancho con neumáticos	: 2 400 mm
Altura hasta la estructura	: 2 400 mm

ROPS/FOPS

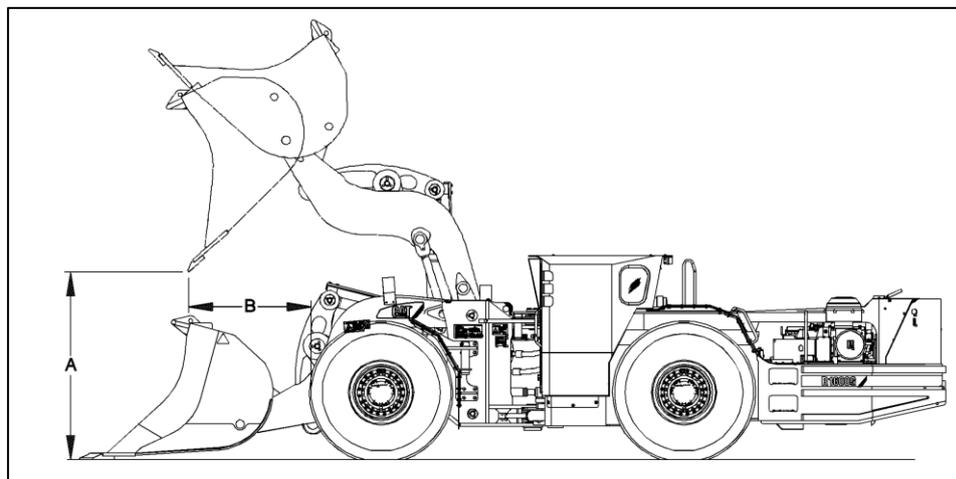
La tabla siguiente proporciona la carga de operación nominal para la configuración de máquina estándar.

Tabla 1: Carga de operación nominal

Carga nominal				
Herramienta de corte	Volumen nominal	Carga nominal de operación	Altura de descarga	Alcance
Cuchilla con cabeza de semiflecha	4,8 m ³	10 200 kg	2 207 mm	1 408 mm

Fuente: Caterpillar.

Figura 3: Especificaciones de carga nominal, altura y alcance del Scoop R1600G



Fuente: Caterpillar

Principio de funcionamiento del Scoop R1600G

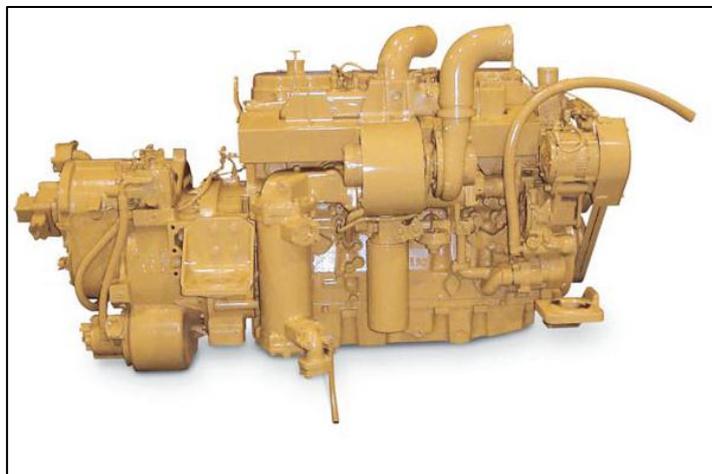
El motor diésel es el que suministra toda la potencia al Scoop R1600G a altas rpm. Su eje de salida se acopla al convertidor de torque, donde reducen las RPM y se aumenta el torque en el eje de salida del convertidor que transmite la potencia por el cardan del eje de entrada, a la transmisión la que puede operar con seis marchas, tres marchas adelante y tres marchas atrás.

Las relaciones de marcha se seleccionan con un mecanismo de cambio manual, que actúa sobre la válvula de control de los embragues de la transmisión. El eje de salida de la transmisión transmite la potencia, por medio de los cardanes a los dos diferenciales, uno delantero y uno trasero. En cada uno de ellos el piñón de ataque y corona de cada uno transmiten la potencia a los ejes flotantes y ruedas traseras y delanteras.

Motor diésel

El modelo del motor del Scoop R1600G es Cat 3176C EUI ATAAC, cuya potencia es 180 kW (241 hp). El motor diesel 3176C Cat® suministra la potencia y fiabilidad necesarias para las aplicaciones más exigentes de minería subterránea. Ver figura 4.

Figura 4: Motor diésel Cat 3176C EUI ATAAC



Fuente: Ficha técnica R1600G Caterpillar

El motor diesel Cat 3176C EUI ATAAC con turbo compresión, de cuatro tiempos y seis cilindros, se ha diseñado con precisión y se ha probado rigurosamente para mantener la tradición de calidad. Se caracteriza por un rendimiento que aumenta las utilidades, duración y fiabilidad para trabajo pesado, facilidad de servicio incorporada, excelente economía de combustible y niveles de emisiones bajos.

Gran reserva de par. Proporciona una fuerza de arrastre incomparable durante los trabajos de excavación, empuje y movimiento horizontal en pendientes pronunciadas. La reserva de par iguala eficazmente los puntos de cambio de la transmisión para obtener máxima eficiencia y tiempos de ciclo cortos.

Con turbo Con turbocompresor y posenfriador. El posenfriamiento de aire a aire proporciona mayor economía de combustible al suministrar aire más frío y más denso a los cilindros para generar una combustión más completa de combustible y disminuir las emisiones.

Inyección unitaria electrónica. El sistema de inyección electrónica detecta las condiciones de operación y regula el suministro para proporcionar una óptima eficiencia de combustible. El comprobado sistema de combustible de alta presión mejora los tiempos de respuesta y quema con más eficiencia el combustible lo que resulta en menos humo y emisiones.

Pistones. Los pistones enfriados por aceite tienen mayor disipación térmica para prolongar su vida útil.

Radiador. El radiador modular tiene parrillas giratorias que proporcionan un acceso fácil para la limpieza y reparación. Una irilla incorporada facilita las revisiones rápidas y seguras de los niveles de refrigerante.

Transmisión:

Diseñada para durar, la servotransmisión Cat proporciona una operación suave, un alto rendimiento y la máxima fiabilidad en las condiciones más difíciles (Mora, 2009).

Servotransmisión. La servotransmisión planetaria de cuatro velocidades Cat acoplada con el motor diésel 3176C entrega potencia constante en una amplia gama de velocidades de operación.

Diseño robusto. Diseñada para resistir condiciones exigentes en aplicaciones de minería subterránea, la servotransmisión planetaria de calidad comprobada está fabricada para proporcionar una vida útil prolongada entre reacondicionamientos generales.

Controles electrónicos.

- Los controles electrónicos permiten cambios suaves sobre la marcha para proporcionar mayor productividad.
- La modulación hidráulica amortigua los cambios y disminuye la tensión que experimentan de los componentes.
- El mando de la bomba y la transferencia de salida usan relaciones de engranaje de contacto altas para disminuir los niveles de ruido.
- Los conjuntos de embragues de gran diámetro montados en el perímetro controlan la inercia para efectuar cambios suaves y prolongar la vida útil de los componentes.

Convertidor de par. El convertidor de par de capacidad alta entrega más potencia a las ruedas para aumentar la eficiencia del tren de fuerza.

Transmisión automática electrónica. La transmisión automática electrónica aumenta la eficiencia del operador y optimiza el rendimiento de la máquina. El

operador puede escoger entre las modalidades de cambios manuales o automáticos.

Neutralizador de la transmisión. Usando el pedal del freno izquierdo, el operador puede conectar los frenos de servicio y neutralizar la transmisión, manteniendo las RPM altas del motor para un flujo hidráulico pleno, que mejora las funciones de excavación y carga.

Mandos finales. Los mandos finales trabajan como un sistema con la servotransmisión planetaria para entregar máxima potencia al terreno. Fabricados para resistir las fuerzas de par alto y las cargas de impacto, los mandos finales de reducción doble proporcionan alta multiplicación de par para reducir aún más los esfuerzos del tren de fuerza.

Ejes. Los ejes para servicio pesado están fabricados para proporcionar una larga vida útil en los ambientes más exigentes.

Eje trasero oscilante. El eje trasero oscilante asegura el contacto de las cuatro ruedas con el suelo para proporcionar mayor tracción y estabilidad en todo momento.

Diferencial. El diferencial de anti patinaje trasero reduce el desgaste de los neumáticos y aumenta al máximo la tracción en terreno irregular.

Frenos. Los frenos de disco, herméticos e inmersos en aceite, incorporan pistones independientes para los frenos de servicio y de estacionamiento. Los circuitos independientes de accionamiento hidráulico proporcionan rendimiento y fiabilidad mejorada.

Técnico Electrónico. La herramienta de servicio Técnico Electrónico (ET) proporciona a los técnicos de servicio un acceso fácil a los datos de diagnóstico

guardados mediante el Data Link Cat para simplificar el diagnóstico de problemas y aumentar la disponibilidad.

Embrague de traba del convertidor de par controlado electrónicamente. Combina la máxima fuerza de tracción en las ruedas mientras está en marcha en convertidor de par con la eficiencia y rendimiento de la transmisión mecánica cuando la traba está conectado.

Sistemas hidráulicos

El sistema hidráulico Cat suministra la potencia y el control necesarios para mantener el material en movimiento.

Sistema hidráulico. Los potentes sistemas hidráulicos Cat suministran excelentes fuerzas de excavación y levantamiento y tiempos de ciclo rápidos.

Sistema de levantamiento e inclinación. Las altas tasas de flujo hidráulico permiten la respuesta rápida de los cilindros hidráulicos y proporcionan fuerzas de levantamiento muy potentes. Los cilindros de inclinación y levantamiento de diámetro grande proporcionan resistencia, rendimiento y duración excepcionales.

Controles piloto. El control del implemento con palanca universal operada por el sistema piloto requiere bajo esfuerzo y proporciona funciones simultáneas de levantamiento e inclinación para optimizar la eficiencia de la operación. Los controles de circuito optativos permiten que el cucharón expulsor sea controlado desde el interruptor en la palanca universal.

Sistema de dirección. El sistema de control STIC™ integra la dirección y la transmisión en un controlador único para proporcionar una óptima respuesta máxima y un control más suave.

Control de amortiguación optativo. El control de amortiguación automático mejora la amortiguación de la máquina y el rendimiento en velocidades mayores que 5 km/h (3 mph).

Mangueras hidráulicas Cat. La manguera hidráulica Cat XT de alta presión, de rendimiento comprobado en el campo, es excepcionalmente resistente y flexible para proporcionar la máxima fiabilidad al sistema y una larga duración en las condiciones más exigentes. Los acoplamientos reutilizables con sellos anulares de ranura proporcionan un rendimiento superior, libre de fugas, y prolongan la vida útil del conjunto de manguera.

Estructura

Diseñadas para proporcionar máxima resistencia y durabilidad en las condiciones de operación más exigentes (Mora, 2009).

Diseño del bastidor. El bastidor se caracteriza por tener componentes estructurales robustos para una duración incomparable en las condiciones de carga más exigentes. Caterpillar integra procesos avanzados en el diseño y fabricación de los bastidores y estructuras Cat. El modelado por computador y el Análisis de Elementos Finitos (FEA) se usan ampliamente en todo el diseño.

Bastidor de acero. Las estructuras del bastidor de acero resistente están diseñadas para resistir fuerzas de torsión, impactos torsionales y tensiones generados durante el ciclo de carga mientras protegen la línea de mando y los componentes del sistema hidráulico.

Brazos de levantamiento. Los brazos de levantamiento de acero sólido absorben los esfuerzos altos generados durante la carga, sin sacrificar la resistencia o duración. El diseño del varillaje ofrece un alcance y espacio libre de descarga excelentes para una mejor productividad. Los pasadores del cucharón

evitan que se bajen los brazos de levantamiento durante el servicio y el mantenimiento.

Torre de carga. La torre de cuatro planchas del cargador proporciona un montaje sólido para los brazos de levantamiento, los cilindros de levantamiento y la palanca de inclinación de la barra en Z. El bastidor del cargador está diseñado y fabricado para absorber las cargas de choque de alto impacto y las fuerzas de torsión.

Tubo transversal de acero fundido. El tubo transversal de acero fundido proporciona excelente resistencia a las cargas de impacto y de torsión, manteniendo los orificios de los pasadores bien alineados y prolongando la vida útil de los componentes.

Pasadores sellados. Los pasadores sellados se adaptan a todos los puntos de articulación de los cucharones y brazos de levantamiento para aumentar la vida útil de los pasadores y bujes. Esto reduce los costos de mantenimiento y extiende los intervalos de servicio. Las juntas selladas retienen la lubricación y evitan la entrada de contaminantes.

Enganche. El diseño de enganche extendido amplía la distancia entre las planchas del enganche superior e inferior para distribuir las fuerzas y aumentar la vida útil del cojinete. Las planchas del enganche más gruesas reducen la deformación. La abertura más amplia proporciona un fácil acceso durante el servicio. Los pasadores superior e inferior del enganche pivotan en cojinetes de rodillos para distribuir las cargas horizontales y verticalmente sobre un área superficial mayor. Calces ajustados de precarga reducen el tiempo de mantenimiento. Un pasador de traba del bastidor de dirección integrado se coloca para evitar la articulación durante el mantenimiento y el servicio.

Cucharones

Los cucharones Cat proporcionan la flexibilidad para adaptar la máquina al tipo de material y a las condiciones del terreno.

Cucharones. El diseño de los cucharones Cat de gran resistencia suministra productividad sin igual en las aplicaciones más exigentes. Los cucharones para minería subterránea están diseñados para facilitar la carga óptima y proporcionan fiabilidad estructural para ayudar a reducir los costos por tonelada.

Selección del cucharón. Los cucharones para los cargadores Cat para minería subterránea están disponibles en dos estilos para cumplir con una gama de condiciones de carga, acarreo y descarga.

- Cucharones de descarga
- Cucharones expulsores

Capacidad de los cucharones. Los cucharones están disponibles en una gama de tamaños y capacidades que se adaptan perfectamente a la mayoría de tipos y densidades de material.

Paquetes de desgaste optativos. Las planchas de desgaste soldadas en áreas de desgaste alto son estándar. Los paquetes de desgaste adicionales, incluidos las cintas de desgaste de sacrificio y las cubiertas protectoras Cat, protegen los bordes de daños y reducen la necesidad de reconstrucciones costosas del cucharón.

Cuchillas optativas. Las cuchillas de media flecha Cat y de media flecha fundida prolongan la vida útil del cucharón en aplicaciones de desgaste alto.

2.3 Definición de términos

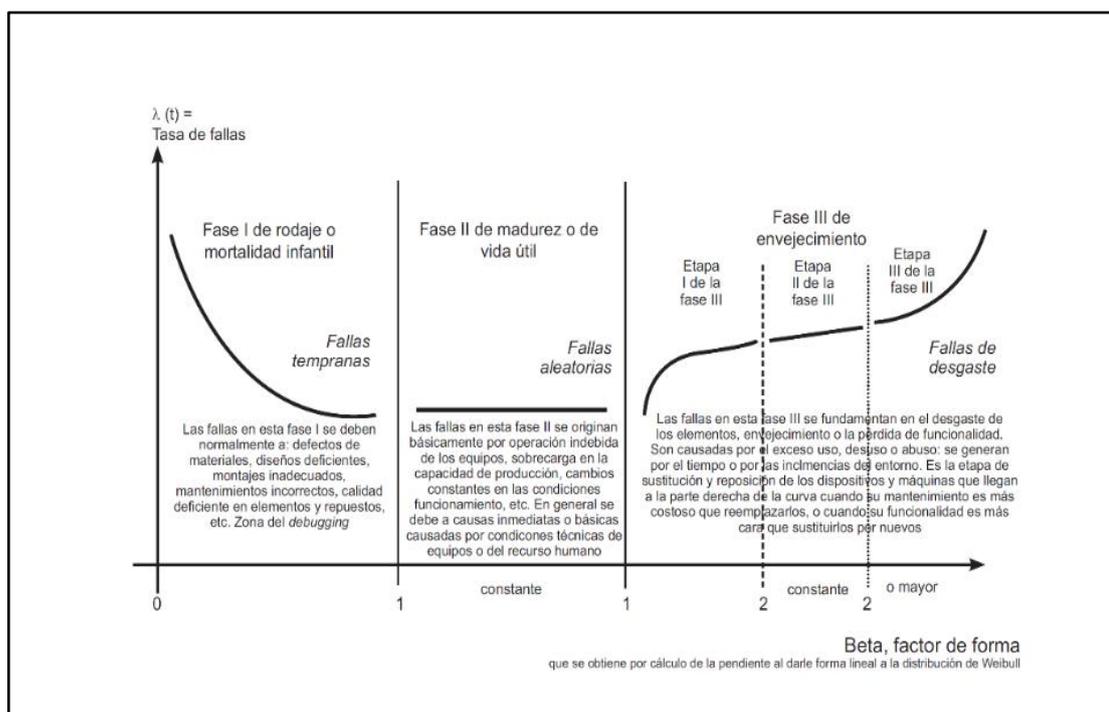
Vida útil:

La vida útil de los equipos está determinada por los fabricantes de los mismos, para la disminución de la vida útil de los equipos hay dos agentes importantes que generan fallas o desgastes en los equipos; los seres humanos (usa, abusa, no usa, destruye y no mantiene), el medio ambiente (contamina, oxida, corroe, acaba y deteriora). En la figura 4, se explica detalladamente la disminución de la vida útil de los equipos.

Disponibilidad

Como disponibilidad se define la probabilidad de que el equipo funcione satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa en condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, el tiempo activo de reparación, el tiempo inactivo, el tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos), el tiempo administrativo, el tiempo de funcionamiento sin producir y el tiempo logístico (Mora, 2009).

Figura 5: Curva de la bañera o de Davies



Fuente: Mora, A. (2009). Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. Alfa y Omega. México.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MUT}{MUT + MDT}$$

Dónde:

MUT= Promedio de los tiempos útiles individuales.

MDT= Promedio de los tiempos de no disponibilidad.

Confiabilidad:

La confiabilidad puede ser definida como la confianza que se tiene de que un componente, equipo o sistema desempeñe su función básica, durante un período de tiempo preestablecido, bajo condiciones estándares de operación. Otra definición importante de confiabilidad es; probabilidad de que un ítem pueda desempeñar su función requerida durante un intervalo de tiempo establecido y bajo condiciones de uso definidas (Lafraia, 2001).

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis general

Si se determinan las características del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco, utilizando las herramientas de análisis de modos de falla y sus efectos entonces se incrementará la productividad.

2.4.2 Hipótesis específicas

- a) Si se determina la programación de las actividades de mantenimiento centrado en la confiabilidad utilizando las herramientas de análisis de modos de falla y sus efectos, entonces se incrementará la productividad de los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco.

- b) Si se determinan las actividades de mantenimiento centrado en la confiabilidad utilizando las herramientas de análisis de modos de falla y sus efectos, entonces se incrementará la productividad de los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco.

2.5 Variables

2.5.1 Definición conceptual de la variable

Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad

El mantenimiento centrado en la confiabilidad es una técnica para elaborar el plan de mantenimiento de los equipos, y presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas. La cual tiene como objetivo aumentar la fiabilidad del equipo es decir disminuir el tiempo de parada del equipo por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción. También con este plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad se puede incrementar la disponibilidad y al mismo tiempo disminuir los costos por mantenimiento.

Scoop R1600G

Es un cargador frontal de bajo perfil el cual es utilizado en minas subterráneas para trabajos de extracción de mineral.

2.5.2 Definición operacional de la variable

Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad

Es un conjunto de actividades las cuales se realizan para conservar en un estado óptimo los equipos, en este plan se detalla la función, la falla funcional, el modo de falla y el efecto de la falla de los sistemas que compone el equipo.

Scoop R1600G.

Este equipo realiza las siguientes operaciones cargar-transportar-descargar.

Todas esas operaciones lo realizan en interior mina.

2.5.3 Operacionalización de la variable

La operacionalización de variables, se desarrolla en la siguiente figura.

Figura 6: Operacionalización de variables

Problema	¿Cuáles son las características del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco?	
	Independiente	Dependiente
Variables	Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad	Scoop R1600 G
Hipótesis	Si se determinan las características del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco, utilizando las herramientas de análisis de modos de falla y sus efectos entonces, se incrementarán su productividad..	
Variable Independiente	Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad	
Dimensiones	Indicadores	
Actividades de mantenimiento	Diario, mensual, trimestral y anual	
Planificación	Programación de las actividades de mantenimiento	
Variable dependiente	Scoop R1600G	
Dimensiones	Indicadores	
Productividad	Horas de trabajo	
Disponibilidad	Horas sin fallar	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Tipo y nivel de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación del presente estudio es básico.

“Los enfoques cuantitativos pueden dirigirse a: 1) explorar fenómenos, eventos, comunidades, hechos y conceptos o variables (su esencia es exploratoria); 2) describirlos (su naturaleza es descriptiva); 3) vincularlos (su esencia es correlacional o correlativa); y 4) considerar los efectos de unos en otros (su naturaleza es causal)”.

La finalidad de la investigación fue realizar una investigación básica Según Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2014, (pág. 42)

Una investigación básica en la medida que el objetivo del estudio es analizar las variables en su misma condición sin buscar modificarla, se busca establecer una realidad en concordancia con el marco teórico (Sotelo 2015, p.19).

Considerando el periodo y secuencia la investigación se llevó a cabo considerando un corte transversal. Lo cual implicó la recolección de datos en un solo corte de tiempo, con el fin de medir las variables en un único momento, aplicando el instrumento por única vez en las unidades de análisis, el resultado

obtenido puede permitir dar respuestas a los objetivos planteados (Ñaupas, Mejía, Novoa, & Villagómez, 2013).

3.1.2 Nivel de investigación

El nivel que se ha definido para el trabajo de investigación es descriptivo, porque se describe la situación actual de mantenimiento de los equipos Scoop R1600G, que vienen operando en la Empresa Administradora Chungar unidad Animón.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de investigación es una organización esquematizada para relacionar y controlar las variables de investigación (Espinoza 2014).

El diseño que se utilizó en la presente investigación es el Diseño descriptivo simple porque tomaremos información actualizada del Scoop R1600G y luego se desarrollará el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad. Nos limitamos a recoger información de la situación actual.

Diagrama: Descriptivo simple.



M= Scoop R1600G

O= Observación de la productividad del Scoop R1600G

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Para el desarrollo de la presente tesis se ha tomado como población 8 Scoop R1600G ubicadas en el nivel 1400 de la Empresa Administradora Chungar. La muestra es las 5 unidades.

3.3.2 Muestra

Fórmula para determinar la muestra; Para población finita (cuando se conoce el total de unidades de observación que la integran Sarai (2005).

$$n = \frac{NZ^2 pq}{d^2(N - 1) + Z^2 pq}$$

Dónde:

Z = coeficiente de confianza (Para un nivel de 95% = 1.96)

N = 8 Población

p = proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia. (0.8) = 80%

q = proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno en estudio (0.2). = 20%

La suma de la p y la q siempre debe dar 1.

d = precisión absoluta (95%)

n = tamaño de la muestra

Reemplazando:

$$n = \frac{(112)(1.96)^2 (0.8)(0.2)}{((0.05)^2 (174-1) + (1.96)^2 (0.8)(0.2))}$$

$$n = \frac{(174)(3.84) (0.09)}{((0.0025)(111) + (3.84)(0.09))}$$

$$n = ((112)(0.3456))/((0.4325)+(0.3456))$$

$$n = 60.1344/((0.7781))$$

$$n = 5$$

3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Técnica Documental; permite la recopilación de evidencias de los Scoops R1600G, para demostrar la hipótesis de investigación. Con los siguientes pasos:

- Determinar la forma en que se van a registrar los datos.
- Relacionar cuidadosamente y críticamente los fenómenos.
- Relacionar los datos.
- Analizar e interpretar los datos.
- Elaborar conclusiones.

Los instrumentos utilizados son: fichas bibliográficas, ficha de trabajo y registros de sistemas de gestión,

3.5 Validez y confiabilidad del instrumento

La validez y confiabilidad de los instrumentos utilizados en esta investigación los da el proveedor del sistema de gestión SAP. SAP es Sistemas, Aplicaciones y Productos para el procesamiento de datos. Es un programa para computadoras. SAP SE empresa multinacional alemana dedicada al diseño de productos informáticos de gestión empresarial, tanto para empresas como para organizaciones y organismos públicos.

3.6 Plan de recolección y procesamiento de datos

3.6.1 Plan de recolección de datos

- Operacionalización de variable; con fines de identificar los indicadores.
- Formulación de la matriz de recolección de datos.

- Identificación de instrumentos a utilizar.
- Definición de procedimientos de medición y observación.
- Organización de datos en tablas y gráficos.

3.6.2 Procesamiento de datos

El procesamiento de análisis de muestra se desarrolló utilizando la estadística descriptiva con tal de determinar parámetros de tendencia central y de variación.

Estadística Descriptiva porque la descripción de los datos obtenidos de las variables se describe mediante la distribución de frecuencias, las medidas de tendencia central y las medidas de dispersión.

La distribución de frecuencias es un conjunto de datos ordenados en sus respectivas categorías que muestra el número de respuestas obtenidas para cada categoría. Existen las frecuencias absolutas y las frecuencias relativas además se pueden encontrar las frecuencias acumuladas en cada una de las anteriores. Las frecuencias se representan gráficamente en histogramas y polígonos de frecuencia.

Las medidas de tendencia central son los puntos centrales en una distribución. Las principales medidas de tendencia central son la moda, la mediana y la media. La moda es la puntuación que más se repite. La mediana es el valor que divide a la distribución por la mitad. La media es el promedio aritmético de una distribución.

Las medidas de dispersión nos indican la forma como están diseminados los datos de la distribución. Las principales medidas de dispersión son el rango la varianza y la desviación estándar. El rango es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de la medición. Cuanto más grande es el rango mayor es la dispersión de los datos. La varianza es el promedio del alejamiento de las

puntuaciones respecto a la media. La desviación estándar es la raíz cuadrada de la varianza.

CAPÍTULO IV: RESULTADO

4.1 Análisis de modos de falla y sus efectos

Con relación a lo expuesto en el marco teórico se presenta las hojas de información para el mantenimiento centrado en la confiabilidad para los diferentes sistemas del Scoop R1600G.

Se implementó las hojas de mantenimiento centrado en la confiabilidad de los diferentes sistemas del Scoop R1600G, para evitar la baja productividad de estos equipos.

Hoja de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de los sistemas del motor

A continuación se presenta la información del mantenimiento centrado en la confiabilidad de los sistemas del motor; en la figura 7, sobre el subsistema de lubricación, donde mencionamos que función cumple este sistema para que el equipo trabaje en óptimas condiciones, seguidamente podemos apreciar las fallas funcionales del subsistema de lubricación, luego tenemos los modos de falla del sistema mencionado y finalmente se detalla el efecto que pueda generar cada uno de los modos de falla en el Scoop R1600G.

Figura 7: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Subsistema de Lubricación

HOJA DE INFORMACIÓN DE MCC	Sistemas: Motor		Sistema N°: 01		Facilitador:	Fecha:
	Subsistema: Lubricación		Subsistema N°: 01		DMCL - 13781	
					AUDITOR:	Fecha:
					JEMG - 19800837	
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO	
Lubricar, los elementos en movimiento del motor; trabaja de la siguiente manera: Se hace subir aceite del cárter por la bomba de aceite, por los filtros de aceite, al colector principal de aceite y se distribuye a las diferentes partes del motor. Después circula por la gravedad de vuelta al cárter del motor	A	Presión de aceite bajo	1	Filtro defectuoso	Perdida de potencia Consumo de aceite	
			2	Nivel de aceite bajo		
			3	Bomba defectuosa		
			4	Fuga de aceite		
			5	Empaquetaduras averiadas		
			6	Conectores flojos		
			7	Mangueras deterioradas		
	B	Caudal bajo	1	Cremallera de bomba averiados	Recalentamiento de motor El motor no arranca Perdida de potencia de motor	
			2	Resorte malogrado		
			3	Termostato en mal estado		
			4	Bomba de agua defectuoso		
			5	Metales de biela y bancada defectuoso		
			6	Sensor de presión de aceite de motor defectuoso		
			7	Filtro de aire obstruido		

Fuente: Elaboración propia

Hoja de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad de los sistemas del motor

En la figura 8, se presenta el subsistema de combustible, donde mencionamos que función cumple este sistema para que el equipo trabaje en óptimas condiciones, seguidamente podemos apreciar las fallas funcionales del subsistema de combustible, luego tenemos los modos de falla del sistema mencionado y finalmente se detalla el efecto que pueda generar cada uno de los modos de falla en el Scoop R1600G.

Figura 8: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Subsistema de Combustible

HOJA DE INFORMACIÓN DE MCC	Sistema: Motor		Sistema N°:01	Facilitador:	Fecha		
				DMCL - 13781			
	Subsistema: Combustible		Subsistema N°:02	AUDITOR:	Fecha		
				JEMG - 19800837			
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFECTO			
<p>Tiene como función el entregar la cantidad correcta de combustible en su debido tiempo en la cámara de combustión del motor. Es el encargado de suministrar el combustible necesario para el funcionamiento del motor, pudiéndose diferenciar dos apartados fundamentales:</p> <p>a). Circuito de alta presión, encargado de impulsar el combustible a una presión determinada para ser introducido en las cámaras de combustión.</p> <p>b). Circuito de baja presión, encargado de enviar el combustible desde el depósito en que se encuentra almacenado a la bomba de inyección.</p>	A	Presión de combustible bajo	1	Filtro defectuoso	Pérdida de fuerza del motor No arranca el motor		
			2	Nivel de combustible bajo			
			3	Bomba defectuosa (cavitación)			
			4	Tanque sucio			
				5	Fuga de combustible	Consumo de combustible	
				6	Empaquetaduras averiadas		
				7	Conectores flojos		
				8	inyector bomba en mal estado		
	B	Caudal bajo	1	Aire en el sistema de alimentación	Recalentamiento de motor El motor no arranca Pérdida de potencia de motor		
						2	Sellos agarrotados
						3	Válvula de retención defectuoso
						4	Válvula de rebose defectuoso
						5	Agua en el combustible
						6	Combustible contaminado

Fuente: Elaboración propia

En la figura 9, se presenta el subsistema de refrigeración, donde mencionamos que función cumple este sistema para que el equipo trabaje en óptimas condiciones, seguidamente podemos apreciar las fallas funcionales del subsistema de refrigeración, luego tenemos los modos de falla del sistema mencionado y finalmente se detalla el efecto que pueda generar cada uno de los modos de falla en el Scoop R1600G.

Figura 9: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Subsistema Refrigeración

HOJA DE INFORMACIÓN DE RCM	Sistema: Motor		Sistema N°: 01		Facilitador:	Fecha:
	Subsistema: Refrigeración		Subsistema N°: 03		DMCL - 13781	
				AUDITOR:		Fecha:
				JEMG - 19800837		
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO	
La función principal del sistema de enfriamiento es mantener la temperatura correcta del motor, sacando el calor excesivo generado por la combustión y la fricción.	A	No enfría	1	Termostato en mal estado.	Recalentamiento del motor.	
			2	Fuga de refrigerante		
			3	Tapa del depósito de refrigerante en mal estado.		
			4	Mal estado.		
			5	Bomba de agua dañada		
			6	Temperatura de refrigerante demasiado alto		

Fuente: Elaboración propia

Hoja de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad del sistema de transmisión

En la figura 10, se presenta el sistema de transmisión, donde mencionamos que función cumple este sistema para que el equipo trabaje en óptimas condiciones, seguidamente podemos apreciar las fallas funcionales del sistema de transmisión, luego tenemos los modos de falla del sistema mencionado y finalmente se detalla el efecto que pueda generar cada uno de los modos de falla en el Scoop R1600G.

Figura 10: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Subsistema Transmisión

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	Sistema: Transmisión		Sistema N°: 02		Facilitador:	Fecha:
	Subsistema: Transmisión		Subsistema N°: 01		DMCL - 13781	
					AUDITOR:	Fecha:
					JEMG - 19800837	
FUNCIÓN	FALLA DE FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO	
Tiene la función de transmitir el par de fuerza generado por el motor, desde las salida de la caja de velocidades hasta las ruedas motrices	A	Daño interno de la caja de cambios	1	Sincronizador defectuoso	La marcha ingresa pero no avanza el camión	
			2	Horquilla de cambio averiado		
			3	Pasador de horquilla de cambio roto		
	B	Embrague en mal estado	4	Plato presor en mal estado	Las marchas no ingresan	
			5	Bombín de embrague defectuoso		
			6	Servo bomba de embrague defectuoso		

Fuente: Elaboración propia

Hoja de mantenimiento centrado en la confiabilidad del sistema hidráulico

En la figura 11, se presenta el sistema hidráulico, donde mencionamos que función cumple este sistema para que el equipo trabaje en óptimas condiciones, seguidamente podemos apreciar las fallas funcionales del sistema hidráulico, luego tenemos los modos de falla del sistema mencionado y finalmente se detalla el efecto que pueda generar cada uno de los modos de falla en el Scoop R1600G.

Figura 11: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Subsistema Hidráulico

HOJA DE INFORMACIÓN RCM	Sistema: Hidráulico		Sistema N°: 03		Facilitador:	Fecha:
	Subsistema: Hidráulico		Subsistema N°: 01		DMCL - 13781	
					AUDITOR:	Fecha:
					JEMG - 19800837	
FUNCIÓN	FALLA DE FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO	
Distribuir caudal (a una determinada presión) a través de líneas hidráulicas para los diferentes componentes como el de levante y volteo del cucharón, dirección, frenos le cuales trabajan hidráulicamente	A	No distribuye caudal de aceite hidráulico a los diferentes componentes que trabajan hidráulicamente	1	Fuga de aceite por las mangueras.	Equipo queda fuera de servicio por falta de movimiento de implementos.	
			2	Válvula de control principal averiado		
			3	Bomba de Engranaje no genera presión		
			4	Bomba de Pistones Axiales no genera el Caudal necesario		
			5	Perdida del movimiento de levante y volteo		
			6	Filtro hidráulico obstruido	Recalentamiento en el sistema hidráulico	
			7	Los frenos no activan	El equipo avanza solo, no se para	
			8	Los acumuladores no cargan		
			9	Carga de Acumuladores bajo		
			10	VRP averiado	Variación de presión en el sistema hidráulico	
			11	Tanque hidráulico Sucio		

Fuente: Elaboración propia

Hoja de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad del sistema eléctrico

En la figura 12, se presenta el subsistema eléctrico, donde mencionamos que función cumple este sistema para que el equipo trabaje en óptimas condiciones, seguidamente podemos apreciar las fallas funcionales del subsistema eléctrico, luego tenemos los modos de falla del sistema mencionado y finalmente se detalla el efecto que pueda generar cada uno de los modos de falla en el Scoop R1600G.

Figura 12: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Subsistema Eléctrico

HOJA DE INFORMACIÓN DE MCC	Sistema: Motor		Sistema N°: 04		Facilitador:	Fecha:
	Subsistema: Eléctrico		Subsistema N°:01		DMCL - 13781	
					AUDITOR:	Fecha:
					JEMG - 19800837	
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO	
Poner en funcionamiento el motor, proporcionar corriente continua a los diferentes componentes del sistema eléctrico y electrónico.	A	No genera DC al sistema de encendido, luces, tableros, sensores	1	La batería no proporciona la corriente adecuada	El motor no enciende	
			2	Alternador defectuoso	La batería se avería, No entrega energía para el trabajo	
			3	El solenoide del arrancador averiado	El motor no arranca	
			4	Solenoide de inyector defectuoso		
			5	Arrancador defectuoso		
			6	Inyectores bomba en mal estado		
			7	Cable señal averiado		
			8	Relé de arranque en mal estado		
			9	Fusible principal defectuoso		
			10	Sensor de eje de levas defectuoso		
			11	Sensor de volante defectuoso		
			12	Sensor de cárter cigüeñal defectuoso		
			13	ECU de motor defectuoso		
			14	ECU del vehículo defectuoso		

Fuente: Elaboración propia

4.2 Plan de estrategias de mantenimiento basado en la metodología del mantenimiento centrado en la confiabilidad

Finalmente, para asignar los tipos de estrategias de mantenimiento, se realizó una evaluación de las estrategias estudiadas en el marco conceptual y se decidieron las que más se adaptan al caso, obteniendo de esta forma el Plan de Mantenimiento basado en la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para los Scoop R1600G.

Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad

El plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los Scoop R1600G, se presenta en las siguientes figuras de la 13 a la figura 20, donde detallamos como debería llevarse a cabo el mantenimiento para tener equipos operativos y mejorar la vida útil de los componentes, allí se puede apreciar las estrategias de mantenimiento que se recomiendan para tal fin, luego tenemos el tipo de estrategia de mantenimiento, también quien lo debe realizar con qué frecuencia se debe ejecutar y finalmente que materiales y herramientas se utilizan todo esto para un determinado problema que se pueda presentar en el Scoop R1600G.

Figura 13: Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Sistema Hidráulico

FERREYROS	PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD		EQUIPO: SCOOP R1600G		
			Realizado por: Dennis Cuellar Lovaton		
			Revisado por: Jesús Mendieta Guillen		
			Hoja N° 1 de 8		
FUGA DE ACEITE HIDRAULICO					
Componente	Estrategias de Mantenimiento Recomendadas	Tipo de Estrategia de Mantenimiento	Ejecutor	Frecuencia	Materiales y/o Herramientas Utilizadas
Manguera	Evaluar las presiones y temperaturas del sistema hidráulico Evaluar el estado físico de los protectores de las mangueras Corregir el enrutamiento de las mangueras para minimizar los roces Reforzar las mangueras con gomas para darle una mayor protección Reemplazar la pieza si presenta fisuras, agujeros o excesivos	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Sellos anulares	Revisar líneas hidráulicas Evaluar y calibrar las presiones y temperaturas del sistema hidráulico Diagnosticar el estado físico del sello Reemplazar el sello si presenta desgaste o rotura	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Sellos mecánicos	Hacer una revisión visual de las líneas hidráulicas para detectar el área de fuga. Evaluar y calibrar las presiones y temperatura del sistema hidráulico. Inspeccionar el sello mecánico y reemplazarlo si muestra áreas defectuosas	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad

Fuente: Elaboración propia

Figura 14: Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Sistema Eléctrico

FERREYROS	PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD		EQUIPO: SCOOP R1600G		
			Realizado por: Dennis Cuellar Lovaton		
			Revisado por: Jesús Mendieta Guillen		
			Hoja N° 2 de 8		
PROBLEMAS CON EL SISTEMA ELÉCTRICO					
Componente	Estrategias de Mantenimiento Recomendadas	Tipo de Estrategia de Mantenimiento	Ejecutor	Frecuencia	Materiales y/o Herramientas Utilizadas
Batería	Chequear y detectar posibles fallas en el alternador Mandar a reparar el alternador de ser necesario Inspeccionar el estado de los bornes de las baterías Lubricar y apretar los bornes de la batería Chequear con decímetro el nivel de electrolito de la batería Recargar la batería Apretar los terminales de la batería Reemplazar batería si es necesario	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Alternador	Inspeccionar visualmente y evaluar el desempeño del alternador Examinar el funcionamiento de los rodamientos del alternador Reparar o reemplazar el alternador o los rodamientos internos dañados Encender y evaluar el motor del alternador Reparar y reemplazar	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Sellos mecánicos	Hacer una revisión visual de las líneas hidráulicas para detectar el área de fuga Evaluar y calibrar las presiones y temperatura del sistema hidráulico Inspeccionar el sello mecánico y reemplazarlo si muestra áreas defectuosas	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Correas	Inspeccionar el estado de las correas del ventilador del motor Reemplazar el kit de correas si están cristalizadas, agujereadas o deshilachadas Inspeccionar el estado y ajuste del tensor de las correas Ajustar o reemplazar tensor	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Ventiladores	Desinstalar el ventilador Inspeccionar y ajustar las piezas flojas Chequear los bujes y reemplazar aquellos que estén dañados	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad

Fuente: Elaboración propia

Figura 15: Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Sistema Eléctrico (Continuación)

FERREYROS	PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD		EQUIPO: SCOOP R1600G		
			Realizado por: Dennis Cuellar Lovaton		
			Revisado por: Jesús Mendieta Guillen		
			Hoja N° 3 de 8		
PROBLEMAS CON EL SISTEMA ELÉCTRICO (CONTINUACION)					
Componente	Estrategias de Mantenimiento Recomendadas	Tipo de Estrategia de Mantenimiento	Ejecutor	Frecuencia	Materiales y/o Herramientas Utilizadas
Sensores	Chequear líneas eléctricas Revisar el estado y el funcionamiento del sensor Reemplazar sensor	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Fusibles	Chequear líneas eléctricas Revisar es estado y funcionamiento del fusible Reemplazar fusibles	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Cables	Chequear líneas eléctricas Revisar el estado del cable Reemplazar cableado	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad

Fuente: Elaboración propia

Figura16: Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Sistema Motor

FERREYROS	PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD		EQUIPO: SCOOP R1600G		
			Realizado por: Dennis Cuellar Lovaton		
			Revisado por: Jesús Mendieta Guillen		
			Hoja N° 4 de 8		
PROBLEMAS CON EL MOTOR					
Componente	Estrategias de Mantenimiento Recomendadas	Tipo de Estrategia de Mantenimiento	Ejecutor	Frecuencia	Materiales y/o Herramientas Utilizadas
Filtros de Combustible	Inspeccionar el estado de los filtros de combustible Desinstalarlo para realizar el mantenimiento Llenar el filtro con combustible Purgar el tanque de combustible para evitar futuras obstrucciones	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Inyectores Bomba	Chequear y evaluar el funcionamiento de los cables, de las conexiones, de la batería y el alternador Inspeccionar y evaluar los inyectores bomba, ajustar las partes flojas Reemplazar el inyector bomba de ser necesario Reemplazar la línea de inyección si presenta fugas	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Cables	Revisar y ajustar los terminales Colocarle al cable revestimiento de goma Reemplazar de ser necesario Reemplazar la línea de inyección si presenta fugas	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Filtro de agua	Desinstalar y evaluar el filtro Reemplazar si esta obstruido	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Batería	Desembornar los polos de la batería Limpiar lo bornes Chequear el nivel del ácido y los bornes Revisar y apretar la sujeción de los terminales Verificar que la batería no tenga fisuras Recarga la batería con un cargador de batería Reemplazar la batería por una nueva si está dañada o quemada Realizar montaje del a nueva batería	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad

Fuente: Elaboración propia

Figura 17: Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Sistema Motor (continuación)

FERREYROS	PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD		EQUIPO: SCOOP R1600G		
			Realizado por: Dennis Cuellar Lovaton		
			Revisado por: Jesús Mendieta Guillen		
			Hoja N° 5 de 8		
PROBLEMAS CON EL MOTOR (CONTINUACION)					
Componente	Estrategias de Mantenimiento Recomendadas	Tipo de Estrategia de Mantenimiento	Ejecutor	Frecuencia	Materiales y/o Herramientas Utilizadas
Radiador	Desinstalar el radiador para evaluarlo Chequear los sellos y las abrazaderas Ajustar o reemplazar los sellos y las abrazaderas Realizar un lavado químico Lavar con agua para retirar el químico utilizado anteriormente Realizar la prueba delta T Evaluar los resultados de la prueba delta T Basándose en los resultados de la prueba decidir si reemplazar el radiador	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	Cuando se le realiza mantenimiento al motor	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Tubo de Agua	Realizar un chequeo visual para examinar y detectar la tubería dañada Ajustar las abrazaderas Reemplazar las mangueras de unión de las tuberías deterioradas Reemplazar los sellos u o-ring rotos	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Sensor de Presión de Aceite	Chequear el estado de las líneas eléctricas y de sus conectores Ajustar las partes flojas Verificar que haya corriente en el sistema Chequear el funcionamiento del sensor Reemplazar el sensor dañado	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Turbo Cargador	Desmontar el turbocargador para realizar una inspección Revisar el empaque, las líneas y el múltiple de escape Reemplazar el empaque y las líneas si presentan fallas Probar y observar el funcionamiento del múltiple de escape Reemplazar múltiple de escape si presenta aceite	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	Cuando hay recalentamiento del sistema motor	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Filtro de Aceite de Motor	Desmontar los filtros para realizarles un chequeo visual Reemplazar aquellos filtros que estén sucios y obstruidos por partículas de desgaste Purgar el tanque de aceite de motor	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Filtro de Aire	Inspeccionar el estado de los filtros de aire Soplar con aire comprimido Reemplazar si está muy desgastado por limpiezas anteriores	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad

Fuente: Elaboración propia

Figura 18: Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Sistema Motor (continuación)

FERREYROS	PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD		EQUIPO: SCOOP R1600G		
			Realizado por: Dennis Cuellar Lovaton		
			Revisado por: Jesús Mendieta Guillen		
			Hoja N° 6 de 8		
PROBLEMAS CON EL MOTOR (CONTINUACIÓN)					
Componente	Estrategias de Mantenimiento Recomendadas	Tipo de Estrategia de Mantenimiento	Ejecutor	Frecuencia	Materiales y/o Herramientas Utilizadas
Correas	Realizar chequeo visual de la correa y del tensor Ajustar el tensor si es necesario Tensor la correa si esta floja Reemplazar los rodamientos si están dañados Reemplazar el kit de correas si presentan desgastes, cristalización o deshilachamiento	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Sensores	Evaluar la línea eléctrica Inspeccionar el sensor Reemplazar si está dañado o defectuoso	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Bomba de Agua	Inspeccionar el estado de la bomba de agua del sistema de enfriamiento Desinstalar la bomba para evaluarla Inspeccionar el estado de los sellos de la bomba de agua Reemplazar el kit de sellos Reemplazar la bomba si está dañada Instalar una bomba nueva Monitorear el desempeño del sistema de enfriamiento del motor	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Tubo Refrigerante del Radiador	Desinstalar el radiador Inspeccionar la tubería Reemplazar tubo dañado	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Tubería de Combustible	Realizar inspecciones para detectar y evaluar el área desgastada de la tubería. Reforzar los tubos con protectores. Reemplazar tubería de ser necesario. Redireccionar las mangueras cercana al tubo para evitar roces	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad

Fuente: Elaboración propia

Figura 19: Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Sistema Motor (continuación)

FERREYROS	PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD		EQUIPO: SCOOP R1600G		
			Realizado por: Dennis Cuellar Lovaton		
			Revisado por: Jesús Mendieta Guillen		
			Hoja N° 7 de 8		
PROBLEMAS CON EL MOTOR (CONTINUACIÓN)					
Componente	Estrategias de Mantenimiento Recomendadas	Tipo de Estrategia de Mantenimiento	Ejecutor	Frecuencia	Materiales y/o Herramientas Utilizadas
Filtro de Aceite del Motor	Desmontar los filtros para realizarles un chequeo visual Reemplazar aquellos filtros que estén sucios y obstruidos por partículas de desgaste. Purgar el tanque de aceite del motor	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Pistón	Desinstalar el pistón Chequear y reemplazar el kit de anillos Medir el diámetro de los pasadores y de los bujes Reemplazar los pasadores y los bujes desgastados Desinstalar la biela en conjunto con el pistón	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	Cuando se le realiza mantenimiento al motor	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Motor de Arranque	Desmontar el motor de arranque para examinar las condiciones de los bujes Reemplazar los bujes desgastados Probar los dos motores de arranque de forma individual Enviar a reparar aquel que presente fallas Verificar que llegue corriente al automático de los motores Reemplazar automático dañado	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad

Fuente: Elaboración propia

Figura 20: Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad Sistema Hidráulico

FERREYROS	PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD		EQUIPO: SCOOP R1600G		
			Realizado por: Dennis Cuellar Lovaton		
			Revisado por: Jesús Mendieta Guillen		
			Hoja N° 8 de 8		
PROBLEMAS CON EL SISTEMA HIDRAULICO					
Componente	Estrategias de Mantenimiento Recomendadas	Tipo de Estrategia de Mantenimiento	Ejecutor	Frecuencia	Materiales y/o Herramientas Utilizadas
Enfriadores de Aceite Hidráulico	Ajustar tornillos de ajuste de la base del enfriador Cambiar gomas Inspeccionar y lavar con desengrasante y agua a presión	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Bomba de Pistones	Evaluar y calibrar Evaluar el sensor de temperatura Evaluar el desgaste de pistones	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	Cuando falla	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Manguera	Inspeccionar y evaluar las presiones del aceite hidráulico Verificar las mangueras del sistema hidráulico Reemplazar si presenta desgaste o fisura	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	250 Horas	Herramientas menores Equipos de Seguridad
Cilindro Hidráulico	Inspeccionar los vástagos y los cilindros Verificar golpes, rayones o dobladuras en el vástago Examinar fisuras en el cilindro Cambiar el Kit de sellos Reemplazar el cilindro	Proactivas Tareas Predictivas y Preventivas	Mecánico	Cuando falla	Herramientas menores Equipos de Seguridad

Fuente: Elaboración propia

4.3 Descripción estadística

En la tabla 2, se presenta la disponibilidad antes de realizar la investigación del Scoop R1600G para los diferentes meses, los cuales fueron tomados para los meses de julio del 2016 a junio del 2017.

Tabla 2: Disponibilidad Mecánica del Scoop R1600G

EQUIPO	2016						2017					
	DISP. JUL.	DISP.AGO.	DISP.SET.	DISP.OCT.	DISP.NOV.	DISP.DIC.	DISP.ENE	DISP.FEB	DISP.MAR.	DISP.ABR.	DISP.MAY.	DISP.JUN.
SCR1600G-1	82	83	79	77	80	80	82	83	83	82	80	80
SCR1600G-2	83	84	80	82	81	81	83	84	85	84	82	82
SCR1600G-3	86	87	84	84	83	84	84	85	86	87	85	85
SCR1600G-4	87	86	83	83	84	85	85	84	85	86	84	84
SCR1600G-5	80	81	70	75	79	82	83	83	83	84	84	84

Fuente: Elaboración propia

La disponibilidad mecánica para el Scoop R1600G eran demasiado bajas como se puede apreciar en la tabla 3, el mismo que es en promedio del 82.77%, ya que el valor estándar de la disponibilidad mecánica a nivel mundial es del 92%.

Tabla 3: Estadísticas descriptivos del Scoop R1600G

Estadísticos descriptivos							
	N	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	Varianza
DISJUL16	5	7	80	87	83,60	2,881	8,300
DISAGO16	5	6	81	87	84,20	2,387	5,700
DISSET16	5	14	70	84	79,20	5,541	30,700
DISOCT16	5	9	75	84	80,20	3,962	15,700
DISNOV16	5	5	79	84	81,40	2,074	4,300
DISDIC16	5	5	80	85	82,40	2,074	4,300
DISENE17	5	3	82	85	83,40	1,140	1,300
DISFEB17	5	2	83	85	83,80	,837	,700
DISMAR17	5	3	83	86	84,40	1,342	1,800
DISABR17	5	5	82	87	84,60	1,949	3,800
DISMAY17	5	5	80	85	83,00	2,000	4,000
DISJUN17	5	5	80	85	83,00	2,000	4,000
N válido (por lista)	5						

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 tenemos los resultados estadísticos descriptivos, con los cuales se han obtenido los valores de la tabla 4, como son la media que asciende a 82.77% (el cual es el

promedio de los 60 datos registrados de los cinco equipos Scoop R1600G y durante los doce meses), de la misma manera la varianza la cual mide la distancia existente entre los valores de la serie y la media la varianza siempre es mayor que cero, la desviación estándar como se aprecia en la siguiente tabla es la raíz cuadrada de la varianza, el coeficiente de variación se calcula como cociente entre la desviación típica y la media, en la tabla podemos apreciar la disponibilidad mínima y la disponibilidad máxima del global de los datos de la tabla 2, la moda que toma un valor de 84 según la tabla 4 es la disponibilidad que más se repite, y los cuartiles informan de cómo se distribuyen el resto de los valores de la serie.

Tabla 4: Resultados estadísticos descriptivos de la disponibilidad mecánica de los equipos Scoop R1600G

MEDIA=	82.77
VARIANZA=	8.42
DESV.ESTANDAR=	2.90
COEF.VARIACION=	0.04
XMIN=	70
CUARTIL 1=	82
MEDIANA=	83
CUARTIL2=	83
CUARTIL3=	84
XMAX=	87
MODA=	84

Fuente: Elaboración propia

4.4 Análisis de Resultados

La disponibilidad promedio de toda la flota y de todos los meses, utilizando la tabla 7 tenemos como resultado el valor de 91.67%, esta disponibilidad se va a lograr si los Scoop R1600G no tienen muchas fallas como se puede apreciar en la tabla 5, o sea tiene que tener pocas paradas por mes, teniendo un máximo de 3 días sin trabajar al mes. Teóricamente eso se va a lograr si se aplica en forma rigurosa las hojas del RCM

planteadas en el presente trabajo de investigación. Al igual que las hojas propuestas del programa de mantenimiento centrado en la confiabilidad. Al aplicar esas hojas se tendrá menos fallas en los diferentes sistemas de los Scoop R1600G, como se puede apreciar en esas tablas se detalla el programa y también se está detallando las actividades a realizar para cada componente que pueda tener una avería.

Tabla 5 Días fuera de servicio de los equipos Scoop R1600G

FERREYROS	EQUIPO FUERA DE SERVICIO DE JUNIO A NOVIEMBRE DEL 2017 (DIAS)					
	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
SCR1600G-1	2	3	2	3	2	3
SCR1600G-2	3	2	3	2	3	2
SCR1600G-3	2	3	2	3	2	3
SCR1600G-4	2	2	2	3	3	3
SCR1600G-5	3	3	2	2	2	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 Disponibilidad de los equipos Scoop R1600G después de la aplicación MCC

FERREYROS	DISPONIBILIDAD DE LOS EQUIPOS DE JUNIO A NOVIEMBRE DEL 2017 (%)					
	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
SCR1600G-1	93.33	90.00	93.33	90.00	93.33	90.00
SCR1600G-2	90.00	93.33	90.00	93.33	90.00	93.33
SCR1600G-3	93.33	90.00	93.33	90.00	93.33	90.00
SCR1600G-4	93.33	93.33	93.33	90.00	90.00	90.00
SCR1600G-5	90.00	90.00	93.33	93.33	93.33	90.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Disponibilidad de los equipos Scoop R1600G por mes de la muestra

FERREYROS	PROMEDIO DE DISPONIBILIDAD DE JUNIO A NOVIEMBRE DEL 2017 (%)					
	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
GRUPO DE SCOOP	92.00	91.33	92.67	91.33	92.00	90.67

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión

Esta investigación tuvo como propósito determinar las características del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los Scoop R1600G en Ferreyros, se presentó detalladamente cuatro de las características del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para así mejorar la productividad de los equipos; al realizar el análisis de que función cumple un determinado sistema y llegar hasta el efecto que genera los modos de falla, este análisis nos servirá para no tener fallas prematuras o paradas imprevistas de los equipos.

También en esta investigación tenemos dos propósitos más el cual es realizar el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad y las actividades que requiere cada programa de mantenimiento, en esta investigación presentamos actividades necesarias para el buen funcionamiento de los equipos. En estos puntos planteamos que en investigaciones futuras, profundicen en cuanto al sistema electrónico, ya que en la presente tesis no se abordó el mencionado tema.

El método empleado en la investigación es el método científico y es el más adecuado para el análisis de nuestras variables estudiadas y la muestra es la adecuada para decir que nuestra investigación es válida.

Estos resultados obtenidos en la investigación son solo para los Scoop R1600G, ya que en el estudio solo se ha analizado esos equipos y en las condiciones de trabajo, la cual fue realizada en la Empresa Administradora Chungar.

A partir de los resultados mostrados la predicción de la hipótesis planteada, se puede aceptar la cual menciona si se determinan las características del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad utilizando sus herramientas análisis de modos de falla y sus efectos entonces se incrementará su productividad de los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco.

Los resultados obtenidos tienen relación con lo que sostiene Rojas (2010) en su tesis Plan para la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para plantas de concreto en proyectos del ICE, quien describe con la aplicación del RCM a la planta de concreto IME, lograron optimizar las técnicas de mantenimiento de los equipos de la planta, lo que a futuro debe garantizar confiabilidad, disponibilidad, seguridad y un mejor uso de repuestos y consumibles en estos equipos.

En lo que respecta a la relación con lo que sostiene Vásquez (2008), quien concluyó al realizar este análisis se generó una base de datos con información actual y detallada de todas las fallas que han sucedido y que posiblemente sucedan al equipo. Por otro lado este investigador concluyó que un análisis RCM es su retroalimentación, ya que a medida que vayan sucediendo fallas no consideradas, estas deben ser incluidas en el análisis junto con su tarea proactiva asociada, por lo tanto esta metodología es una excelente herramienta que permite revisar y generar de una manera práctica y rápida

estrategias de mantenimiento, la cual permite optimizar los recursos y mejorar la productividad de los equipos.

Contrariamente Da Costa (2010) en su tesis Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a motores de gas de dos tiempos en pozos de alta producción, mediante la determinación del tiempo medio entre falla le permitió determinar la frecuencia óptima de intervención de cada uno de los motores analizados a través del método gráfico; esta etapa es muy importante ya que influye directamente en la hoja de decisiones y en el establecimiento de las tareas de mantenimiento preventivo de cada uno de los motores.

Para incrementar la disponibilidad mecánica de los Scoop R1600G, de 82.77%, se ha propuesto aplicar las estrategias recomendadas por el mantenimiento centrado en la confiabilidad, la cual detalla los siguientes rubros: la función principal de cada uno de los sistemas del Scoop R1600G, seguidamente se tiene la falla funcional del sistema en estudio, luego los modos de falla y finalmente los efectos que se generan debido a esos modos de falla. Como actualmente en la empresa no se lleva a cabo este tipo de mantenimiento la cual ha dado muchos resultados favorables desde el año 1969, ya que fue aplicado por la industria de aviación civil de los estados unidos donde tenían muchos accidentes aéreos, al aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad redujeron esos accidentes casi a cero. Por lo tanto al aplicar el mantenimiento centrado en la confiabilidad se va incrementando paulatinamente la disponibilidad de los equipos al tener una planificación adecuada de los programas de mantenimiento y así poder llegar al estándar mundial de disponibilidad mecánica que es de 92%. Al ser la presente tesis de nivel descriptivo solo se propuso las hojas de RCM y el plan de mantenimiento aplicando el RCM para los Scoop R1600G.

CONCLUSIONES

1. El mantenimiento centrado en la confiabilidad es una herramienta que permite generar estrategias de mantenimiento en forma rápida y eficaz, esta herramienta se puede aplicar a cualquier equipo o conjunto de ellos, lo principal es preparar a un mecánico especialista el cual es quien conoce el funcionamiento, operación fallas y todas las particularidades de los Scoop R1600G.
2. La implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad, permite realizar una base de datos con las fallas que han sucedido y las fallas que puedan suceder, el mantenimiento centrado en la confiabilidad es una retroalimentación de cada ocurrencia de falla nueva, información que debe incluirse en el análisis y las tareas proactivas, para de esta manera podamos incrementar la productividad de los Scoop R1600G.
3. La elaboración de las hojas del mantenimiento centrado en la confiabilidad, para cada uno de los sistemas que cuenta el equipo, nos permite analizar los modos y efectos de las fallas para detectar de manera eficiente los modos de fallas jerarquizando su importancia de ocurrencia detalladamente del Scoop R1600G.
4. La implementación de este sistema de mantenimiento centrado en la confiabilidad y la aplicación de estrategias recomendadas, nos permitió incrementar la disponibilidad mecánica de los Scoop R1600G de un 82.77% a un 91.67%. y de esta manera poder acercarnos al estándar mundial de disponibilidad mecánica que es del 92%.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda implementar este tipo de planes de mantenimiento centrado en la confiabilidad en otros Scoop de las mismas características analizadas en la presente investigación, para que así, evitar el exceso de mantenimientos correctivos.
2. Se debe analizar por qué el mantenimiento preventivo tiene deficiencias; para lo cual se recomienda una constante capacitación a los involucrados en el sistema de mantenimiento de los Scoop R1600G.
3. Recomiendo utilizar una de las técnicas que se cuentan para realizar el análisis de falla de los componentes (p.e. la técnica de causa efecto) y de esta manera podrán mejorar la programación de los mantenimientos y aumentar la productividad del Scoop R1600G.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Backlund, F. (2003). *RCM as a Method of Working within Hydropower Organisations (tesis de doctorado)*. . USA: Lulea University of Technology, Lulea.
- Canchica, V. (2007). *Diseño de un plan de mantenimiento basado en la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para la flota de equipos de carga palas hidráulicas O& K de la mina paso del diablo de carbones del Guasare, S.A.* Venezuela: Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial.
- Rojas (2010) “Plan para la implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para plantas de concreto en proyectos del ICE”. Universidad para la Cooperación Internacional.
- Vasquez (2008) “Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM en motores Detroit 16V-149TI en Codelco División Andina”. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Escuela Ingeniería Mecánica.
- Da Costa, M. (2010). *tesis pregrado, se encuentra la tesis titulada: Aplicación del mantenimiento centrado en confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción.* Lima, Perú.: Pontificia Católica del Perú, Facultad de Ingeniería Mecánica.
- Guerra, J. (2014). *tesis pregrado En la biblioteca de la se encuentra la tesis titulada; “Plan de lubricación para mejorar la disponibilidad de las maquinarias pesadas utilizada en el mantenimiento de carreteras en la empresa ICCGSA.* Huancayo, Perú.: Universidad Nacional del Centro del Perú. Facultad de Ingeniería Mecánica.
- Lafraia, J. (2001). *Manual de confiabilidad, Mantenibilidad e disponibilidad.* Qualitymark Editora.
- Mora, A. (2009). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control.* Alfa y omega. . México.

Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*. . Madrid, España.: Aladon LLC. .

Sotuyo, S. (2012). *El nuevo paradigma del mantenimiento y RCM2*. . Lima, Perú.: Tecsup.

ANEXOS

ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO “ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA SCOOP R1600G EN FERREYROS S.A. UNIDAD CERRO DE PASCO”

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA
<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <p>¿Cuáles son las características del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco?</p> <p>PROBLEMAS ESPECIFICOS:</p> <p>a) ¿Cómo la programación de las actividades de mantenimiento centrado en la confiabilidad utilizando las herramientas de análisis de modos de falla y sus efectos, incide en la productividad de los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco?</p> <p>b) ¿De qué manera las actividades de mantenimiento centrado en la confiabilidad utilizando las herramientas de análisis de modos de falla y sus efectos, incrementará la productividad de los Scoop R1600G en Ferreyros S.A. Unidad Cerro de Pasco?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Determinar las características del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <p>a) Analizar si la programación de las actividades de mantenimiento centrado en la confiabilidad utilizando las herramientas de análisis de modos de falla y sus efectos, incide en la productividad de los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco.</p> <p>b) Lograr determinar que las actividades de mantenimiento centrado en la confiabilidad utilizando las herramientas de análisis de modos de falla y sus efectos, incrementa la productividad de los Scoop R1600G en Ferreyros. Unidad Cerro de Pasco.</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL:</p> <p>Si se determinan las características del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco, utilizando las herramientas de análisis de modos de falla y sus efectos entonces se incrementará la productividad.</p> <p>HIPOTESIS ESPECIFICAS:</p> <p>a) Si se determina la programación de las actividades de mantenimiento centrado en la confiabilidad utilizando las herramientas de análisis de modos de falla y sus efectos, entonces se incrementará la productividad de los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco.</p> <p>b) Si se determinan las actividades de mantenimiento centrado en la confiabilidad utilizando las herramientas de análisis de modos de falla y sus efectos, entonces se incrementará la productividad de los Scoop R1600G en Ferreyros Unidad Cerro de Pasco.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>. Scoop R1600 G</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACION:</p> <p>Básica.</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACION:</p> <p>Descriptivo.</p> <p>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:</p> <p>Diseño Descriptivo Simple</p> <p style="text-align: center;">M → O</p> <p>POBLACION Y MUESTRA:</p> <p>La población es lo mismo que la muestra.</p> <p>POBLACIÓN:</p> <p>8 Scoop R1600G</p> <p>MUESTRA:</p> <p>5 Scoop R1600G</p>

ANEXO B: MANUAL DE MANTENIMIENTO SCOOP R1600G



SEBU8317
November 2012

Manual de Operación y Mantenimiento

R1600H

Máquinas de Carga, Acarreo y Descarga

Prefacio

Información general

Este manual debe almacenarse en el porta manual o en el espacio para publicaciones detrás del asiento, en el compartimiento del operador.

Este manual contiene información sobre seguridad, instrucciones de operación, información sobre transporte, lubricación y mantenimiento.

Algunas fotografías o ilustraciones en esta publicación muestran detalles o accesorios que pueden ser diferentes a los de su máquina. Pueden haberse quitado los protectores y tapas con propósito ilustrativo.

Las continuas mejoras y adelantos en el diseño del producto pueden haber causado cambios a su máquina no incluidos en esta publicación. Lea, estudie y tenga siempre este manual en la máquina.

Siempre que surja alguna pregunta con respecto a su máquina o a esta publicación, pida a su distribuidor Caterpillar la información más reciente.

Seguridad

La sección de seguridad da una lista de las precauciones básicas de seguridad. Además, esta sección identifica el texto y la ubicación de las etiquetas de advertencia que se usan en la máquina.

Lea y comprenda las precauciones básicas de seguridad que se indican en la Sección de seguridad antes de operar, lubricar, reparar o dar mantenimiento a esta máquina.

Operación

La Sección de operación es una referencia para el operador nuevo y un recordatorio para el experimentado. Esta sección incluye una explicación de los medidores, interruptores/conmutadores, controles de la máquina, controles de los accesorios, y la información necesaria para el transporte y remolque de la máquina.

Las fotografías e ilustraciones guían al operador a través de los procedimientos correctos de comprobación, arranque, operación y parada de la máquina.

Las técnicas de operación que se describen en esta publicación son básicas. La habilidad y la técnica las desarrolla el operador a medida que gana conocimientos de la máquina y de sus capacidades.

Mantenimiento

La Sección de mantenimiento es una guía para el cuidado del equipo. Las instrucciones, ilustradas paso por paso, están agrupadas por intervalos de servicio. Las entradas sin intervalos específicos se agrupan en el intervalo "Cuando sea necesario". Los artículos en la tabla de intervalos de mantenimiento incluyen referencias a instrucciones detalladas que vienen a continuación.

Intervalos de mantenimiento

Guíese por el horómetro de servicio para determinar los intervalos de servicio. Pueden usarse los intervalos de calendario que se indican (diariamente, cada semana, cada mes, etc.) en lugar de los intervalos del horómetro si éstos proporcionan un programa más cómodo y se aproximan a las lecturas del horómetro. El servicio recomendado se debe hacer siempre en el intervalo que ocurra primero.

En condiciones extremadas de polvo o de lluvia, puede ser necesario lubricar con mayor frecuencia que la que se especifica en la tabla de intervalos de mantenimiento.

Haga el servicio en múltiplos del requisito original. Por ejemplo, cada 500 horas de servicio o cada 3 meses haga también el servicio que se indica en cada 250 horas de servicio o cada mes y en cada 10 horas de servicio o diariamente.

Advertencia contenida en la Propuesta 65 del estado de California

El estado de California reconoce que el escape de los motores diesel y algunos de sus componentes causan cáncer, defectos de nacimiento y otros daños al sistema reproductivo.

Número de Identificación de Producto Caterpillar

A partir del primer trimestre del 2001, el Número de Identificación de Producto (PIN) de Caterpillar cambiará de 8 a 17 caracteres. Para hacer más uniforme el método de identificación de equipos, Caterpillar y otros fabricantes de equipo de construcción han tomado medidas para cumplir con la versión más reciente de la norma de numeración de identificación de productos. Los Números de Identificación de Producto para máquinas que no se operan en carreteras son definidos por la norma ISO 10261. El nuevo formato PIN corresponderá a todas las máquinas y grupos electrógenos Caterpillar. Las placas y los caracteres PIN estampados en el bastidor mostrarán el PIN de 17 caracteres. El nuevo formato tendrá la apariencia siguiente:

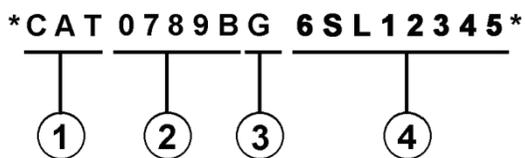


Ilustración 1

g00751314

Significado de los caracteres:

Código de Fabricación Mundial de Caterpillar (caracteres 1-3)

Sección Descriptor de la Máquina (caracteres 4-8)

Carácter de Verificación (carácter 9)

Sección Indicador de la Máquina (MIS) o Número de Secuencia de Producto (caracteres 10-17). Anteriormente, estos caracteres constituían el Número de Serie.

Las máquinas y grupos electrógenos producidos antes del primer semestre del 2001 mantendrán su formato PIN de 8 caracteres.

Los componentes como motores, transmisiones, ejes, herramientas de trabajo, etc., continuarán usando un Número de Serie (S/N) de 8 caracteres.

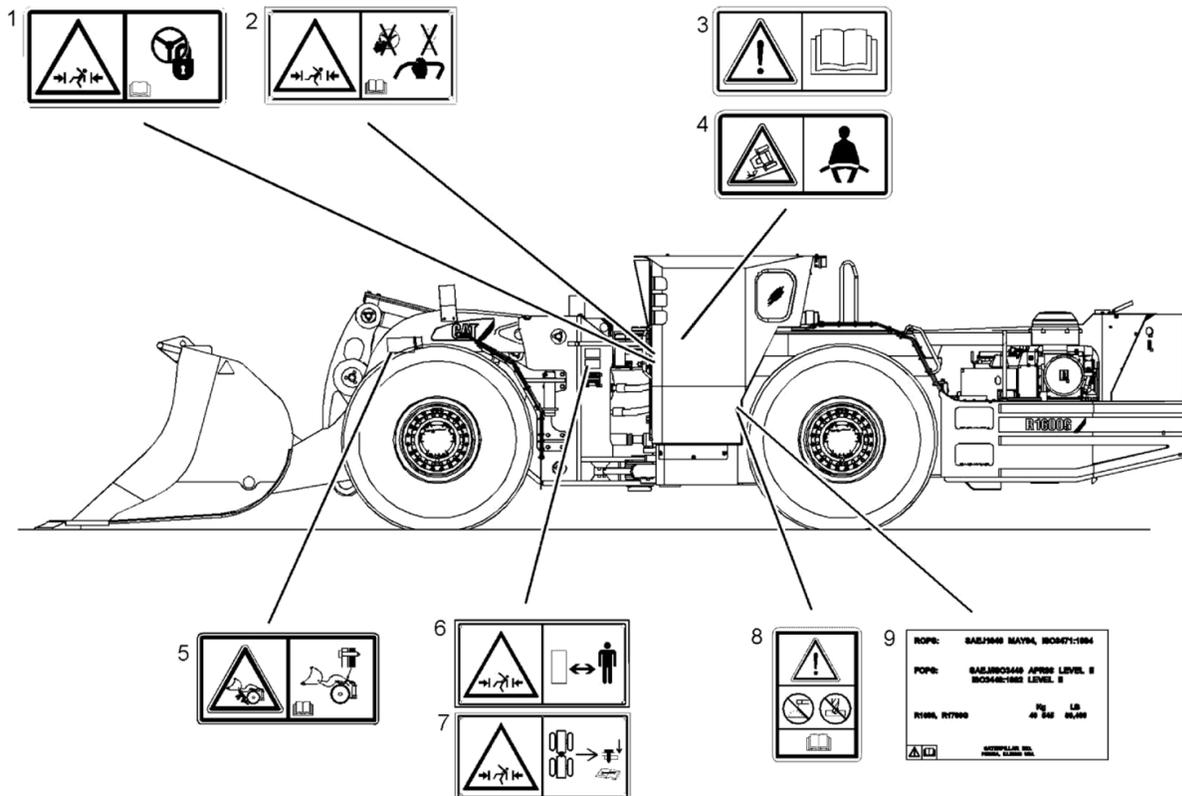
Avisos de seguridad

Código SMCS: 7000

Hay varias señales de advertencia específicas en esta máquina. En esta sección se examina la ubicación exacta de los peligros y la descripción de los mismos. Familiarícese con el contenido de todos los mensajes de seguridad.

Asegúrese de que todos los mensajes de seguridad sean legibles. Limpie o reemplace las etiquetas de los mensajes de seguridad si no se pueden leer. Reemplace las ilustraciones que no sean visibles. Cuando limpie las etiquetas de los mensajes de seguridad, utilice un trapo, agua y jabón. No utilice disolventes, gasolina ni productos químicos abrasivos para limpiar las etiquetas de los mensajes de seguridad. Los disolventes, la gasolina o los productos químicos abrasivos pueden aflojar el adhesivo que sujeta las etiquetas de los mensajes de seguridad. El adhesivo flojo permitirá que las etiquetas de los mensajes de seguridad se despeguen.

Reemplace toda etiqueta con mensajes de seguridad que esté dañada o que falte. Si hay una etiqueta de advertencia en una pieza que se va a reemplazar, coloque una etiqueta similar en la pieza de repuesto. Cualquier distribuidor Caterpillar le puede suministrar etiquetas de seguridad nuevas.



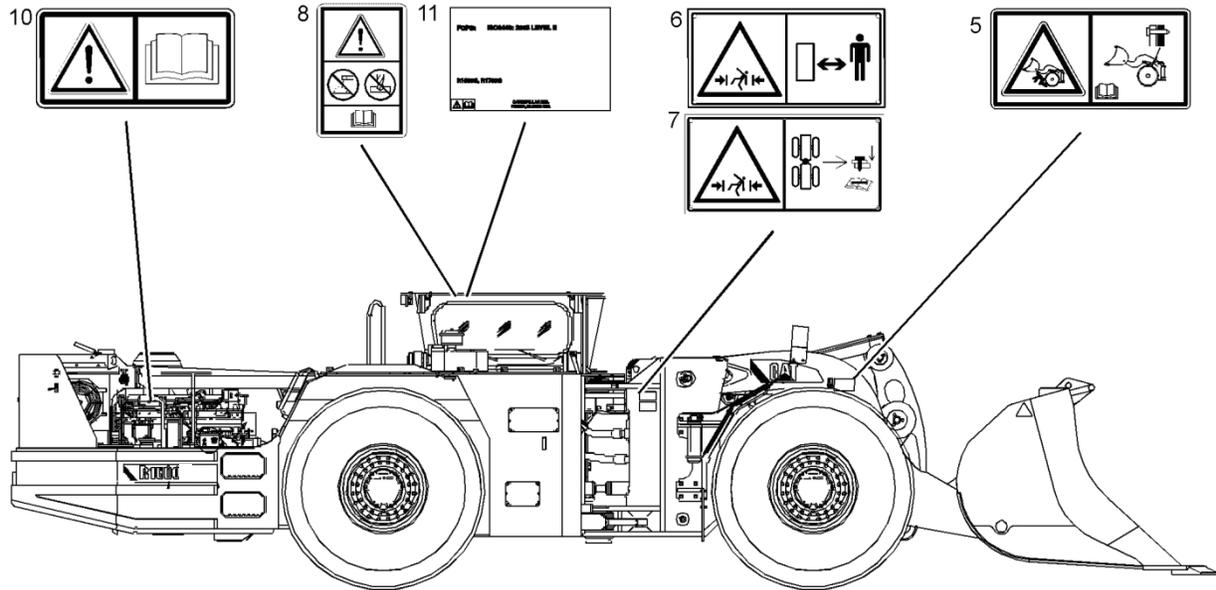
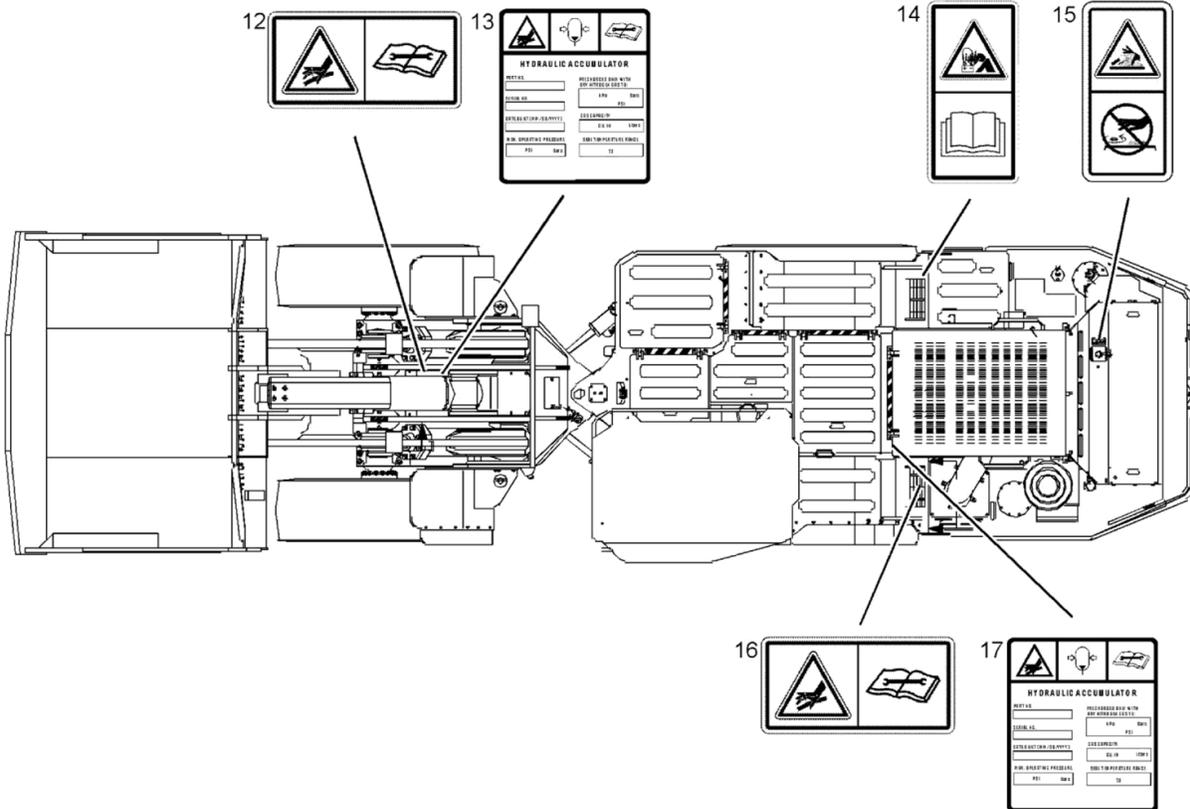


Ilustración 29

g01800072



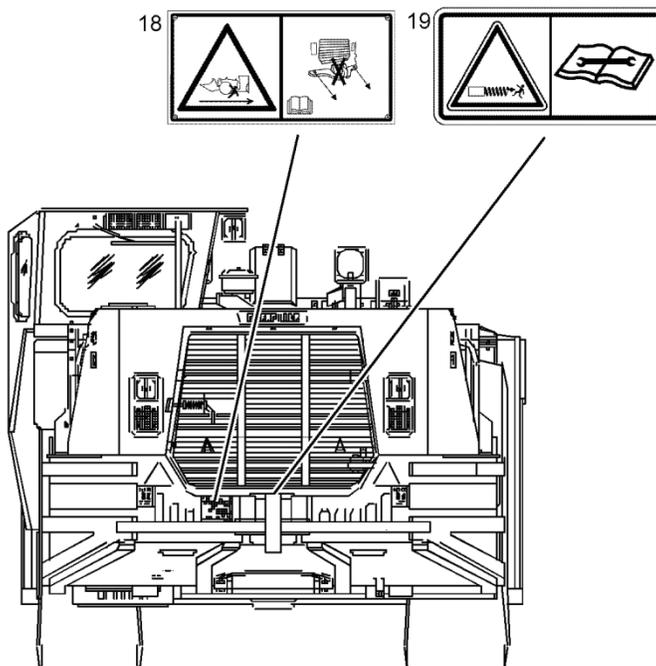


Ilustración 31

g01801654

Acceso a la estación del operador (1)

Esta etiqueta de advertencia se encuentra en el interior de la puerta de la cabina del operador (máquinas con control de dirección STIC).

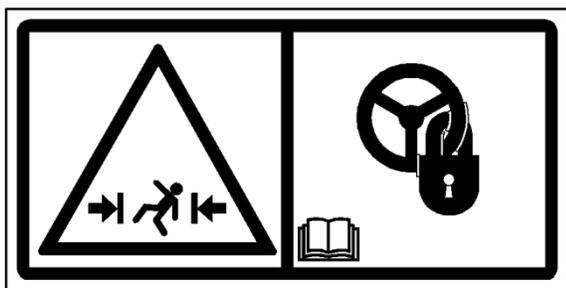


Ilustración 32

g01389329

ADVERTENCIA

No hay espacio libre suficiente para una persona en el área de acceso de la estación del operador cuando la máquina gira. Se pueden sufrir lesiones graves o mortales por aplastamiento.

Conecte la traba de la transmisión/dirección principal antes de salir de la estación del operador.

Control de dirección STIC (2)

Esta etiqueta de advertencia se encuentra en el interior de la puerta de la cabina del operador (máquinas con control de dirección STIC).

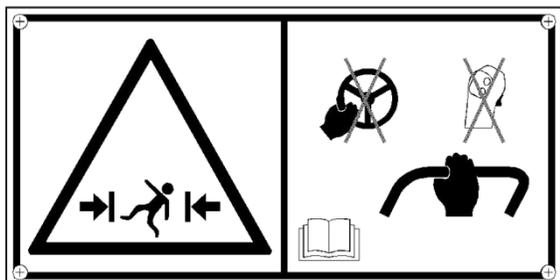


Ilustración 33

g01389328

! ADVERTENCIA

Use una agarradera, no el control STIC, para entrar o salir de la estación del operador.

Quando la máquina gira, se pueden sufrir lesiones graves y mortales por aplastamiento.

No operar (3)

Esta etiqueta de advertencia se encuentra en la estación del operador.

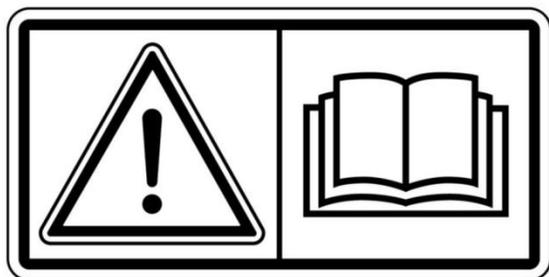


Ilustración 34

g01370904

! ADVERTENCIA

No opere ni trabaje en esta máquina, a menos que haya leído y comprendido las instrucciones y advertencias que se indican en el Manual de Operación y Mantenimiento. Si no se siguen estas instrucciones ni se presta atención a las advertencias se pueden sufrir lesiones graves o fatales. Pida a su distribuidor Caterpillar los manuales necesarios. El cuidado apropiado del equipo es su responsabilidad.

Cinturón de seguridad (4)

Esta etiqueta de advertencia se encuentra en la estación del operador.



Ilustración 35

g01370908

! ADVERTENCIA

El cinturón de seguridad debe estar abrochado todo el tiempo que la máquina está funcionando para evitar lesiones graves o mortales en caso de accidente o de vuelco de la máquina. Si no se tiene el cinturón de seguridad cuando la máquina está funcionando se pueden sufrir lesiones personales o mortales.

Grupo de control del cucharón (5)

Esta etiqueta de advertencia se encuentra en ambos lados del brazo de levantamiento.

Peligro de aplastamiento (7)

Esta etiqueta de advertencia se encuentra en ambos lados del enganche articulado de la máquina.

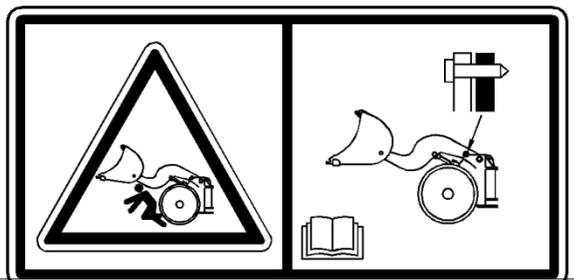


Ilustración 36

g01389330

⚠ ADVERTENCIA

No hay espacio libre para una persona en esta área cuando se baja el grupo de control del cucharón. Se pueden sufrir lesiones graves y mortales por aplastamiento.

Instale los pasadores de seguridad del grupo de control del cucharón antes de dar servicio a la máquina en esta área.

Quite los pasadores de seguridad y almacénelos antes de reanudar la operación de la máquina.

No hay espacio libre (6)

Esta etiqueta de advertencia se encuentra en ambos lados del enganche articulado de la máquina.

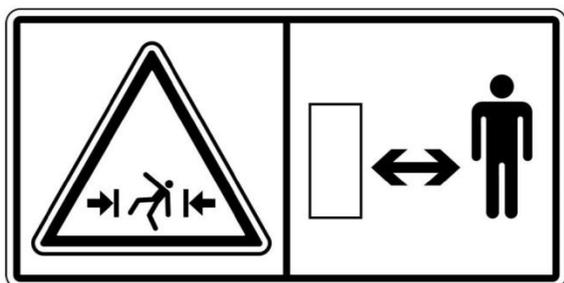


Ilustración 37

g01371644

⚠ ADVERTENCIA

Manténgase alejado una distancia segura. No hay espacio libre suficiente para una persona en esta área cuando la máquina gira. Podrían ocurrir lesiones graves o mortales debido a aplastamiento.

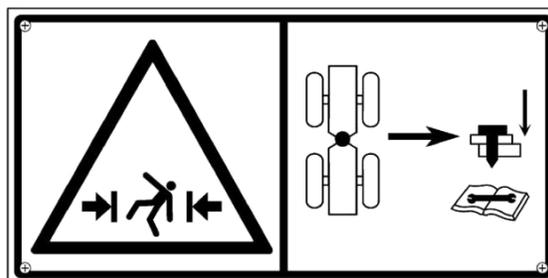


Ilustración 38

g01389327

⚠ ADVERTENCIA

No hay espacio suficiente para una persona en esta zona cuando la máquina gira. Pueden ocurrir lesiones graves o mortales por aplastamiento. Conecte el pasador de bloqueo del bastidor de dirección entre los bastidores delantero y trasero antes de levantar, transportar o dar servicio a la máquina en la zona de articulación. Desconecte el pasador de bloqueo y asegúrelo antes de continuar operando la máquina.

No suelde ni taladre en la ROPS/FOPS (8), (9)

Esta etiqueta de seguridad está situada en el puesto del operador.



Ilustración 39

g01390454

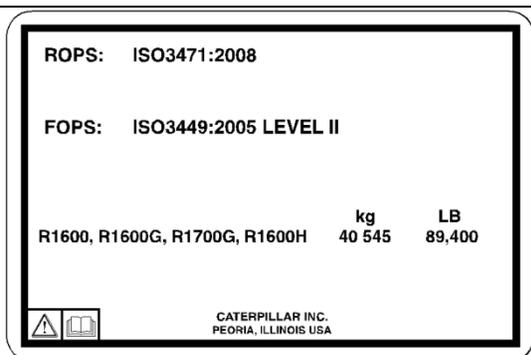


Ilustración 40

g01893073

ADVERTENCIA

Los daños estructurales, los vuelcos, las modificaciones, los cambios o las reparaciones inapropiadas pueden menguar la protección que proporciona esta estructura y anular por eso esta certificación. No suelde ni haga agujeros en la estructura. Consulte al distribuidor Caterpillar para determinar las limitaciones de esta estructura sin anular su certificación.

Certificación de estructura de protección antivuelco

Esta máquina ha sido certificada de acuerdo con las normas que se indican en la etiqueta de certificación. El peso máximo de la máquina, que incluye al operador y los accesorios, sin carga útil, no debe exceder el peso que se indica en la etiqueta de certificación.

Inyectores unitarios (10)

Esta etiqueta de advertencia se encuentra en ambos lados de la base de la tapa de válvulas del motor.



Ilustración 41

g01370904

ADVERTENCIA

Peligro de descarga eléctrica. Sistema de inyectores unitarios. 90 - 120 voltios.

No suelde ni taladre la FOPS (8), (11)

Esta etiqueta de seguridad se encuentra en el lateral derecho de la FOPS de la estación del operador.



Ilustración 42

g01390454

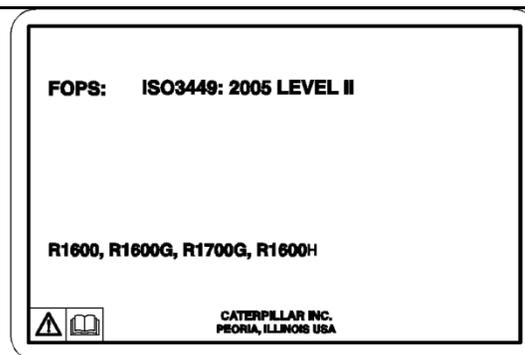


Ilustración 43

g01849974

ADVERTENCIA

Los daños estructurales, los vuelcos, las modificaciones, los cambios o las reparaciones inapropiadas pueden menguar la protección que proporciona esta estructura y anular por eso esta certificación. No suelde ni haga agujeros en la estructura. Consulte al distribuidor Caterpillar para determinar las limitaciones de esta estructura sin anular su certificación.

Certificación de estructura de protección contra la caída de objetos

Esta máquina ha sido certificada de acuerdo con las normas que se indican en la etiqueta de certificación. El peso máximo de la máquina, que incluye al operador y los accesorios, sin carga útil, no debe exceder el peso que se indica en la etiqueta de certificación.

Cilindro de alta presión (control de amortiguación) (12), (13)

Esta etiqueta de advertencia se encuentra en el bastidor delantero cerca del acumulador de control de amortiguación (si tiene).

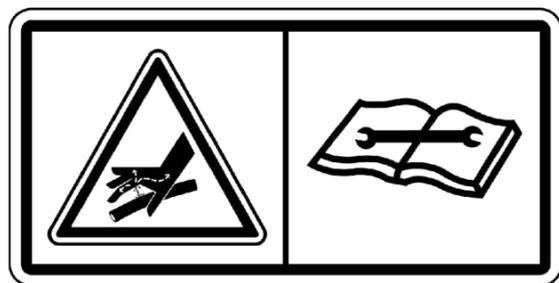


Ilustración 44

g01372252

ADVERTENCIA

El acumulador hidráulico contiene gas y aceite bajo presión. Los procedimientos de remoción o reparación inapropiados pueden causar lesiones serias. Se deben seguir las instrucciones de remoción o de reparación que se indican en el Manual de Servicio. Se requiere equipo especial para hacer las pruebas y dar carga a presión.

Esta etiqueta de seguridad está situada en el acumulador de control de amortiguación.

		
HYDRAULIC ACCUMULATOR		
PART NO. []	PRECHARGED ONLY WITH DRY NITROGEN GAS TO:	
SERIAL NO. []	kPa Bars PSI	
DATE BUILT (MM/DD/YYYY) []	GAS CAPACITY	
MAX. OPERATING PRESSURE	CU. IN. Liters	
PSI Bars	SEAL TEMPERATURE RANGE to	

Ilustración 45

g01389331

ADVERTENCIA

¡Cilindro de alta presión!

No quite ninguna válvula, conexión hidráulica ni núcleo de válvula, ni desarme ninguna de las piezas hasta que se haya aliviado la presión. De no hacerlo así pueden ocurrir lesiones personales.

Para aliviar la presión:

Vea el Manual de Servicio para conocer el método correcto de disipación de la presión del sistema hidráulico.

Alivie la presión de gas en el cilindro del acumulador, abriendo la válvula de carga una vuelta solamente.

Cargue el cilindro con gas nitrógeno seco.

Vea a su distribuidor Caterpillar para obtener las herramientas y la información detallada requerida para cargar los cilindros.

Baterías (14)

Esta etiqueta de advertencia se encuentra en el lado derecho sobre el compartimiento de las baterías.



Ilustración 46

g01389332

⚠ ADVERTENCIA

UNA MALA CONEXION DE LOS CABLES DE ARRANQUE AUXILIARES PUEDE CAUSAR UNA EXPLOSION Y RESULTAR EN LESIONES GRAVES.

LAS BATERIAS PUEDEN ESTAR EN COMPARTIMIENTOS SEPARADOS. CUANDO UTILICE CABLES DE ARRANQUE AUXILIARES, CONECTE SIEMPRE EL CABLE POSITIVO (+) CON EL BORNE POSITIVO (+) DE LA BATERIA CONECTADO AL SOLENOIDE DEL MOTOR DE ARRANQUE, Y EL CABLE NEGATIVO (-) DE LA FUENTE EXTERNA CON EL BLOQUE MOTOR O BASTIDOR. SIGA EL PROCEDIMIENTO DEL MANUAL DE OPERACION.

Refrigerante del motor (15)

Esta etiqueta de advertencia se encuentra cerca de la tapa de presión del sistema de enfriamiento.

Ilustración 48



Ilustración 47

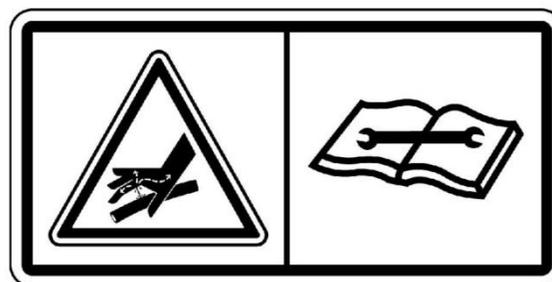
g01378799

⚠ ADVERTENCIA

SISTEMA PRESURIZADO: EL REFRIGERANTE CALIENTE PUEDE CAUSAR QUEMADURAS SERIAS. ANTES DE ABRIR LA TAPA, PARE EL MOTOR Y ESPERE HASTA QUE SE ENFRIE EL RADIADOR. DESPUES AFLOJE LENTAMENTE LA TAPA PARA ALIVIAR LA PRESION DEL SISTEMA.

Cilindro de alta presión (acumulador del freno) (16), (17)

Esta etiqueta de seguridad se encuentra en el bastidor trasero cerca de los acumuladores del freno.



g01372252

⚠ ADVERTENCIA

El acumulador hidráulico contiene gas y aceite bajo presión. Los procedimientos de remoción o reparación inapropiados pueden causar lesiones serias. Se deben seguir las instrucciones de remoción o de reparación que se indican en el Manual de Servicio. Se requiere equipo especial para hacer las pruebas y dar carga a presión.

Esta etiqueta de advertencia se encuentra en los acumuladores del freno.

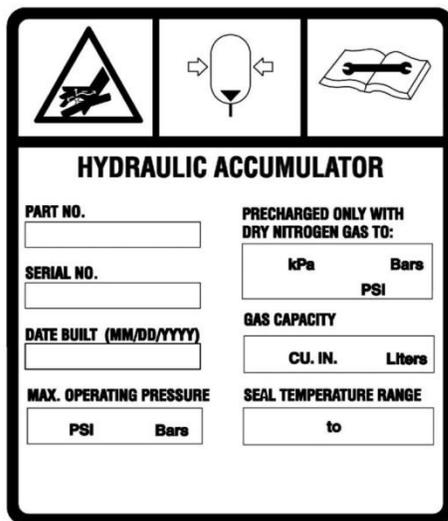


Ilustración 49

g01389331

⚠ ADVERTENCIA

¡Cilindro de alta presión!

No quite ninguna válvula, conexión hidráulica ni núcleo de válvula, ni desarme ninguna de las piezas hasta que se haya aliviado la presión. De no hacerlo así pueden ocurrir lesiones personales.

Para aliviar la presión:

Vea el Manual de Servicio para conocer el método correcto de disipación de la presión del sistema hidráulico.

Alivie la presión de gas en el cilindro del acumulador, abriendo la válvula de carga una vuelta solamente.

Cargue el cilindro con gas nitrógeno seco.

Vea a su distribuidor Caterpillar para obtener las herramientas y la información detallada requerida para cargar los cilindros.

Gancho de remolque (18)

Esta etiqueta de advertencia se encuentra junto al gancho de remolque (si tiene).



Ilustración 50

g01389334

⚠ ADVERTENCIA

No use este dispositivo de remolque para remolcar otras máquinas o equipo.

El uso de este gancho puede desconectar el freno de estacionamiento/secundario.

Si la máquina se puede, puede causar lesiones personales y mortales.

Los dispositivos que están marcados para remolque deben usarse para remolcar otras máquinas.

Resorte comprimido (19)

Esta etiqueta de advertencia se encuentra en el cilindro de desconexión del freno (si tiene).

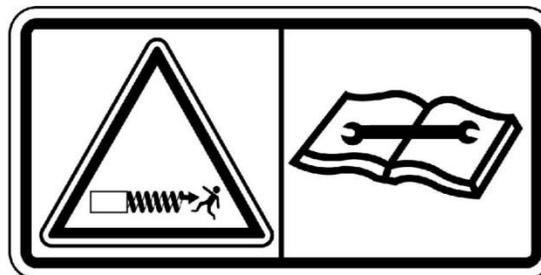


Ilustración 51

g01379131

Información de visibilidad

Código SMCS: 7000

Antes de arrancar la máquina, realice una inspección alrededor de la máquina para asegurarse de que no haya peligros alrededor de la misma.

Mientras la máquina esté en operación, inspeccione constantemente el área alrededor de la máquina para identificar peligros potenciales.

Su máquina puede estar equipada con ayudas visuales. Algunos ejemplos de ayudas visuales son la Televisión de Circuito Cerrado (CCTV) y los espejos. Antes de operar la máquina, asegúrese de que las ayudas visuales funcionen correctamente y estén limpias. Ajuste las ayudas visuales usando los procedimientos indicados en el Manual de Operación y Mantenimiento. El Sistema de Visualización del Área de Trabajo, si está instalado, debe ajustarse siguiendo las indicaciones del Manual de Operación y Mantenimiento, SEBU8157, "Sistema de Visualización del Área de Trabajo".

En máquinas grandes puede resultar imposible tener visibilidad directa de todas las áreas alrededor de la máquina. En estos casos, es necesaria la organización del sitio de trabajo para minimizar los peligros que puedan causar las restricciones de visibilidad. La organización del sitio de trabajo es una acumulación de reglas y procedimientos que permite coordinar las máquinas y el personal que trabaja conjuntamente en la misma área. Ejemplos de organización del sitio de trabajo incluyen lo siguiente:

Instrucciones de seguridad

Patrones controlados de movimiento de la máquina y movimiento del vehículo

Trabajadores que dirigen el tráfico para moverse cuando es seguro

Áreas restringidas

Capacitación del operador

Símbolos de advertencia o señales de advertencia en las máquinas o en los vehículos

Un sistema de comunicación

Comunicación entre trabajadores y operadores antes de aproximar la máquina

Deben evaluarse modificaciones de la configuración de la máquina por el usuario que puedan resultar en restricciones de visibilidad

i04594499

Restricciones de visibilidad

Código SMCS: 7000

El tamaño y la configuración de esta máquina podrían no permitir ver algunas áreas cuando el operador está sentado. En la ilustración 100 se proporciona una indicación visual aproximada de las áreas de visibilidad significativamente restringidas. En la ilustración 100, se indican áreas de visibilidad limitada a nivel del suelo dentro de un radio de 12 m (40') del operador en una máquina sin uso de ayudas visuales optativas. En esta imagen no se muestran áreas de visibilidad restringida a distancias fuera de un radio de 12 m (40').

Esta máquina puede tener ayudas visuales opcionales que otorguen visibilidad a algunas áreas de visibilidad restringida. Si su máquina está equipada con cámaras, consulte más información sobre visibilidad adicional en este Manual de Operación y Mantenimiento, "Cámara". Para las áreas que no estén cubiertas por las ayudas visuales optativas, se debe contar con la organización del sitio de trabajo para minimizar los peligros presentados por esta visibilidad restringida. Para obtener información adicional relacionada con la organización del sitio de trabajo consulte el Manual de Operación y Mantenimiento, "Información de visibilidad".

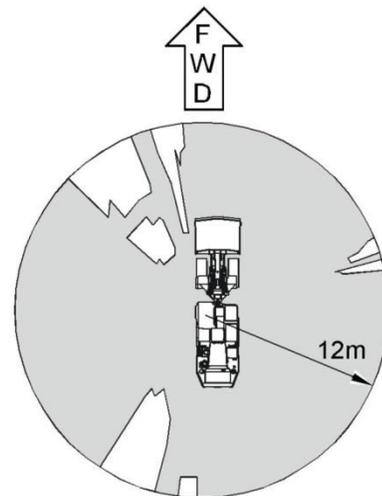


Ilustración 100

g02313133

Vista superior de la máquina

Nota: Las áreas sombreadas indican la ubicación aproximada de las áreas con visibilidad significativamente restringida.

Ilustración 60

g00899564

i03575427

Mensajes adicionales

Código SMCS: 7000

Hay varios mensajes específicos en esta máquina. En esta sección se analiza la ubicación exacta de los mensajes y su descripción. Familiarícese con el contenido de todos los mensajes.

Asegúrese de que todos los mensajes sean legibles. Limpie o reemplace los mensajes si no se pueden leer. Reemplace las ilustraciones que no sean visibles. Cuando limpie los mensajes, utilice un trapo, agua y jabón. No utilice disolventes, gasolina ni otros productos químicos abrasivos para limpiar los mensajes. Los disolventes, la gasolina o los productos químicos abrasivos pueden despegar el adhesivo que sujeta los mensajes. El adhesivo flojo permite que los mensajes se caigan.

Reemplace cualquier mensaje que esté dañado o que falte. Si hay un mensaje en una pieza que se va a reemplazar, instale un mensaje similar en la pieza de reemplazo. Cualquier distribuidor Caterpillar puede proporcionarle mensajes nuevos.

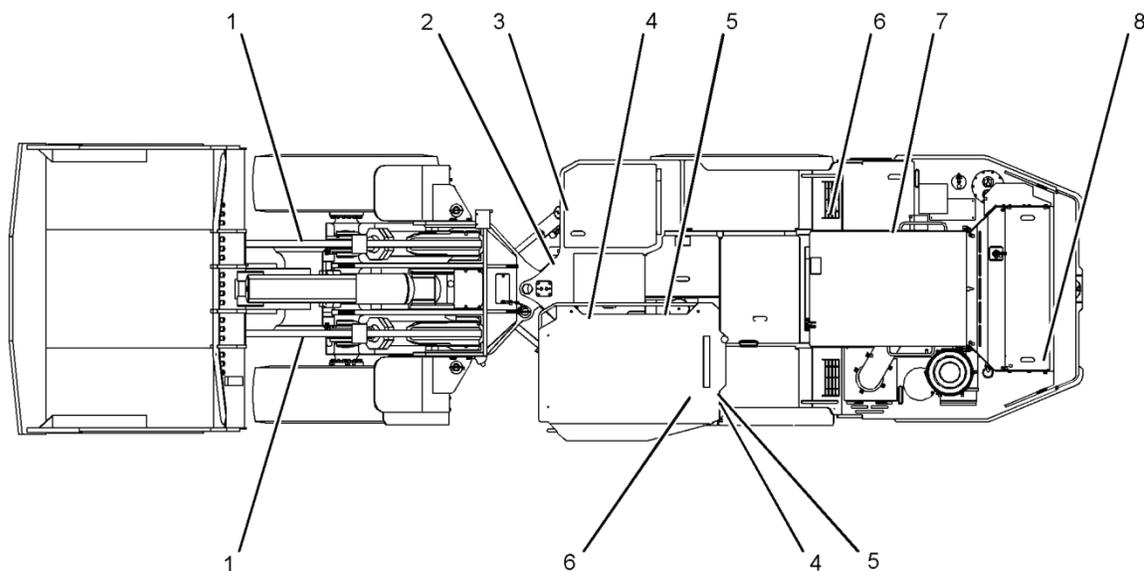


Ilustración 61

g01829614

No suelde ni taladre en los brazos de levantamiento (1). Esta etiqueta de advertencia se encuentra en ambos lados de los brazos de levantamiento.

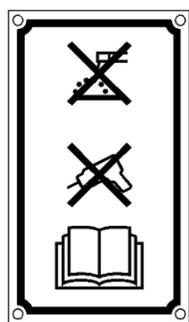


Ilustración 62

g01429877

Llenado rápido de aceite de la transmisión (2). Este mensaje está ubicado en el área de la articulación del lado derecho de la máquina.

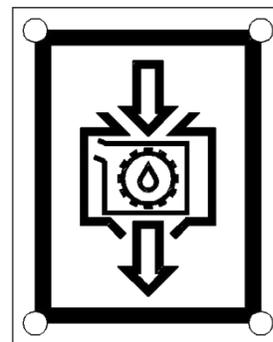


Ilustración 63

g01429856

Este mensaje adicional identifica la ubicación del conector de llenado rápido de aceite de la transmisión.

Llenado rápido de aceite hidráulico (3). Este mensaje está ubicado en el área de la articulación del lado derecho de la máquina.

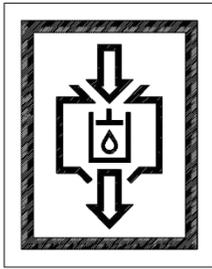


Ilustración 64

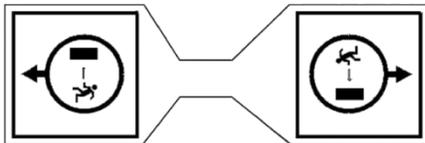
g01429855

Este mensaje adicional identifica la ubicación del conector de llenado rápido de aceite hidráulico.

Salida alternativa (4). Esta etiqueta de advertencia se encuentra en la ventana trasera y en la ventana interior.



Salida alternativa (5). Este mensaje se encuentra en la ventana trasera y en la ventana interior



Sistema de supresión de incendios (polvo seco) (si tiene) (6). Este mensaje adicional está ubicado en el lado derecho de la máquina y en la estación del operador

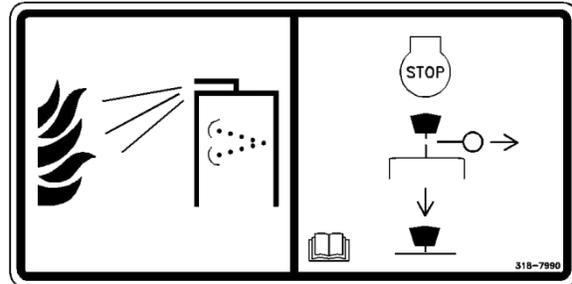
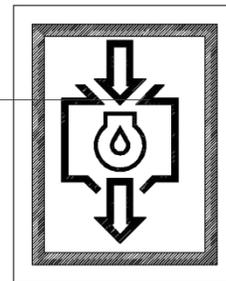


Ilustración 67

g01431885

Para obtener más información del sistema de supresión de incendios con polvo seco, consulte la sección Sistema de supresión de incendios (Polvo seco), "en el Manual de Operación y Mantenimiento".

Llenado rápido de aceite del motor (7). Este mensaje se encuentra en el lado derecho de la máquina.



Este mensaje adicional identifica la ubicación del conector de llenado rápido para el aceite del motor.

Llenado rápido de refrigerante del motor (8). Este mensaje se encuentra delante del radiador, en el lado izquierdo de la máquina.

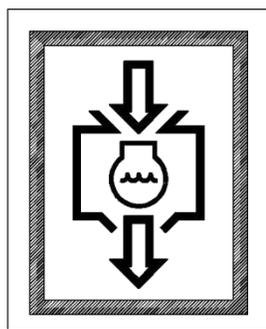


Ilustración 69

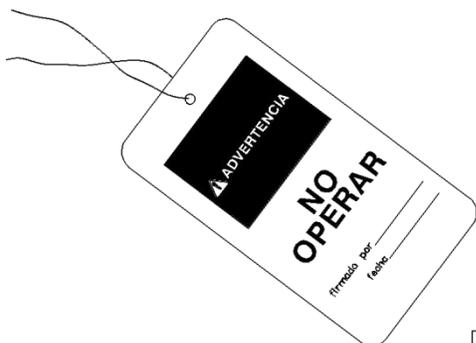
g01429853

Este mensaje adicional identifica la ubicación del conector de llenado rápido para el refrigerante del motor.

i04021277

Información general sobre peligros

Código SMCS: 7000



D85922

Ilustración 70

g00106790

Coloque una etiqueta de "No Operar" o una etiqueta de advertencia similar en el interruptor de arranque o en los controles. Coloque la etiqueta de advertencia antes de realizar el mantenimiento o la reparación del equipo. Su distribuidor Cat puede proporcionarle estas etiquetas de advertencia (Instrucción Especial, SEHS7332).

⚠ ADVERTENCIA

Las distracciones durante la operación de la máquina pueden ocasionar la pérdida de control de la misma. Tenga extremo cuidado al usar cualquier dispositivo mientras opera la máquina. Las distracciones durante la operación de la máquina pueden ocasionar lesiones personales o incluso la muerte.

Conozca el ancho del equipo para mantener el espacio libre apropiado al operar el equipo junto a vallas u obstáculos de límite.

Tenga cuidado con las líneas y los cables de alta tensión subterráneos. Si la máquina entra en contacto con estos peligros, se pueden producir lesiones graves o incluso la muerte a causa de una electrocución.

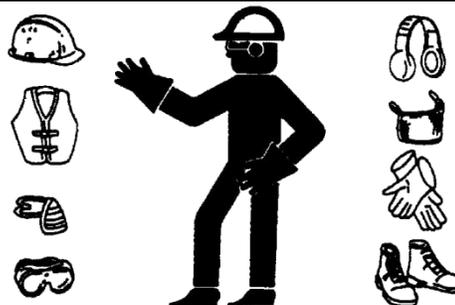


Ilustración 71

g00702020

Use un casco, gafas de protección y cualquier otro equipo de protección que se requiera.

No use ropa holgada ni joyas que puedan engancharse en los controles o en otras piezas del equipo.

Asegúrese de que todos los protectores y las cubiertas estén firmemente colocados en el equipo.

Mantenga el equipo libre de materias extrañas. Elimine los residuos, el aceite, las herramientas y otros elementos de la plataforma, las pasarelas y los escalones.

Fije todos los elementos sueltos como recipientes de almuerzo, herramientas y otros artículos que no formen parte del equipo.

Conozca las señales manuales correspondientes al lugar de trabajo y al personal autorizado para hacerlas. Atienda a las señales manuales de una sola persona.

No fume cuando esté reparando un acondicionador de aire. Tampoco fume si puede haber presencia de gas refrigerante. La inhalación de los vapores que se liberan cuando una llama entra en contacto con el refrigerante del acondicionador de aire puede causar lesiones físicas o la muerte. La inhalación del gas refrigerante del acondicionador de aire a través de un cigarrillo encendido puede ocasionar lesiones físicas o la muerte.

Nunca vierta fluidos de mantenimiento en recipientes de vidrio. Drene todos los fluidos en un recipiente adecuado.

Respete todos los reglamentos locales sobre la eliminación de líquidos.

Utilice las soluciones de limpieza con cuidado. Informe sobre todas las reparaciones que sean necesarias.

No permita la presencia de personal no autorizado en el equipo.

A menos que se le indique lo contrario, realice las tareas de mantenimiento con el equipo en la posición de servicio. Consulte el procedimiento sobre cómo colocar el equipo en la posición de servicio en el Manual de Operación y Mantenimiento.

Cuando realice las tareas de mantenimiento por encima del nivel del suelo, utilice los dispositivos adecuados como escaleras o máquinas elevadoras de personas. Si tiene, utilice los puntos de anclaje de la máquina, además de los arneses contra caídas y amarres aprobados.

Aire y agua a presión

El aire o agua a presión pueden hacer que los escombros o el agua caliente salgan despedidos. Los escombros o el agua caliente pueden provocar lesiones personales.

Cuando se use aire o agua a presión para la limpieza, use ropa y zapatos de protección así como también protectores para los ojos. Las protecciones para los ojos pueden ser gafas de seguridad o máscaras protectoras.

La presión máxima de aire para fines de limpieza se debe reducir a 205 kPa (30 lb/pulg²) cuando la boquilla está cortada y se usa con un deflector eficaz y con el equipo de protección personal. La presión máxima del agua para fines de limpieza debe ser inferior a 275 kPa (40 lb/pulg²).

Presión atrapada

Puede quedar presión retenida en un sistema hidráulico. El alivio de presión atrapada puede causar un movimiento repentino de la máquina o del accesorio. Tenga cuidado al desconectar tuberías o conexiones hidráulicas. El aceite de alta presión que se libera puede hacer que la manguera dé latigazos. El escape de aceite de alta presión puede hacer que éste se rocíe. La penetración de fluidos en el cuerpo puede causar lesiones graves y posiblemente mortales.

Penetración de fluidos

Puede quedar presión atrapada en el circuito hidráulico mucho tiempo después de que el motor se ha detenido. La presión puede hacer que el fluido hidráulico u otros artículos como los tapones de tuberías, escapen con violencia si no se alivia la presión correctamente.

No quite ninguno de los componente o piezas del sistema hidráulico hasta que se haya aliviado la presión, o pueden ocurrir lesiones personales. No desarme ningún componente o pieza del sistema hidráulico hasta que se haya aliviado la presión; de lo contrario, podrían producirse lesiones personales. Consulte en el Manual de Servicio los procedimientos necesarios para aliviar la presión hidráulica.

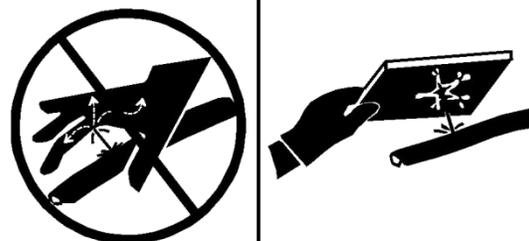


Ilustración 72

g00687600

Utilice siempre una tabla o un cartón para comprobar si existen fugas. El fluido que escapa a presión puede penetrar los tejidos del cuerpo. La penetración de fluidos en el cuerpo puede causar lesiones graves y posiblemente mortales. Una fuga del tamaño de un poro puede ocasionar lesiones graves. Si un fluido penetra en la piel, la víctima debe recibir tratamiento médico de inmediato. Acuda a un médico que esté familiarizado con este tipo de lesiones.

Contención de derrames de Fluidos

Debe asegurarse de que los fluidos no se derramen durante la inspección, el mantenimiento, las pruebas, los ajustes y la reparación del producto. Prepárese para recoger el fluido en recipientes adecuados antes de abrir cualquier compartimiento o desarmar cualquier componente que contenga fluidos.

Consulte los siguientes artículos en la Publicación Especial, NSNG2500, *Catálogo de herramientas de servicio del distribuidor Caterpillar*:

Herramientas y equipos adecuados para recoger fluidos

Herramientas y equipos adecuados para contener fluidos

Respete todos los reglamentos locales sobre la eliminación de líquidos.

Inhalación

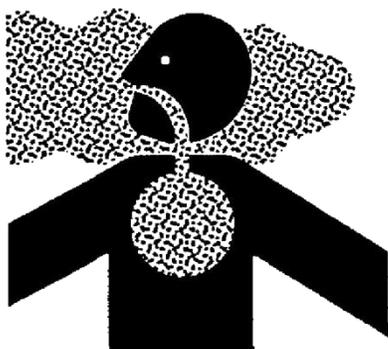


Ilustración 73

g02159053

Escape

Tenga cuidado. Los gases de escape pueden ser peligrosos para la salud. Si opera la máquina en un área cerrada, es necesario que la ventilación sea la adecuada.

Información sobre asbesto

Los equipos y las piezas de repuesto Cat que se envían desde Caterpillar no contienen asbesto. Caterpillar recomienda que sólo se utilicen piezas de repuesto originales Cat. Siga las siguientes pautas cuando manipule piezas de repuesto que contengan asbesto o cuando manipule residuos de asbesto.

Tenga cuidado. Evite la inhalación del polvo que se pueda generar cuando se manipulen componentes que contengan fibras de asbesto. La inhalación de este polvo puede ser peligrosa para su salud. Los componentes que pueden contener fibras de asbesto son las pastillas de freno, las bandas de freno, el material de revestimiento, los discos de embrague y algunas empaquetaduras. El asbesto que se usa en estos componentes está normalmente contenido por un recipiente de resina o sellado de alguna forma. La manipulación normal no es peligrosa a menos que se genere polvo que contenga asbesto y que este polvo se transporte por el aire.

Si hay presencia de polvo que pueda contener asbesto, se deben seguir algunas pautas:

No utilice nunca aire comprimido para la limpieza.

No cepille materiales que contengan asbesto.

No lije materiales que contengan asbesto.

Utilice un método húmedo para limpiar los materiales que contengan asbesto.

También se puede utilizar una aspiradora equipada con un filtro de partículas de aire de alta eficiencia (HEPA).

Utilice ventilación de escape en los trabajos de maquinado permanente.

Use una máscara de respiración aprobada si no hay alguna otra forma de controlar el polvo.

Cumpla con las normas y reglamentos correspondientes al lugar de trabajo. En Estados Unidos, utilice los requisitos de la Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Estos requisitos de la OSHA se pueden encontrar en la instrucción *29 CFR 1910.1001*.

Obedezca los reglamentos de protección del medio ambiente en cuanto a los desechos de asbesto.

Aléjese de las áreas que puedan contener partículas de asbesto en el aire.

Elimine los desechos de forma apropiada

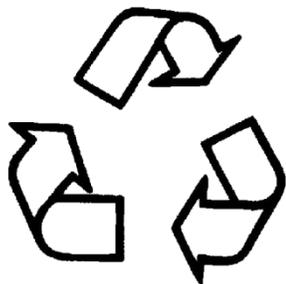


Ilustración 74

g00706404

La eliminación inadecuada de los desechos puede dañar el medioambiente. Los fluidos potencialmente nocivos se deben eliminar de acuerdo con los reglamentos locales.

Utilice siempre recipientes a prueba de fugas cuando drene fluidos. No vierta los desechos en el suelo, en un drenaje o en ninguna fuente de agua.

i01367739

Prevención contra aplastamiento o cortes

Código SMCS: 7000

Soporte el equipo de forma adecuada antes de realizar cualquier trabajo o servicio de mantenimiento debajo del equipo. No dependa de los cilindros hidráulicos para sostener el equipo. El equipo puede caerse si se mueve un control o se rompe una tubería hidráulica.

No trabaje debajo de la cabina de la máquina a menos que esté correctamente soportada.

A menos de que se le indique lo contrario, nunca trate de hacer ajustes con la máquina en movimiento o con el motor funcionando.

Nunca cortocircuitar entre los terminales del solenoide del motor de arranque para arrancar el motor. Si lo hace puede moverse inesperadamente la máquina.

Siempre que haya varillaje de control del equipo, el espacio libre en el área del varillaje cambiará con el movimiento del equipo o la máquina. Aléjese de áreas que puedan tener un cambio repentino en el espacio libre debido a movimiento de la máquina o del equipo.

Manténgase a una distancia prudente de todas las piezas giratorias o en movimiento.

Si es necesario quitar protectores para realizar el mantenimiento, instale siempre los protectores después de que se realice el mantenimiento.

No acerque objetos a las aspas móviles del ventilador. Las aspas del ventilador pueden cortar o lanzar cualquier objeto que caiga sobre ellas.

No utilice un cable de alambre trenzado que esté retorcido o deshilachado. Use guantes cuando manipule cables de alambre trenzado.

Cuando golpee con fuerza un pasador de retención, éste puede salir despedido. Un pasador de retención suelto puede causar lesiones personales. Asegúrese de que la zona esté despejada al golpear el pasador de retención. Para evitar lesiones a los ojos, use anteojos de protección al golpear pasadores retén.

Pueden saltar las rebabas u otra basura cuando se golpea un objeto. Antes de golpear un objeto, cerciórese de que nadie pueda resultar lesionado por las partículas que saltan.

i01356142

Prevención contra quemaduras

Código SMCS: 7000

No toque ninguna pieza de un motor en funcionamiento. Deje que el motor se enfríe antes de efectuar cualquier reparación o mantenimiento. Alivie toda la presión en los sistemas de aire, de aceite, de lubricación, de combustible o de enfriamiento antes de desconectar tuberías, conexiones o artículos relacionados.

Refrigerante

Cuando el motor está a la temperatura de operación, el refrigerante del motor está caliente. El refrigerante también está bajo presión. El radiador y todas las tuberías que van a los calentadores o al motor contienen refrigerante caliente.

Cualquier contacto con refrigerante caliente o vapor puede causar quemaduras graves. Deje que los componentes del sistema de enfriamiento se enfríen antes de drenar el sistema de enfriamiento.

Revise el nivel del refrigerante sólo después de haber parado el motor.

Asegúrese de que la tapa de llenado esté fría antes de quitarla. La tapa de llenado debe estar suficientemente fría para tocarla con la mano. Quite lentamente la tapa de llenado para aliviar la presión.

El acondicionador del sistema de enfriamiento contiene álcali. El álcali puede causar lesiones personales. Para evitar lesiones, evite su contacto con la piel, los ojos y la boca.

Aceites

El aceite y los componentes calientes pueden causar lesiones personales. No permita que el aceite caliente entre en contacto con la piel. Tampoco permita que los componentes calientes entren en contacto con la piel.

Quite la tapa de llenado del tanque hidráulico sólo después de haber parado el motor. La tapa de llenado debe estar suficientemente fría para tocarla con la mano. Siga el procedimiento estándar indicado en este manual para quitar la tapa de llenado del tanque hidráulico.

Baterías

El electrólito es un ácido. El electrólito puede causar lesiones personales. No permita que el electrólito entre en contacto con la piel o los ojos. Use siempre gafas de protección para dar servicio a las baterías. Lávese las manos después de tocar las baterías y los conectores. Se recomienda el uso de guantes.

i04021265

Prevención de incendios o explosiones

Código SMCS: 7000



Ilustración 75

g00704000

General

Todos los combustibles, la mayoría de los lubricantes y algunas mezclas de refrigerante son inflamables.

Para minimizar el riesgo de incendio o explosión, Cat recomienda tomar las siguientes medidas.

Siempre realice una inspección alrededor de área para identificar algún posible peligro de incendio. No opere una máquina cuando exista peligro de incendio. Comuníquese con su distribuidor Cat para obtener información sobre mantenimiento.

Comprenda el uso de la salida principal y la salida alternativa de la máquina. Consulte el Manual de Operación y Mantenimiento, "Salida alternativa".

No opere una máquina que pierda fluidos. Repare las fugas y limpie los fluidos antes de volver a poner la máquina en operación. Las fugas o los derrames de fluidos sobre superficies calientes o sobre los componentes eléctricos pueden ocasionar un incendio. Un incendio puede causar lesiones graves o incluso la muerte.

Retire los materiales inflamables como hojas, ramas, papeles, residuos, etc. Estos elementos se acumulan en el compartimiento del motor o alrededor de las áreas y piezas calientes de la máquina.

Mantenga cerradas las puertas de acceso a los compartimientos principales de la máquina y mantenga las puertas de acceso activas para permitir el uso de un equipo contra incendios en caso que fuera necesario.

Limpie las acumulaciones de materiales inflamables tales como combustibles, aceite y residuos de la máquina.

No opere la máquina cerca de una llama.

Mantenga los blindajes en su lugar. Los blindajes del escape (si tiene) protegen los componentes calientes del sistema de escape del rociado de aceite o combustible en el caso de una ruptura en una tubería, una manguera o un sello. Los blindajes del escape deben estar correctamente instalados.

No suelde ni corte con soplete sobre los tanques o las tuberías que contengan fluidos o materiales inflamables. Vacíe y purgue las tuberías y los tanques. Luego, límpielos con un disolvente no inflamable antes de soldar o cortar con soplete. Asegúrese de que los componentes tengan una correcta conexión a tierra para evitar arcos no deseados.

El polvo que se produce durante la reparación de capós o parachoques no metálicos puede ser inflamable o explosivo. Repare tales componentes en un área bien ventilada, lejos de las llamas abiertas o chispas. Utilice equipos de protección personal (EPP) adecuados.

Inspeccione todas las tuberías y mangueras para determinar si existe desgaste o deterioro. Reemplace las tuberías y mangueras dañadas. Las tuberías y mangueras deben tener un soporte adecuado y abrazaderas seguras. Ajuste todas las conexiones según el par de apriete recomendado. Si se daña la cubierta protectora o el aislamiento, el combustible podría derramarse y ocasionar un incendio.

Almacene los combustibles y lubricantes en recipientes debidamente identificados y alejados del personal no autorizado. Almacene los paños con aceite y todos los materiales inflamables en recipientes seguros. No fume en las áreas que se utilizan para almacenar los materiales inflamables.



Ilustración 76

g00704059

Tenga cuidado cuando esté reabasteciendo una máquina con combustible. No fume mientras esté reabasteciendo una máquina con combustible. No reabastezca de combustible una máquina cerca de llamas o chispas. Siempre apague el motor antes de reabastecer el combustible. Reabastezca el tanque de combustible a la intemperie. Limpie correctamente las áreas de derrame.

Siga las prácticas de seguridad para la carga de combustible descritas en la sección "Operación" del Manual de Operación y Mantenimiento y también siga las normas locales. No almacene fluidos inflamables en el compartimiento del operador de la máquina.

Batería y cables de la batería



Ilustración 77

g00704135

Cat recomienda tomar las siguientes medidas para minimizar el riesgo de incendio o de explosión relacionados con la batería.

No opere una máquina si los cables de la batería o las piezas relacionadas muestran signos de desgaste o daño. Comuníquese con su distribuidor Cat para obtener información sobre mantenimiento.

Siga los procedimientos de seguridad para arrancar el motor con los cables auxiliares de arranque. Las conexiones incorrectas de los cables puente pueden ocasionar una explosión que derive en lesiones personales. Consulte el Manual de Operación y Mantenimiento, "Arranque del motor con cables auxiliares de arranque" para obtener instrucciones específicas.

No cargue una batería congelada. Esto podría ocasionar una explosión.

Los gases de una batería pueden explotar. Mantenga chispas o llamas abiertas alejadas de la parte superior de cualquier batería. No fume en las áreas de carga de las baterías.

No compruebe nunca la carga de una batería uniendo sus terminales con un objeto metálico. Utilice un voltímetro para comprobar la carga de la batería.

Inspeccione diariamente los cables de la batería que se encuentren en zonas que sean visibles. Inspeccione los cables, los broches, las correas y demás dispositivos de sujeción para detectar posibles daños. Reemplace las piezas dañadas. Busque signos de los siguientes daños que pueden producirse con el tiempo a causa del uso y de los factores ambientales:

Deshilachaduras

Abrasión

Fisuras

Decoloración

Cortes en el aislamiento del cable

Obstrucciones

Terminales corroídos, dañados o sueltos

Reemplace los cables dañados de la batería y sustituya las piezas relacionadas. Elimine las obstrucciones que puedan haber ocasionado la falla del aislamiento o el daño o desgaste de los componentes relacionados. Asegúrese de que todos los componentes se reinstalen correctamente.

Un cable expuesto en la batería puede ocasionar un cortocircuito a tierra si el área expuesta entra en contacto con una superficie con conexión a tierra. El cortocircuito de un cable de la batería produce calor a partir de la corriente de la batería, lo cual representa un riesgo de incendio.

Un cable expuesto en el cable a tierra entre la batería y el interruptor de desconexión puede provocar una desviación de este último si el área expuesta entra en contacto con una superficie con conexión a tierra. Esto crea un entorno peligroso para realizar el mantenimiento de la máquina. Repare o reemplace los componentes antes de realizar el mantenimiento de la máquina.

ADVERTENCIA

Un incendio en una máquina aumenta el riesgo de lesiones personales o la muerte. Los cables de la batería expuestos que entran en contacto con una conexión a tierra pueden ocasionar incendios. Reemplace los cables y las piezas relacionadas que exhiban signos de desgaste o daño. Póngase en contacto con su distribuidor Caterpillar.

Cableado

Revise diariamente todos los cables eléctricos. Si existe alguna de las siguientes condiciones, reemplace las piezas antes de operar la máquina.

Deshilachaduras

Signos de abrasión o desgaste

Fisuras

Decoloración

Cortes en el material aislante

Otros daños

Asegúrese de que todas las abrazaderas, los protectores, los broches y las correas estén instalados correctamente. Esto ayudará a evitar la vibración, el roce contra otras piezas y el calor excesivo durante la operación de la máquina.

Se debe evitar colocar cables eléctricos en las mangueras y tuberías que contengan fluidos inflamables o combustibles.

Consulte a su distribuidor Cat para obtener información sobre reparaciones o piezas de repuesto.

Mantenga el cableado y las conexiones eléctricas libres de escombros.

Tuberías, tubos y mangueras

No doble las tuberías de alta presión. No golpee las tuberías de alta presión. No instale tuberías dobladas o dañadas. Utilice las llaves auxiliares adecuadas para ajustar todas las conexiones según el par de apriete recomendado.

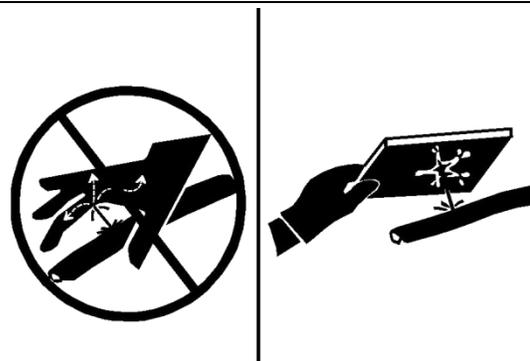


Ilustración 78

Compruebe cuidadosamente las tuberías, los tubos y las mangueras. Utilice equipos de protección personal (EPP) para controlar si existen fugas. Utilice siempre una tabla o un cartón para comprobar si existen fugas. El fluido que escapa a presión puede penetrar los tejidos del cuerpo. La penetración de fluidos en el cuerpo puede causar lesiones graves y posiblemente mortales. Una fuga del tamaño de un poro puede ocasionar lesiones graves. Si un fluido penetra en la piel, la víctima debe recibir tratamiento médico de inmediato. Acuda a un médico que esté familiarizado con este tipo de lesiones.

Reemplace las piezas afectadas si se produce alguna de las siguientes condiciones:

- Conexiones de extremo dañadas o con fugas.
- Capas exteriores raídas o cortadas.
- Cables expuestos.
- Las cubiertas exteriores se hinchan o abomban.
- Torceduras en las partes flexibles de las mangueras.
- Cubiertas exteriores con alambre incrustado al descubierto.
- Las conexiones de los extremos desplazadas.

Asegúrese de que todas las abrazaderas, los protectores y las protecciones contra el calor estén correctamente instalados. Durante la operación de la máquina, esto ayuda a evitar la vibración o el roce con otras piezas, el calor excesivo y la falla de las tuberías, los tubos y las mangueras.

No opere una máquina cuando exista peligro de incendio. Repare todas las tuberías que estén corroidas, flojas o dañadas. Las fugas pueden ocasionar un incendio. Consulte a su distribuidor Cat para obtener información sobre reparaciones o piezas de repuesto. Utilice piezas Cat originales o sus equivalentes, cuyas capacidades coincidan con el límite de presión y temperatura.

Éter

El éter (si tiene) se utiliza con frecuencia en aplicaciones de clima frío. El éter es inflamable y venenoso.

Siga los procedimientos adecuados de arranque en frío del motor. Consulte la sección del Manual de Operación y Mantenimiento titulada "Arranque del motor".

No rocíe éter manualmente en el motor si la máquina está equipada con un auxiliar de arranque térmico para clima frío.

Utilice el éter en áreas bien ventiladas. No fume mientras esté reemplazando un cilindro de éter o mientras esté utilizando un rociador de éter.

No almacene los cilindros de éter en áreas de viviendas ni en el compartimiento del operador de una máquina. No almacene los cilindros de éter en lugares expuestos a la luz solar directa ni a temperaturas por encima de 49 °C (120,2 °F). Mantenga los cilindros de éter alejados de las llamas abiertas o las chispas.

Deseche apropiadamente los cilindros de éter usados. No perforo un cilindro de éter. Mantenga los cilindros de éter alejados del personal no autorizado.

Extintor de incendios

Como medida adicional de seguridad, disponga de un extintor en la máquina

Familiarícese con la operación del extintor de incendios. Inspeccione el extintor de incendios y efectúe su servicio periódicamente. Siga las recomendaciones que se indican en la placa de instrucciones.

Considere la instalación de un sistema de extinción de incendios comercial si la aplicación y las condiciones de operación garantizan su instalación.

i02774816

Ubicación del extintor de incendios

Código SMCS: 7000; 7419

Cerciórese de que haya un extintor de incendios disponible en la máquina. Asegúrese de estar familiarizado con la operación del extintor de incendios. Inspeccione el extintor de incendios y efectúe su servicio de forma regular. Obedezca las recomendaciones que se indican en la placa de instrucciones.

Si lo tiene, sepa cómo utilizar el sistema de supresión de incendios de la máquina.

La explosión de un neumático es mucho más violenta que un reventón. La explosión puede propulsar el neumático, los componentes del aro y del eje de la máquina tan lejos como 500 m (1500 pies) o más. Tanto la fuerza de la explosión como los escombros despedidos pueden causar daños materiales, lesiones personales o la muerte.

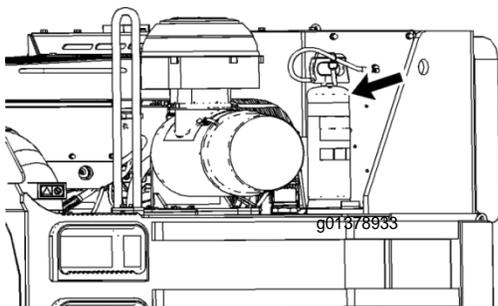


Ilustración 79

El lugar recomendado para montar un extintor de incendios en una máquina es en el lado izquierdo del protector del radiador.

No suelde en la estructura ROPS/FOPS para instalar un extintor de incendios. No taladre tampoco agujeros en la estructura ROPS/FOPS para montar el extintor de incendios.

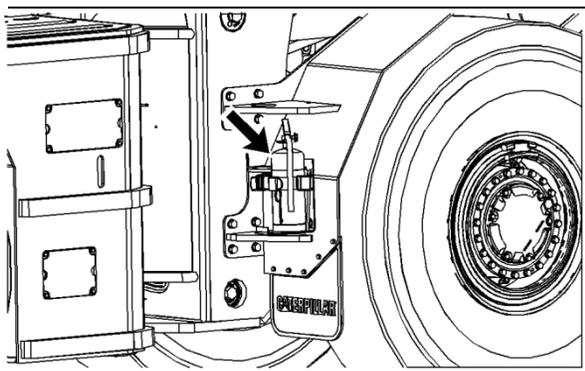


Ilustración 80

Si se necesita más de un extintor de incendios, el lugar recomendado para montar el segundo extintor de incendios es en el lado derecho del bastidor delantero, detrás del guardabarros.

i01567754

Información sobre neumáticos

Código SMCS: 7000

Se pueden producir explosiones de neumáticos inflados con aire debido a la combustión de gases producida por el calor dentro de los neumáticos. Estas explosiones pueden ser causadas por el calor generado por la soldadura, por el calentamiento de los componentes del aro, por fuego externo o por un uso excesivo de los frenos.

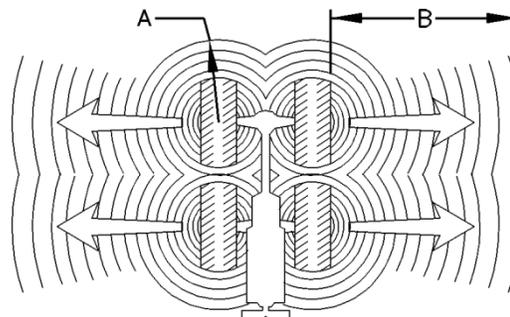


Ilustración 81

g00337832

Un mínimo de 15 m (50 pies)
Un mínimo de 500 m (1500 pies)

No se acerque a un neumático caliente. Mantenga una distancia mínima, como se muestra. Permanezca fuera del área sombreada en la ilustración 81.

No use agua o calcio como lastre para los neumáticos. Se recomienda el nitrógeno seco para el inflado de neumáticos. Si los neumáticos se inflaron originalmente con aire, el nitrógeno es todavía preferido para ajustar la presión. El nitrógeno se mezcla correctamente con aire.

Los neumáticos inflados con nitrógeno reducen el potencial de una explosión debido a que el nitrógeno no ayuda a la combustión. El nitrógeno también impide la oxidación y el deterioro del caucho y la corrosión de los componentes del aro.

Para evitar el inflado excesivo de los neumáticos, se precisan equipos y capacitación adecuados para el inflado con nitrógeno. Puede ocurrir un reventón de un neumático o el fallo de un aro si se utiliza el equipo incorrecto o si no se utiliza correctamente.

Al inflar un neumático, permanezca detrás de la banda de rodadura y utilice un dispositivo autoadherente.

Dar servicio a los neumáticos y aros puede ser peligroso. Este mantenimiento debe ser realizado únicamente por personal capacitado que utilice las herramientas y procedimientos apropiados. Si no se utilizan los procedimientos correctos para darle servicio a los neumáticos y aros, los conjuntos pueden reventar con fuerza explosiva. Estos reventones pueden causar lesiones graves o mortales. Siga las instrucciones de su proveedor de neumáticos.

i01155827

Precaución en caso de rayos

Código SMCS: 7000

Cuando caen rayos en las cercanías de la máquina, el operador no debe nunca intentar los siguientes procedimientos:

Subir a la máquina.

Bajar de la máquina.

Si usted está dentro del puesto del operador durante una tormenta, quédese allí. Si está en el suelo durante una tormenta eléctrica, aléjese de la máquina.

Subida y bajada

Código SMCS: 7000

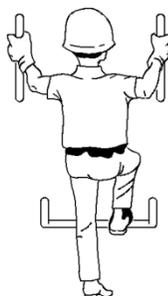


Ilustración 82

g00037860

Al subir y bajar de la máquina hágalo solamente por los lugares que tengan escalones o asideros. Antes de subir a la máquina, limpie los escalones y asideros. Inspeccione los escalones y asideros. Haga cualquier reparación necesaria.

Al subir o bajar de la máquina, hágalo de frente hacia la misma.

Mantenga tres puntos de contacto con los escalones y asideros.

Nota: Un contacto de tres puntos pueden ser los dos pies y una mano. También pueden ser un pie y las dos manos.

No suba a una máquina en movimiento. No baje de una máquina en movimiento. Nunca salte de la máquina. Nunca trate de subir o bajar de la máquina cargado de herramientas o pertrechos. Utilice una cuerda para subir el equipo a la plataforma. Asegúrese de que la palanca de traba de la dirección y de la transmisión esté en la posición TRABADA cuando entre o salga del compartimiento del operador. No use ningún control como asidero.

Salida alternativa

Las máquinas equipadas con cabinas pueden tener salidas alternativas. Vea información adicional sobre máquinas equipadas con salidas alternativas en el Manual de Operación y Mantenimiento, "Salida alternativa".

i01970559

Antes de arrancar el motor

Código SMCS: 1000; 7000

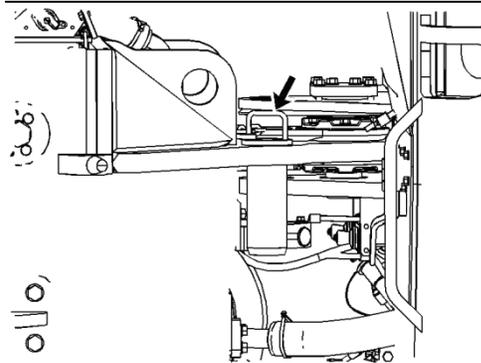


Ilustración 83

g00950476

Asegúrese de que el pasador de traba del bastidor de la dirección está almacenado en la posición destrabada, tal como se muestra. Debe haberse sacado el pasador de traba del bastidor de la dirección para poder conducir la máquina.

Nota: Arranque el motor solamente desde la estación del operador. Nunca haga puente entre los bornes de la batería o los terminales del motor de arranque porque se puede producir un cortocircuito. Un cortocircuito puede anular el sistema de arranque en neutral del motor. Un cortocircuito también puede dañar el sistema eléctrico.

Antes de subir a la máquina, realice una inspección alrededor. Vea si hay fugas o componentes dañados. Informe sobre las discrepancias y haga cualquier reparación necesaria antes de operar la máquina.

Referencia: Vea en el Manual de Operación y Mantenimiento, "Inspección alrededor de la máquina".

Cuando entre en la estación del operador, inspeccione el estado del cinturón de seguridad y el estado de la tornillería de montaje. Reemplace cualquier pieza dañada o desgastada. Reemplace el cinturón de seguridad después de tres años de uso, sin tener en cuenta su aspecto. No use una extensión en un cinturón de seguridad retráctil.

Ajuste el asiento de forma que se puede alcanzar el movimiento completo de los pedales con la espalda del operador apoyada contra el respaldo del asiento.

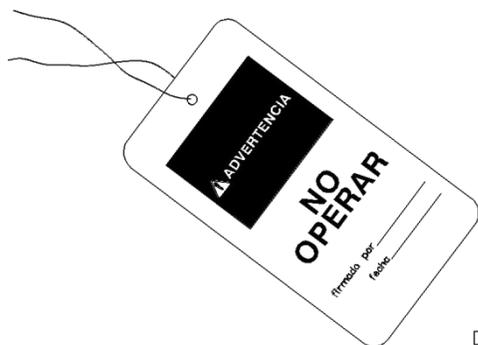
Asegúrese de que la máquina esté equipada con un sistema de luces adecuado para las condiciones del trabajo. Asegúrese de que todas las luces funcionen correctamente.

Cerciórese de que nadie esté en la máquina, debajo ni alrededor de la máquina antes de que arranque el motor o mueva la máquina. Asegúrese de que no haya personal en el área.

i04012435

Arranque del motor

Código SMCS: 1000; 7000



D85922

Ilustración 84

g00106790

No arranque el motor si hay una etiqueta de advertencia en el interruptor de arranque del motor o en los controles de la máquina. Además, no mueva ninguno de los controles de la máquina.

Mueva todos los controles hidráulicos a la posición FIJA antes de arrancar el motor.

Mueva el control de la transmisión a la posición NEUTRAL.

Mueva la dirección y el control de la transmisión a la posición TRABADA.

Conecte el freno de estacionamiento.

El escape de los motores diesel contiene productos de combustión que pueden ser nocivos para su salud. Opere siempre el motor en un área bien ventilada. Si se encuentra en un área cerrada, ventile el escape hacia el exterior.

Compruebe para determinar si hay espectadores o personal de mantenimiento. Asegúrese de que no haya personal alrededor de la máquina.

Haga sonar brevemente la bocina antes de arrancar el motor.

i01970664

Antes de la operación

Código SMCS: 7000

Asegúrese de que no haya ninguna persona en la máquina o en el área alrededor de la máquina.

Quite todos los obstáculos del camino de la máquina. Esté atento a peligros como cables, zanjas, etc.

Compruebe que las ventanas están limpias. Asegure la puerta en la posición cerrada.

Compruebe que la bocina, la alarma de retroceso, la alarma de acción, las luces de advertencia del tablero y todos los otros dispositivos de advertencia funcionan correctamente.

Abróchese firmemente el cinturón de seguridad.

i03170984

Información de visibilidad

Código SMCS: 7000

Antes de arrancar la máquina, realice una inspección alrededor de la máquina para asegurarse de que no haya peligros alrededor de la misma.

Mientras la máquina esté en operación, inspeccione constantemente el área alrededor de la máquina para identificar peligros potenciales.

Su máquina puede estar equipada con ayudas visuales. Algunos ejemplos de ayudas visuales son la Televisión de Circuito Cerrado (CCTV) y los espejos. Antes de operar la máquina, asegúrese de que las ayudas visuales funcionen correctamente y estén limpias. Ajuste las ayudas visuales usando los procedimientos indicados en el Manual de Operación y Mantenimiento. El Sistema de Visualización del Área de Trabajo, si está instalado, debe ajustarse siguiendo las indicaciones del Manual de Operación y Mantenimiento, SEBU8157, "Sistema de Visualización del Área de Trabajo".

En máquinas grandes puede resultar imposible tener visibilidad directa de todas las áreas alrededor de la máquina. En estos casos, es necesaria la organización del sitio de trabajo para minimizar los peligros que puedan causar las restricciones de visibilidad. La organización del sitio de trabajo es una acumulación de reglas y procedimientos que permite coordinar las máquinas y el personal que trabaja conjuntamente en la misma área. Ejemplos de organización del sitio de trabajo incluyen lo siguiente:

Instrucciones de seguridad

Patrones controlados de movimiento de la máquina y movimiento del vehículo

Trabajadores que dirigen el tráfico para moverse cuando es seguro

Áreas restringidas

Capacitación del operador

Símbolos de advertencia o señales de advertencia en las máquinas o en los vehículos

Un sistema de comunicación

Comunicación entre trabajadores y operadores antes de aproximar la máquina

Deben evaluarse modificaciones de la configuración de la máquina por el usuario que puedan resultar en restricciones de visibilidad.

i03872435

Operación

Código SMCS: 7000

Gama de temperaturas de operación de la máquina

La configuración estándar de la máquina está diseñada para usarla en una gama de temperaturas ambiente de $0^{\circ} \pm 45^{\circ}\text{C}$ ($32^{\circ} \pm 113^{\circ}\text{F}$). Puede haber configuraciones especiales para temperaturas ambiente diferentes. Consulte a su distribuidor Caterpillar para obtener información adicional sobre las configuraciones especiales de su máquina.

Gama de altitudes de operación de la máquina

Si la máquina se utiliza en altitudes mayores de 3.000 m (9.843 pies) consulte a su distribuidor Caterpillar.

Operación de la máquina

Opere la máquina solamente mientras está sentado en el asiento. El cinturón de seguridad debe estar abrochado mientras opera la máquina. Opere los controles solamente mientras el motor esté funcionando.

Mientras opere la máquina lentamente en un área despejada, compruebe que todos los controles y dispositivos de protección funcionen correctamente.

Antes de moverla, cerciórese de que nadie corra peligro.

No permita pasajeros en la máquina a menos que ésta tenga los siguientes equipos:

Ä □ Ä □ Ä □ Asiento adicional.

Ä □ Ä □ Ä □ Cinturón de seguridad adicional.

Ä □ Ä □ Ä □ Estructura de protección contra objetos que caen (FOPS).

Nunca utilice la herramienta para una plataforma de trabajo.

Anote todas las reparaciones que sean necesarias durante la operación de la máquina. Informe sobre todas las reparaciones que sean necesarias.

Transporte las herramientas a aproximadamente 400 mm (15 pulgadas) por encima del nivel del suelo.

No se acerque al borde de un barranco, una excavación o un voladizo.

Evite operar la máquina en sentido transversal a la pendiente. Siempre que sea posible, opere la máquina cuesta arriba o cuesta abajo. Si la máquina comienza a resbalar lateralmente en una pendiente, quite inmediatamente la carga y haga girar la máquina en dirección cuesta abajo.

Evite cualquier condición que pueda ocasionar el vuelco de la máquina. La máquina se puede volcar al trabajar en colinas, bancales o pendientes. También se puede volcar al cruzar zanjas, elevaciones u otros obstáculos inesperados.

Mantenga el control de la máquina. No sobrecargue la máquina más allá de su capacidad.

Asegúrese de que los enganches y los dispositivos de remolque sean adecuados. Conecte el equipo de remolque solamente a la barra de tiro o al enganche.

Nunca se ponga a horcajadas sobre un cable. No permita nunca que otras personas se pongan a horcajadas sobre un cable.

Antes de hacer maniobras con la máquina, asegúrese de que no haya nadie entre la máquina y el equipo remolcado. Coloque bloques en el enganche del equipo remolcado para alinear el enganche con la barra de tiro. Maniobre la máquina. Conecte la máquina al equipo remolcado.

Sepa cuáles son las dimensiones máximas de su máquina.

Mantenga siempre instalada la Estructura de protección en caso de vuelcos (ROPS) o la Estructura de protección contra objetos que caen (FOPS) durante la operación de la máquina.

Anticipe siempre las pendientes y seleccione la gama de velocidades apropiada.

Preste atención a todas las señales de tráfico.

Un observador preparado para dar señales debe estar presente cuando se mueve la máquina dentro o fuera de un edificio.

i02632996

Parada del motor

Código SMCS: 1000; 7000

No pare inmediatamente el motor después de haber operado la máquina bajo carga. Esto puede causar el recalentamiento y desgaste acelerado de los componentes del motor.

Después de estacionar la máquina y conectar el freno de estacionamiento, haga funcionar el motor durante dos minutos antes de parar la máquina. Esto permite que las áreas calientes del motor se enfrién gradualmente.

i02027935

Estacionamiento

Código SMCS: 7000

Estacione la máquina en una superficie horizontal. Si debe estacionar en una pendiente, bloquee las ruedas de la máquina.

Aplique el freno de servicio para parar la máquina. Ponga el control de la transmisión en la posición NEUTRAL.

Conecte el freno de estacionamiento.

Baje todas las herramientas al suelo. Mueva la palanca de traba de la dirección y de la transmisión a la posición TRABADA y active las trabas de control.

Pare el motor.

Mueva el interruptor de arranque del motor a la posición DESCONECTADA.

Gire el interruptor general a la posición DESCONECTADA y saque la llave del interruptor de arranque del motor. Quite la llave del interruptor general si no va a operar la máquina por un período prolongado. Esto impedirá que se descargue la batería. Un cortocircuito de la batería, la pérdida de corriente de algunos componentes y el vandalismo pueden descargar la batería.

i03750663

Operación en pendiente

Código SMCS: 7000

Las máquinas que operan de forma segura en varias aplicaciones dependen de los siguientes criterios: el modelo de la máquina, la configuración, el mantenimiento de la máquina, velocidad de operación de la máquina, condiciones del terreno, niveles de fluido y presiones de inflado de neumáticos. Los criterios más importantes son la destreza y el buen juicio del operador.

Un operador bien capacitado que siga las instrucciones del Manual de Operación y Mantenimiento tiene el mayor impacto en la estabilidad. La capacitación del operador le proporcionará las siguientes habilidades: observación de las condiciones de trabajo y medioambientales, sensibilidad de la máquina, identificación de peligros potenciales y la toma de decisiones adecuadas para operar la máquina de manera segura..

Cuando trabaje en cuestas y en pendientes, tenga en cuenta lo siguiente:

Velocidad de desplazamiento – En altas velocidades, la fuerza de inercia hace a la máquina menos estable.

Irregularidad del terreno o la superficie – La máquina tendrá menos estabilidad en terreno desnivelado.

Sentido de desplazamiento – Evite operar la máquina en sentido transversal a la pendiente. Siempre que sea posible, opere la máquina cuesta arriba o cuesta abajo. Coloque siempre el extremo más pesado de la máquina en el lado de cuesta arriba cuando esté trabajando en una pendiente.

Equipo montado – Los siguientes elementos pueden impedir el equilibrio de la máquina: el equipo que se encuentra montado en la máquina, configuración de la máquina, pesos y contrapesos.

Tipo de superficie – El peso de la máquina puede hacer hundir el suelo si éste se ha rellenado con tierra recientemente.

Material de la superficie – Las rocas y la humedad del material de la superficie pueden afectar de manera drástica la estabilidad y tracción de la máquina. Las superficies rocosas pueden hacer que la máquina se deslice hacia los costados.

Deslizamiento debido a cargas excesivas – Esto podría causar que las cadenas o los neumáticos se entierren en el suelo, lo que aumenta el ángulo de la máquina.

Ancho de las cadenas o los neumáticos – Las cadenas o los neumáticos más angostos se hunden aun más en el suelo, lo que provoca que la máquina pierda estabilidad.

Implementos acoplados a la barra de tiro – Esto podría disminuir el peso de las cadenas cuesta arriba. Esto también disminuiría el peso de los neumáticos cuesta arriba. Si el peso disminuye, la máquina tendrá menor estabilidad.

Altura de la carga de trabajo de la máquina – Cuando las cargas de trabajo se encuentran en posiciones más altas, se reduce la estabilidad de la máquina.

Equipo de operación – Tenga en cuenta las características de rendimiento del equipo en operación y los efectos que pueden causar en la estabilidad de la máquina.

Técnicas de operación – Mantenga todos los accesorios o cargas de tensión cerca del suelo para obtener mayor estabilidad.

Los sistemas de la máquina tienen limitaciones en las pendientes – Las pendientes pueden afectar el funcionamiento y operación correctos de los diversos sistemas de la máquina. Estos sistemas se necesitan para el control de la máquina.

Nota: Operar de manera segura en pendientes pronunciadas requerirá un mantenimiento especial de la máquina. También se requiere que el operador posea excelente destreza y el equipo apropiado para las aplicaciones específicas. Consulte las secciones del Manual de Operación y Mantenimiento para obtener más información acerca de los requisitos apropiados de niveles de fluido y del uso previsto de la máquina.

i01356111

Bajada del equipo con el motor parado

Código SMCS: 7000

Antes de bajar cualquier equipo al suelo con el motor parado, aleje el personal que se encuentre cerca de la máquina. El procedimiento que se debe usar varía de acuerdo con el equipo que se va a bajar. Tenga presente que la mayoría de los sistemas usan fluidos o aire a alta presión para levantar y bajar el equipo. El procedimiento de bajada del equipo con el motor parado liberará aire a alta presión, aceite hidráulico o algún otro fluido. Use el equipo de protección personal adecuado y siga el procedimiento que se indica en la sección de operación del Manual de Operación y Mantenimiento, "Bajada de equipo con el motor parado".

i02810844

Información sobre ruido y vibraciones

Código SMCS: 7000

Tal vez sea necesario protegerse los oídos cuando se trabaje con una estación de operador abierta durante periodos prolongados o en ambientes ruidosos. Tal vez sea necesario protegerse los oídos cuando se haga funcionar la máquina con una cabina que no esté debidamente mantenida.

El nivel de ruido en los oídos del operador en una cabina cerrada es de 83 dB(A) medido de acuerdo con las condiciones y procedimientos de prueba especificados en las normas *ISO 6394* o *98/37/EC*.

Nivel de vibraciones

Tal vez sea necesario protegerse los oídos cuando se haga funcionar la máquina con una cabina que no esté debidamente mantenida.

El cuerpo completo está expuesto a una aceleración media ponderada máxima de $1,3 \text{ m/s}^2$.

Las medidas se obtuvieron con una máquina representativa, según los procedimientos indicados en las siguientes normas:

ISO 2631/1

ISO 5349

i03651013

Puesto del operador

Código SMCS: 7000; 7301; 7325

Toda modificación al interior de la estación del operador debe permanecer fuera del espacio definido para el operador o del espacio para el asiento del acompañante (si tiene). Coloque el radio, el extintor de incendios y otros equipos de tal manera que se mantenga el espacio destinado al operador y al asiento del acompañante (si tiene). Todo artículo que se lleve a la cabina debe permanecer fuera del espacio definido para el operador o del espacio para el asiento del acompañante (si tiene). Una fiambra y otros artículos sueltos deben estar bien sujetos. Estos objetos no deben representar un peligro de impacto en terreno rocoso o en caso de vuelco.

i03658800

Protectores (Protección para el operador)

Código SMCS: 7000; 7150; 7325

Hay diferentes tipos de protectores que se utilizan para proteger al operador. La máquina y la aplicación de la máquina determinan el tipo de protector que se debe usar.

Se requiere una inspección diaria a los protectores para ver si hay estructuras dobladas, rajadas o flojas. Nunca opere una máquina con una estructura que esté dañada.

El operador queda expuesto a una situación peligrosa si se utiliza la máquina incorrectamente o si se utilizan técnicas de operación deficientes. Esta situación puede ocurrir aun cuando la máquina tenga un protector apropiado. Siga los procedimientos de operación establecidos que se recomiendan para su máquina.

Estructura de Protección en Caso de Vuelcos (ROPS), Estructura de Protección contra la Caída de Objetos (FOPS) o Estructura de Protección contra Vuelcos (TOPS)

La estructura ROPS/FOPS de su máquina (si tiene) está diseñada, probada y certificada específicamente para esa máquina. Cualquier cambio o cualquier modificación a la estructura ROPS/FOPS puede debilitarla. Esto coloca al operador en un ambiente sin protección. Las modificaciones o los accesorios que hacen que la máquina exceda el peso que se estampa en la placa de certificación colocan también al operador en un ambiente sin protección. El peso excesivo puede inhibir el rendimiento de los frenos, el rendimiento de la dirección y la ROPS. La protección que proporciona la estructura ROPS/FOPS se debilitará si tiene daños estructurales. Los daños a la estructura pueden ser causados por un vuelco, un objeto que cae, una colisión, etc.

No monte artículos (extintores de incendios, juegos de primeros auxilios, luces de trabajo, etc) soldando soportes a la estructura ROPS/FOPS o taladrando agujeros en la estructura ROPS/FOPS. Soldar soportes o taladrar agujeros en la estructura ROPS/FOPS puede debilitar la estructura. Consulte a su distribuidor Caterpillar para recibir las pautas de montaje.

La estructura de protección contra vuelcos (TOPS) es otro tipo de protector que se usa en miniexcavadoras hidráulicas. Esta estructura protege al operador en el caso de un vuelco. Las mismas pautas para la inspección, el mantenimiento y la modificación de la estructura ROPS/FOPS se requieren para la estructura de protección contra vuelcos (TOPS).

Otros protectores (si tiene)

La protección contra objetos que salen despedidos y objetos que caen es necesaria para aplicaciones especiales. Las aplicaciones de arrastre de troncos y las aplicaciones de demolición son dos ejemplos que requieren protección especial.

Se debe instalar un protector delantero cuando se use una herramienta que pueda despedir objetos. Los protectores delanteros de malla o los protectores delanteros de policarbonato aprobados por Caterpillar están disponibles para máquinas con cabina o con techo abierto. En las máquinas con cabinas, las ventanas también deben cerrarse. Se recomienda usar gafas de seguridad cuando hay riesgo de que salgan objetos despedidos en máquinas con cabinas y máquinas con pabellones abiertos.

Si el material de trabajo se extiende por encima de la cabina, deben usarse protectores superiores y protectores delanteros. Se indican a continuación los ejemplos típicos de este tipo de aplicación:

Aplicaciones de demolición

Canteras

Productos forestales

Se pueden requerir protectores adicionales para aplicaciones o herramientas específicas. El Manual de Operación y Mantenimiento de su máquina o su herramienta proporciona información sobre los requisitos específicos para los protectores. Para obtener información adicional, consulte con su distribuidor Caterpillar.

Información sobre remolque

i01970569

Remolque de la máquina

Código SMCS: 7000

ADVERTENCIA

Cuando se remolca de manera incorrecta una máquina averiada, se pueden ocasionar lesiones personales o mortales.

Antes de soltar los frenos, bloquee la máquina para impedir su movimiento. Si no está bloqueada, la máquina podría rodar libremente.

Para llevar a cabo el procedimiento de remolque correctamente, siga las recomendaciones siguientes.

Esta máquina cuenta con frenos de estacionamiento aplicados por resorte, que se liberan por presión del aceite. Los frenos de estacionamiento se conectan si el motor es inoperable o si el sistema de aceite del freno es inoperable. La máquina no se puede mover.

El freno de estacionamiento se puede desconectar manualmente en caso de que no haya presión suficiente de aceite en el sistema.

Referencia: Vea información adicional en el Manual de Operación y Mantenimiento, "Desconexión manual del freno de estacionamiento".

Utilice estas instrucciones para remolcar una máquina averiada a una corta distancia. No mueva la máquina con una rapidez mayor de 2 km/h (1,2 millas/h). Mueva la máquina a un lugar apropiado para su reparación. Sólo utilice estas instrucciones para situaciones de emergencia. Siempre transporte la máquina cuando sea necesario llevarla a un sitio lejano.

Se debe proporcionar protección en ambas máquinas para proteger al operador en caso de que el cable o la barra de remolque se rompa.

No permita que haya pasajeros en una máquina que se está remolcando a menos que el operador pueda controlar la dirección o el frenado.

Antes de remolcar la máquina, inspeccione el cable o la barra de remolque. Cerciórese de que el cable o la barra de remolque tengan la fortaleza suficiente para remolcar la máquina inhabilitada. Use una barra o cable de remolque con una capacidad mínima de 1,5 veces el peso bruto de la máquina remolcada. Use una barra o un cable de remolque con esta fortaleza para sacar una máquina inhabilitada que esté atascada en barro. También use una barra o un cable de remolque con esta fortaleza para remolcar subiendo una pendiente.

No use una cadena para remolcar. Se puede romper un eslabón de la cadena. Esto puede causar lesiones personales. Use un cable metálico con extremo en forma de lazos o anillos. Posicione un observador en una ubicación segura. El observador debe parar el procedimiento de remolque si el cable comienza a romperse o a deshilacharse. Si la máquina remolcadora se mueve sin que se mueva la máquina remolcada, detenga el procedimiento de remolque.

Mantenga el ángulo del cable de remolque a un mínimo. No exceda un ángulo de 30 grados de la posición recta de avance.

El movimiento rápido de la máquina puede sobrecargar el cable o la barra de remolque. Esto puede hacer que el cable o la barra de remolque se rompan. Resulta más eficaz un movimiento gradual y uniforme de la máquina.

Normalmente, la máquina remolcadora debe ser tan grande como la máquina inhabilitada. Cerciórese que la máquina que va a proporcionar el remolque tenga la suficiente capacidad de frenado, peso y potencia para controlar ambas máquinas en las pendientes y distancia involucradas.

Puede ser necesario conectar una máquina más grande o máquinas adicionales a la máquina inhabilitada para proporcionar el control suficiente y el frenado suficiente. Esto evitará que la máquina inhabilitada se mueva sin control en una cuesta abajo.

No se pueden especificar los requisitos para todas las situaciones diferentes. Se requiere una mínima capacidad de la máquina que remolca en las superficies horizontales y uniformes. En cambio, se requiere la capacidad máxima en pendientes y suelos difíciles.

Si es posible, descargue la carga antes de intentar remolcar la máquina. Cualquier máquina remolcada con carga debe estar equipada con un sistema de frenos que se puede operar desde la estación del operador.

Consulte a su distribuidor Caterpillar para obtener detalles adicionales sobre cómo remolcar una máquina inhabilitada.

Remolcar con un motor que funciona

Si el motor está funcionando, la máquina se puede remolcar una corta distancia bajo ciertas condiciones. El tren de fuerza y el sistema de dirección deben funcionar. Remolque la máquina una corta distancia solamente. Por ejemplo, saque la máquina del barro o póngala a la vera del camino.

El operador de la máquina remolcada DEBE conducir en dirección del cable de remolque.

Obedezca cuidadosamente todas las instrucciones que se describen en este tema.

Remolcar con un motor que no funciona

ATENCIÓN

Algunas máquinas Caterpillar pueden estar equipadas con un sistema optativo de dirección secundaria.

El sistema de dirección secundaria proporciona dirección de emergencia solamente cuando la máquina está en movimiento.

Si su máquina está equipada con dirección secundaria, no invierta las mangueras hidráulicas de la dirección. Se puede usar el sistema de dirección secundaria para conducir la máquina con seguridad cuando se la está remolcando.

Efectúe los siguientes pasos antes de remolcar la máquina.

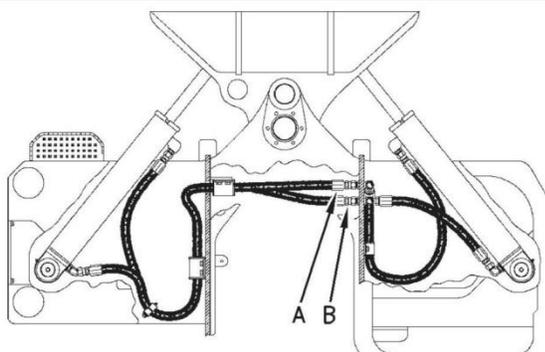


Ilustración 235

g00942975

Extremo de cabeza
Extremo de varilla

Coloque bloques en las ruedas. Invierta las conexiones de la manguera de dirección hidráulica en un cilindro solamente. De esta forma, los cilindros de dirección podrán moverse libremente.

ATENCIÓN

Se debe asegurar de que los fluidos están contenidos durante la inspección, mantenimiento, pruebas, ajustes y reparación de la máquina. Está preparado para recoger el fluido con recipientes apropiados antes de abrir un compartimiento o desarmar componentes que contengan fluidos.

Vea la Publicación Especial, NENG2500, "Guía de herramientas y productos de taller Caterpillar" para obtener información sobre las herramientas y suministros adecuados para recoger y contener fluidos de los productos Caterpillar.

Deseche todos los fluidos según las regulaciones y ordenanzas locales.

ATENCIÓN

Asegúrese de que las mangueras de los cilindros estén bien conectadas antes de hacer funcionar la máquina. El sistema de la dirección no funcionará con las mangueras colocadas al revés.

Si se sospechan fallas internas de la transmisión o de la línea de mando, saque los semiejes.

Referencia: Vea información sobre cómo sacar los semieje en el manual de Desarmado y Armado del tren de fuerza, "Semiejes - Quitar".

ADVERTENCIA

Cuando se desmontan los semiejes, la máquina no tiene ni freno de servicio ni freno de estacionamiento. La máquina puede rodar sin control y causar lesiones graves o fatales al personal.

Bloquee bien las ruedas para que no se pueda mover la máquina.

La conexión de remolque debe ser rígida, o se debe remolcar con dos máquinas del mismo tamaño o más grandes que la máquina que se va a remocar. Conecte una máquina en cada extremo de la máquina a remolcar.

Si es posible, descargue la carga del cucharón.

Sujete la barra de remolque.

Desconecte manualmente el freno de estacionamiento.

Referencia: Vea información acerca de la desconexión manual del freno de estacionamiento en el Manual de Operación y Mantenimiento, “Desconexión manual del freno de estacionamiento”.

ATENCIÓN

Desconecte el freno de estacionamiento para impedir el desgaste y los daños excesivos en el sistema del freno de estacionamiento al remolcar la máquina.

Retire los bloques de las ruedas. Remolque la máquina lentamente. No exceda de una velocidad de 2 km/h (1,2 mph).

i04535702

Parking Brake Manual Release

SMCS Code: 4267; 7000

WARNING

Personal injury or death can result from a brake malfunction. Do not operate the machine if the brake was applied due to a malfunction of the oil system or the brake.

Correct any problem before attempting to operate the machine.

NOTICE

Care must be taken to ensure that fluids are contained during performance of inspection, maintenance, testing, adjusting, and repair of the product. Be prepared to collect the fluid with suitable containers before opening any compartment or disassembling any component containing fluids.

Refer to Special Publication, NENG2500, "Dealer Service Tool Catalog" for tools and supplies suitable to collect and contain fluids on Cat products.

Dispose of all fluids according to local regulations and mandates.

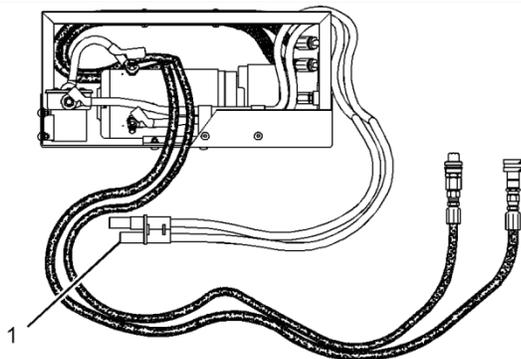


Illustration 158

g02749676

212-6102 Portable Hydraulic Pump

Connect plug (1) of the 212-6102 Portable Hydraulic Pump to the machine's 24 VDC power supply.

Note: The machine batteries must be charged for the operation of the portable hydraulic pump. If battery charge is low, connect to an external 24 VDC power supply.

Turn the battery disconnect switch to the ON position.

Turn the engine start switch to the ON position.

Depress the service brake pedal at least 80 times to release the oil pressure from the brake hydraulic system.

Move the joystick control lever several times through the full range of travel to release any pressure in the implement pilot circuits.

Move the STIC steering control several times in both directions to release any pressure in the steering hydraulic system.

Press and hold the breaker relief valve to release any pressure in the hydraulic tank.

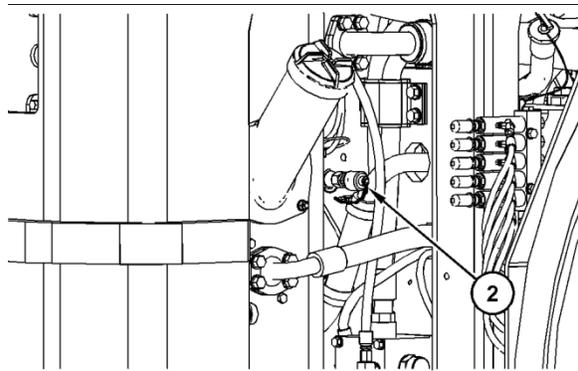


Illustration 159

g02724652

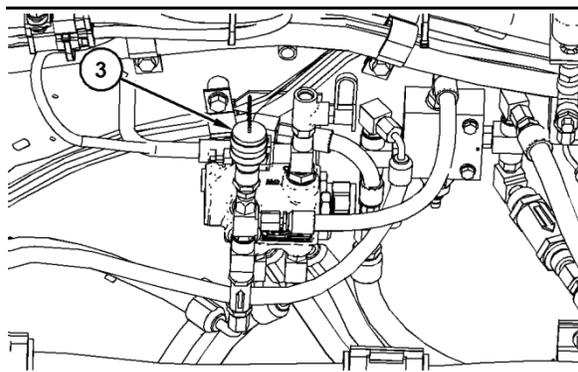


Illustration 160

g02724653

Remove the caps from quick connect couplers (2) and (3). Connect the hydraulic hoses from the portable hydraulic pump to couplers (2) and (3).

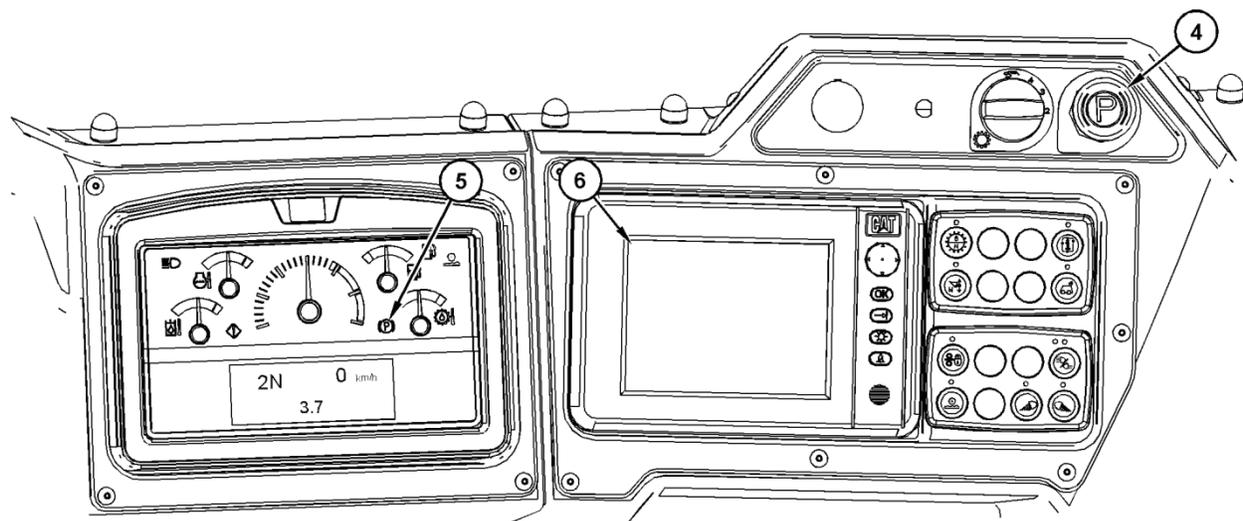


Illustration 161

g02800320

Using monitor display (6), access the “Trans Pressure Override” mode. Disable the transmission oil pressure sensor. For more information, refer to System Operation Troubleshooting Testing and Adjusting, “Monitor Display”.

Note: The service brakes can be used to stop the machine when the machine has brake oil pressure. Use the service brakes to control the machine when the machine is being towed.

Note: Using the service brakes will cause the braking system oil pressure to decrease. If brake accumulator oil pressure event code on the monitor display (6) is displayed, operate the portable hydraulic pump to increase the braking system pressure. Ensure that the braking system pressure is maintained for the duration of the towing.

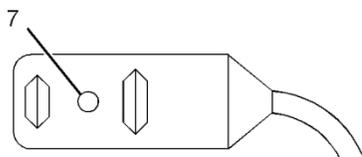


Illustration 162

g02800336

Position switch (7) (from the portable hydraulic pump) inside the operator station.

Press and hold switch (7) in the ON position to activate the portable hydraulic pump. Brake accumulator oil pressure event code on the monitor display (6) will turn off when the braking system has full oil pressure.

Note: Operation of the switch should only take place from inside the operator station. Observe brake indicators and gauges (if equipped) while operating the portable hydraulic pump.

When the braking system has full oil pressure, move parking brake control (1) to the OFF position to disengage the parking brake. Hold switch (7) in the ON position until parking brake indicator (5) on the instrument cluster goes out. The parking brake is now disengaged.

NOTICE

Operating the portable hydraulic pump for extended periods of time may cause overheating and possible damage of the electric motor. If overheating is observed, stop operating the portable hydraulic pump and allow it time to cool before towing is continued.

Note: For the removal of the portable hydraulic pump from the machine, refer to Step 13 through Step 15.

Note: Turning the engine start switch to the OFF position will change the “Trans Pressure Override” to the enabled setting.

Repeat Step 3 through Step 7.

Disconnect and remove the portable hydraulic pump from the machine.

Install the caps on the quick connect couplers.

Desconexión del freno con la barra de remolque

ADVERTENCIA

Si la máquina inhabilitada está en una pendiente o un área peligrosa, se debe operar la máquina remolcadora por control remoto.

El sistema de desconexión del freno se debe activar solamente con una barra de remolque bien sujeta a la máquina remolcadora. La barra de remolque debe estar bien sujeta al enganche de la máquina inhabilitada antes de activar el sistema de desconexión del freno. Si la barra de remolque no está bien sujeta, la máquina inhabilitada podría moverse. El movimiento incontrolado de la máquina inhabilitada puede causar lesiones graves y mortales.

Después de remolcar la máquina inhabilitada a un lugar seguro, asegúrese de estacionar la máquina en terreno horizontal y bloquear firmemente las ruedas. Asegúrese de que la máquina no puede moverse antes de realizar cualquier trabajo de ser-vicio.

Asegúrese de que la máquina inhabilitada no puede moverse antes de desconectar la barra de remolque.

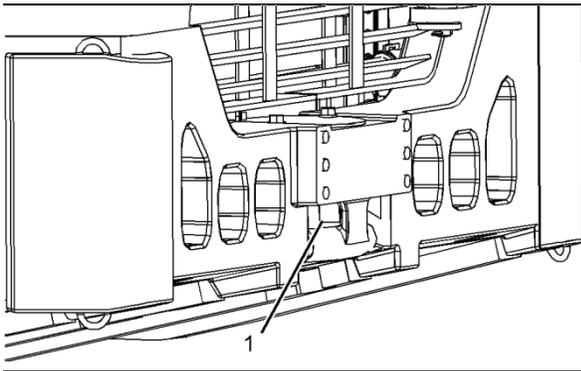


Ilustración 243

g00901945

El sistema de desconexión del freno se activa con una barra de remolque conectada a la máquina remolcadora. La barra de remolque presiona el pistón (1). Cuando se presiona el pistón, se desconecta el freno de estacionamiento.

Realice los siguientes pasos para activar el sistema de desconexión del freno y remolcar una máquina inhabilitada.

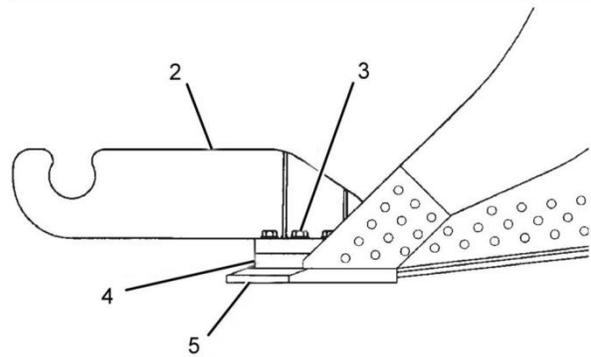


Ilustración 244

g00901998

Conexión de la barra de remolque al cucharón

- (2) Barra de remolque
- (3) Placa adaptadora soldada
- (4) Labio inferior del cucharón
- (5) Pernos

Conecte la barra de remolque (2) al cucharón de la máquina remolcadora, como se muestra en la ilustración anterior.

Nota: Algunos tipos de tornillería de cucharón permiten atornillar directamente la barra de remolque al cucharón. Para obtener más información sobre cómo conectar la barra de remolque al cucharón, consulte a su distribuidor Caterpillar.

Coloque la máquina remolcadora detrás de la máquina inhabilitada.

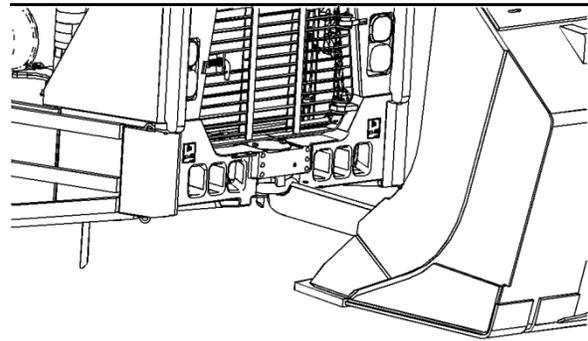


Ilustración 245

g00902000

Guíe la barra de remolque en el enganche de la máquina inhabilitada.

Levante e incline hacia atrás el cucharón de la máquina remolcadora hasta que la barra de remolque presione el pistón del cilindro de desconexión del freno. El freno de estacionamiento de la máquina inhabilitada se desconectará cuando se presione completamente el pistón.

⚠ ADVERTENCIA

Una vez que se activa el sistema de desconexión del freno, la máquina puede rodar con libertad.

Si se remolca incorrectamente una máquina inhabilitada, se pueden sufrir lesiones personales y mortales.

Compruebe que la máquina remolcadora está bien conectada al enganche y con los frenos conectados para evitar que las dos máquinas se muevan inesperadamente. Mantenga a todo el personal alejado de la máquina inhabilitada hasta que se la haya remolcado a un lugar seguro y se hayan bloqueado las ruedas.

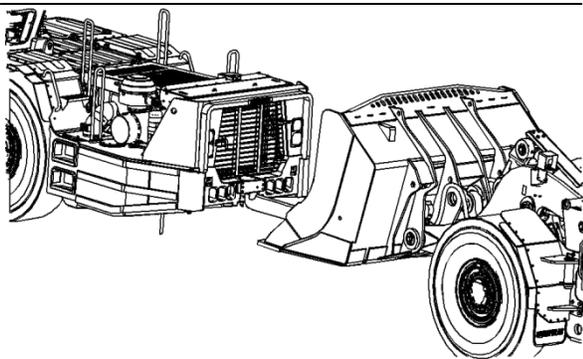


Ilustración 246

g00902004

Use la máquina remolcadora para remolcar la máquina inhabilitada a un lugar seguro. Tenga en cuenta todas las precauciones indicadas en la sección de "Información sobre remolque" de este manual.

Bloquee las ruedas de la máquina inhabilitada antes de desconectar la máquina remolcadora y realizar tareas de servicio.

Desconexión del freno con el gancho de remolque

⚠ ADVERTENCIA

Si la máquina inhabilitada está en una pendiente o un área peligrosa, se debe operar la máquina remolcadora por control remoto.

El sistema de desconexión del freno se debe activar solamente con un cable de remolque bien sujeto a la máquina remolcadora. El cable de remolque debe estar bien sujeto al gancho de recuperación de la máquina inhabilitada antes de activar el sistema de desconexión del freno. Si el cable de remolque no está bien sujeto, la máquina inhabilitada podría moverse. El movimiento incontrolado de la máquina inhabilitada puede causar lesiones graves y mortales.

Después de remolcar la máquina inhabilitada a un lugar seguro, asegúrese de estacionar la máquina en terreno horizontal y bloquear firmemente las ruedas. Asegúrese de que la máquina no puede moverse antes de realizar cualquier trabajo de ser-vicio.

⚠ ADVERTENCIA

No use este dispositivo de recuperación para remolcar otras máquinas o equipo. Si se usa este gancho, se puede desconectar el freno secundario/de estacionamiento.

Se podrían sufrir lesiones personales y mortales por aplastamiento.

Deben utilizarse dispositivos de remolque apropiados para remolcar otras máquinas o equipo.

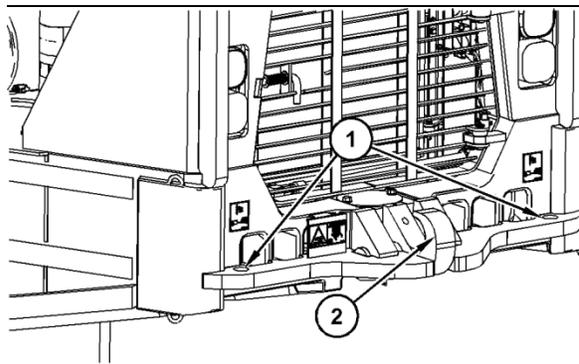


Ilustración 247

g00943055

Nota: Cuando remolque otras máquinas, accesorios o equipo, use solamente los puntos de remolque (1) que se encuentran en la parte trasera de la máquina.

Nota: El gancho de remolque del sistema de desconexión del freno funcionará solamente con el motor parado.

El sistema de desconexión del freno se activa por medio de una fuerza de tiro aplicada al gancho de remolque (2). Cuando se aplica la fuerza de tiro, el gancho de remolque pivota y presiona el pistón del cilindro de desconexión del freno. Cuando se presiona el pistón, se desconecta el freno de estacionamiento.

Realice los siguientes pasos para activar el sistema de desconexión del freno y remolcar una máquina inhabilitada.

Coloque la máquina remolcadora detrás de la máquina inhabilitada.

Conecte un cable de remolque entre el punto de remolque de la máquina remolcadora y el gancho de remolque (2) de la máquina inhabilitada.

ADVERTENCIA

Una vez que se ha activado el sistema de desconexión del freno para remolque, la máquina puede rodar con libertad.

Si se remolca incorrectamente una máquina inhabilitada, se pueden sufrir lesiones personales y mortales.

Mantenga a todo el personal alejado de la máquina inhabilitada hasta que se la haya remolcado a un lugar seguro y se hayan bloqueado las ruedas.

Use la máquina remolcadora para ejercer una fuerza de tiro uniforme y gradual sobre el gancho de remolque. El gancho de remolque pivotará y presionará el pistón del sistema de desconexión del freno. El freno de estacionamiento de la máquina inhabilitada se desconectará cuando se presione completamente el pistón.

Use la máquina remolcadora para remolcar la máquina inhabilitada a un lugar seguro. Tenga en cuenta todas las precauciones indicadas en la sección de "Información sobre remolque" de este manual.

Bloquee las ruedas de la máquina inhabilitada antes de desconectar la máquina remolcadora y realizar tareas de servicio.

i02882565

Barra de tiro de recuperación (Si tiene)

Código SMCS: 7105

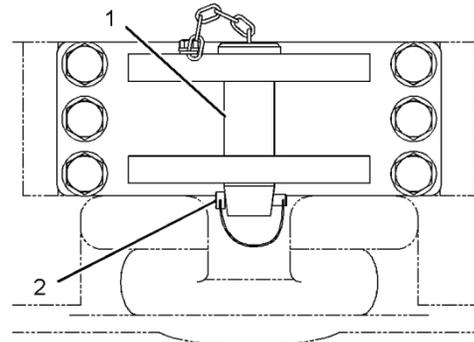


Ilustración 248

g01425058

Pasador de la barra de tiro
Pasador retenedor

La barra de tiro de recuperación está ubicada en la parte trasera de la máquina.

La barra de tiro de recuperación es sólo para propósitos de recuperación, cuando la máquina está atascada en el lodo o inhabilitada.

Utilice la máquina recuperadora para remolcar la máquina atascada en el loco o inhabilitada hasta un lugar seguro.

Referencia: Para obtener información sobre el procedimiento correcto para remolcar la máquina, vea en el Manual de Operación y Mantenimiento, "Remolque de la máquina".

Engine Starting (Alternate Methods)

i02407539

Engine Starting with Jump Start Cables

SMCS Code: 1000; 7000

WARNING

Failure to properly service the batteries may cause personal injury.

Prevent sparks near the batteries. They could cause vapors to explode. Do not allow the jump start cable ends to contact each other or the machine.

Do not smoke when checking battery electrolyte levels.

Electrolyte is an acid and can cause personal injury if it contacts the skin or eyes.

Always wear eye protection when starting a machine with jump start cables.

Improper jump start procedures can cause an explosion resulting in personal injury.

When using jumper cables, always connect the positive (+) jumper cable to the positive (+) battery terminal first. Next, connect the negative (-) jumper cable to the frame away from the batteries. Follow the procedure in the Operation and Maintenance Manual.

Jump start only with an energy source of the same voltage as the stalled machine.

Turn off all lights and accessories on the stalled machine. Otherwise, they will operate when the energy source is connected.

WARNING

Do not attempt to charge a battery that has ice in any of the cells.

Charging a battery in this condition can cause an explosion that may result in personal injury or death.

Always let the ice melt before attempting to charge.

NOTICE

When starting from another machine, make sure that the machines do not touch. This could prevent damage to engine bearings and electrical circuits.

Turn on (close) the battery disconnect switch prior to the boost connection to prevent damage to electrical components on the stalled machine.

Severely discharged maintenance free batteries do not fully recharge from the alternator after jump starting. The batteries must be charged to proper voltage with a battery charger. Many batteries thought to be unusable are still rechargeable.

This machine has a 24 volt starting system. Use only the same voltage for jump starting. Use of a higher voltage damages the electrical system.

Use of Jump Start Cables

Place the transmission control on the stalled machine in the NEUTRAL position. Engage the parking brake. Lower all attachments to the ground. Move all controls to the HOLD position.

On the stalled machine, turn the engine start switch to the OFF position. Turn off the accessories.

On the stalled machine, turn the battery disconnect switch to the ON position.

Move the machine or the auxiliary power source close to the stalled machine so that the cables can reach. **DO NOT ALLOW THE MACHINE OR THE AUXILIARY POWER SOURCE TO CONTACT THE STALLED MACHINE.**

Stop the engine on the machine that is the electrical source. (If you are using an auxiliary power source, turn off the charging system.)

Check the battery caps for correct placement and for correct tightness. Make these checks on both machines. Make sure that the batteries in the stalled machine are not frozen. Check the batteries for low electrolyte.

Connect the positive jump start cable to the positive cable terminal of the discharged battery.

Do not allow positive cable clamps to contact any metal except for battery terminals.

Note: Batteries in series may be in separate compartments. Use the terminal that is connected to the starter solenoid. This battery is normally on the same side of the machine as the starter.

Operation Section Engine Starting (Alternate Methods)

Connect the positive jump start cable to the positive terminal of the electrical source. Use the procedure from Step 7 in order to determine the correct terminal.

Connect one end of the negative jump start cable to the negative terminal of the electrical source.

Make the final connection. Connect the negative cable to the frame of the stalled machine. Make this connection away from the battery, away from the fuel, away from the hydraulic lines, and away from all moving parts.

Start the engine of the machine that is the electrical source. (If you are using an auxiliary power source, energize the charging system on the auxiliary power source.)

Allow the electrical source to charge the batteries for two minutes.

Attempt to start the stalled engine.

Reference: For more information, refer to Operation and Maintenance Manual, "Engine Starting".

Immediately after the stalled engine starts, disconnect the jump start cables in reverse order.

i04705292

Engine Starting with Auxiliary Start Receptacle

SMCS Code: 1463

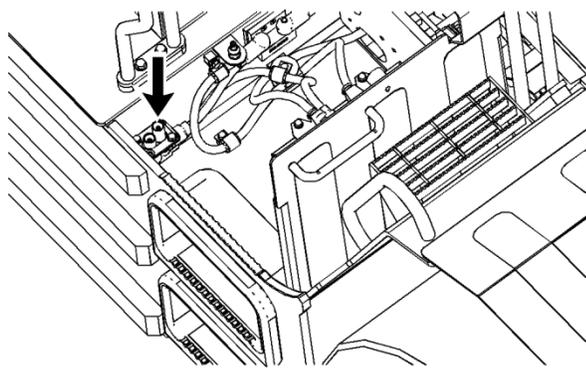


Illustration 169

g02810176

The auxiliary start receptacle is located on the right side of the machine, in the battery compartment.

Some Caterpillar products may be equipped with auxiliary start receptacles as standard. All other machines can be equipped with a receptacle from parts service. Then, a permanent receptacle is always available for jump starting.

There are two cable assemblies that can be used to jump-start the stalled machine. You can jump the machine from another machine that is equipped with this receptacle or an auxiliary power pack. Your Cat dealer can provide the correct cable lengths for your application.

Determine the reason that the engine will not start.

Reference: Refer to Special Instruction, SEHS7633, "Battery Test Procedure" for more information.

Move the transmission direction and speed control to the NEUTRAL position on the stalled machine. Engage the parking brake. Move all controls to the HOLD position.

On the stalled machine, turn the engine start switch to the OFF position. Turn off all accessories.

On the stalled machine, turn the battery disconnect switch to the ON position.

Move the machines together in order for the cables to reach. **DO NOT ALLOW THE MACHINES TO CONTACT EACH OTHER.**

Stop the engine on the machine that is being used as the electrical source. If you are using an auxiliary power source, turn off the charging system.

On the stalled machine, connect the appropriate jump-start cable to the auxiliary start receptacle.

Connect the other end of this cable to the electrical source. Connect the cable to the auxiliary start receptacle.

Start the engine on the machine that is the electrical source. Also, you can energize the charging system on the auxiliary power source.

Allow the electrical source to charge the batteries for 2 minutes.

Attempt to start the stalled engine. Refer to the Operation and Maintenance Manual, "Engine Starting" for the machine that is being serviced.

Immediately after the stalled engine starts, disconnect the jump-start cable from the electrical source.

Sección de Mantenimiento

Información sobre inflado de neumáticos

i01970464

Inflado de neumáticos con nitrógeno

Código SMCS: 4203-PX; 7500

Caterpillar recomienda el uso de gas nitrógeno seco para inflar los neumáticos y para ajustar la presión de los neumáticos. Esto incluye todas las máquinas con neumáticos de goma. El nitrógeno es un gas inerte que no contribuirá a la combustión dentro del neumático.

ADVERTENCIA

Para evitar inflar en exceso los neumáticos, se necesita usar equipo apropiado para inflado con nitrógeno y estar capacitado para usar dicho equipo. El uso del equipo incorrecto o el uso inapropiado del equipo pueden causar la explosión de un neumático o la avería de una llanta y, como consecuencia, pueden ocurrir accidentes graves y mortales.

Si no se usa correctamente el equipo de inflado, se puede producir la explosión de un neumático o la avería de una llanta, debido a que la presión de un cilindro de nitrógeno completamente cargado es aproximadamente de 15.000 kPa (2200 lb/pulg²).

El uso de nitrógeno tiene otras ventajas además de reducir el riesgo de explosiones. El uso de nitrógeno para inflar los neumáticos reduce la oxidación lenta de la goma. El empleo de nitrógeno también retrasa el deterioro gradual del neumático. Esto es particularmente importante para el caso de los neumáticos que deben rendir una vida útil de por lo menos cuatro años. El nitrógeno reduce la corrosión de los componentes del aro. El nitrógeno reduce también los problemas resultantes del desmontaje.

ADVERTENCIA

La explosión de un neumático o la avería de una llanta puede causar lesiones personales.

Para evitar lesiones personales, use una boquilla de inflado auto-adherente y párese detrás de la banda de rodadura cuando vaya a inflar un neumático.

Nota: No ajuste el regulador de los equipos de invado de los neumáticos a más de 140 kPa (20 lb/pulg²) por encima de la presión recomendada para los neumáticos.

Use el Grupo de Inflado 6V-4040 o un grupo de inflado equivalente para inflar neumáticos con un cilindro de nitrógeno. Vea en la Instrucción Especial, SMHS7867 las instrucciones de inflado de neumáticos.

Para inflar con nitrógeno, use las mismas presiones de neumáticos que se usan para inflar con aire. Consulte sobre las presiones de operación con su distribuidor de neumáticos.

i04012438

Presión de embarque de los neumáticos

Código SMCS: 4203-PX; 7500

La tabla a continuación contiene las presiones de embarque de los neumáticos en clima frío.

Tabla 4

Tamaño del neumático	Número de telas o índice de resistencia	Presión de embarque	
		Delan-tero	Trasero
18,0-25	Bridgestone 28	690 kPa (100 lb/pulg ²)	450 kPa (65 lb/pulg ²)
18,0-25	Goodyear 28	655 kPa (95 lb/pulg ²)	450 kPa (65 lb/pulg ²)
18.0-R25	Bridgestone Two Star	690 kPa (100 lb/pulg ²)	450 kPa (65 lb/pulg ²)
18.0-R25	Michelin Two Star	690 kPa (100 lb/pulg ²)	480 kPa (70 lb/pulg ²)

Nota: La R en el tamaño indica que es un neumático radial.

La presión de inflado de los neumáticos corresponde al peso de una máquina lista para trabajar sin accesorios, con la carga útil nominal y en condiciones normales de operación. Las presiones de inflado de los neumáticos pueden variar de una aplicación a otra. Comuníquese con su proveedor de neumáticos para obtener las presiones correctas.

i01970482

Ajuste de la presión de inflado de los neumáticos

Código SMCS: 4203-025-PX; 7500

La presión de los neumáticos medida en un taller a una temperatura de 18° a 21°C (65° a 70°F) variará de forma significativa si se mueve la máquina a una zona con temperatura de congelación. Si infla el neumático a la presión correcta en un taller caliente, el neumático no estará suficientemente inflado en temperaturas de congelamiento. La presión baja acorta la vida útil de un neumático.

Referencia: Cuando opere la máquina a temperaturas de congelamiento, vea en el Manual de Operación y Mantenimiento, SEBU5898, "Recomendaciones para tiempo de frío" para ajustar las presiones de inflado de los neumáticos.

Viscosidades de lubricantes y capacidades de llenado

i01970589

Viscosidades de lubricantes

Código SMCS: 1000; 7000; 7581

Las viscosidades de lubricantes que se muestran en **negrita** en la siguiente tabla son los aceites que se usan normalmente en las máquinas R1600H de Caterpillar. Si las temperaturas ambiente en las que usted trabaja no se encuentran en la gama de temperaturas normales del aceite, seleccione un aceite que cumpla con la gama de temperaturas necesaria.

Lubricant Viscosities and Refill Capacities

i04535709

Lubricant Viscosities (Fluids Recommendations)

SMCS Code: 7581

The oil viscosities shown in **bold type** in the following table are the standard oils used in Caterpillar R1600H machines. If the ambient temperatures you operate in, do not fall within the standard oil temperature range. Choose an oil that meets the required ambient temperature range.

General Information for Lubricants

When you are operating the machine in temperatures below 20°C (4°F), refer to Operation and Maintenance Manual, SEBU5898, "Cold Weather Recommendations". This publication is available from your Cat dealer.

Refer to the "Lubricant Information" section in the latest revision of the Special Publication, SEBU6250, "Caterpillar Machine Fluids Recommendations" for a list of Cat engine oils and for detailed information. This manual may be found on the Web at Safety.Cat.com.

The footnotes are a key part of the tables. Read ALL footnotes that pertain to the machine compartment in question.

Selecting the Viscosity

In order to select the proper oil for each machine compartment, refer to the "Lubricant Viscosity for Ambient Temperature" table. Use the oil type AND oil viscosity for the specific compartment at the proper ambient temperature.

The proper oil viscosity grade is determined by the minimum ambient temperature (the air in the immediate vicinity of the machine). Measure the temperature when the machine is started and while the machine is operated. In order to determine the proper oil viscosity grade, refer to the "Min" column in the table. This information reflects the coldest ambient temperature condition for starting a cold machine and for operating a cold machine. Refer to the "Max" column in the table for operating the machine at the highest temperature that is anticipated. Unless specified otherwise in the "Lubricant Viscosities for Ambient Temperatures" tables, use the highest oil viscosity that is allowed for the ambient temperature.

Machines that are operated continuously should use oils that have the higher oil viscosity in the final drives and in the differentials. The oils that have the higher oil viscosity will maintain the highest possible oil film thickness. Refer to "General Information for Lubricants" article, "Lubricant Viscosities" tables, and any associated footnotes. Consult your Cat dealer if additional information is needed.

NOTICE

Not following the recommendations found in this manual can lead to reduced performance and compartment failure.

Engine Oil Cártel del motor

Table 8

Lubricant Viscosities for Ambient Temperatures

Compartment or System	Oil Type and Classification	Oil Viscosities	°C		°F	
			Min	Max	Min	Max
Engine Crankcase Cártel del motor	Caterpillar Multigrade DEO API Multigrade CH-4 API Multigrade CG-4 Global DHD-1 Multigrade	SAE 0W/20	40	+10	40	+50
		SAE 0W/30	40	+30	40	+86
		SAE 0W/40	40	+40	40	+104
		SAE 5W/30	30	+30	22	+86
		SAE 5W/40	30	+40	22	+104
		SAE 10W/30	20	+40	4	+104
		SAE 10W/40	20	+50	4	+122
		SAE 15W/40	15	+50	+5	+122

Hydraulic Systems Sistemas hidráulicos

Refer to the “Lubricant Information” section in the latest revision of the Special Publication, SEBU6250, “Caterpillar Machine Fluids Recommendations” for detailed information. This manual may be found on the Web at Safety.Cat.com.

The following are the preferred oils for use in most Cat machine hydraulic systems:

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

Second choice oils are listed below.

- Cat MTO
- Cat DEO
- Cat DEO-ULS
- Cat TDTO
- Cat TDTO Cold Weather
- Cat TDTO-TMS
- Cat DEO-ULS SYN
- Cat DEO SYN
- Cat DEO-ULS Cold Weather

Table 9

Lubricant Viscosities for Ambient Temperatures						
Compartment or System	Oil Type and Classification	Oil Viscosities	°C		°F	
			Min	Max	Min	Max
Hydraulic Systems Sistemas hidráulicos	Caterpillar Biodegradable Hydraulic Oil (HEES) Caterpillar HYDO Caterpillar DEO Caterpillar TDTO Caterpillar MTO API CG-4 API CF-4 API CF <small>Commercial TO-4</small> Caterpillar TO-4M Caterpillar TDTO-TMS API CH-4 Commercial BF-1⁽⁴⁾ Global DHD-1	SAE 0W20 ⁽²⁾	40	+40	40	+104
		SAE 0W30 ⁽²⁾	40	+40	40	+104
		SAE 5W30 ⁽²⁾	30	+40	22	+104
		SAE 5W40	30	+40	22	+104
		SAE 10W	20	+40	4	+104
		SAE 30	+10	+50	+50	+122
		SAE 10W30	20	+40	4	+104
		SAE 15W40	15	+50	+5	+122
		Caterpillar MTO	25	+40	13	+104
		Cat Biodegradable Hydraulic Oil (HEES) ⁽⁴⁾	40	+43	40	+110
		TDTO-TMS ⁽³⁾	20	+50	-4	+122

⁽⁴⁾ Commercial Biodegradable Hydraulic Oil (HEES) must meet the Caterpillar BF-1 specification. The listed ambient temperature range is for the current Caterpillar Biodegradable Hydraulic Oil (HEES), not for commercial BF-1 oil.

Transmission and Axles Servotransmisión

Refer to the “Lubricant Information” section in the latest revision of the Special Publication, SEBU6250, “Caterpillar Machine Fluids Recommendations” for detailed information. This manual may be found on the Web at Safety.Cat.com.

When you are operating the machine in temperatures below 20°C (4°F), refer to Special Publication, SEBU5898, “Cold Weather Recommendations”. This publication is available from your Cat dealer.

Table 10

Lubricant Viscosities for Ambient Temperatures						
Compartment or System	Oil Type and Classification	Oil Viscosities	°C		°F	
			Min	Max	Min	Max
Power Shift Transmission Servotransmisión	Caterpillar TDTO Commercial TO-4 Caterpillar TDTO-TMS	SAE 0W20 ⁽²⁾	40	+10	40	+50
		SAE 0W30 ⁽²⁾	40	+20	40	+68
		SAE 5W30 ⁽²⁾	30	+20	22	+68
		SAE 10W	20	+10	4	+50
		SAE 30	0	+35	+32	+95
		SAE 50	+10	+50	+50	+122
		TDTO-TMS ⁽³⁾	10	+43	+14	+110
Drive Axles Ejes motrices	Caterpillar TDTO Commercial TO-4 Caterpillar TDTO-TMS	SAE 30	20	+20	4	+68
		SAE 50	-10	+43	+23	+122
		SAE 60	5	+50	+23	+122
		TDTO-TMS ⁽³⁾	25	+22	13	+72

First Choice: Oils of full synthetic base stock without viscosity index improvers that meet the performance requirements of the TO-4 specification for the SAE 30 viscosity grade. Typical lubricant viscosity grades are SAE 0W-20, SAE 0W-30, and SAE 5W-30. Second Choice: Oils that contain a TO-4 additive package and a lubricant viscosity grade of SAE 0W-20, SAE 0W-30, or SAE 5W-30. TDTO-TMS Transmission Multi-Season (exceeds the TO-4/TO-4M multigrade specification requirements).

Special Lubricants

Grease

In order to use a non-Cat grease, the supplier must certify that the lubricant is compatible with Cat grease.

Each pin joint should be flushed with the new grease. Ensure that all old grease is removed. Failure to meet this requirement may lead to failure of a pin joint.

Table 11

Recommended Grease						
Compartment or System	Grease Type	NLGI Grade	°C		°F	
			Min	Max	Min	Max
External Lubrication Points	Cat Advanced 3Moly	NLGI Grade 2	20	40	4	104
	Cat Ultra 5Moly	NLGI Grade 2	30	50	22	122
		NLGI Grade 1	35	40	31	104
		NLGI Grade 0	40	35	40	95
	Cat Arctic Platinum	NLGI Grade 0	50	20	58	68
	Cat Desert Gold	NLGI Grade 2	20	60	4	140
Drive Shaft Universal Joints Drive Shaft Support Bearing Hand Rail Pivots	Cat Multipurpose Grease	NLGI Grade 2	30	40	22	104
Fan Drive Bearings	Cat High Speed Bearing Grease	NLGI Grade 2	-20	40	-4	104

Grease for the Autolube System

The grease used with the automatic lubrication system must not contain any graphite or PTFE.

Note: Pumpability is based on “US Steel Mobility and Lincoln Ventmeter Tests”. Performance may vary depending on lubrication equipment and the length of the lines.

Reference: Refer to Special Publication, SEBU6250, “Caterpillar Machine Fluids Recommendations” for additional information about grease. This manual may be found on the Web at Safety.Cat.com.

Table 12

Recommended Grease for the Autolube System

Compartment or System	Grease Type	NLGI Grade	°C	°F
			Min	Min
Autolube System	Cat 3Moly Grease	NLGI Grade 2	18	0
	Cat Ultra 5Moly	NLGI Grade 2	7	20
		NLGI Grade 1	18	0
		NLGI Grade 0	29	20
	Cat Arctic Platinum	NLGI Grade 0	43	45
	Cat Desert Gold	NLGI Grade 2	2	35

Maintenance Section Lubricant Viscosities and ReFill Capacities

Consult your Cat dealer for complete information and assistance in establishing an S-O-S program for your equipment.

Capacities (Refill)

SMCS Code: 7560

Table 13

Approximate ReFill Capacities

Compartment or System	Liters	US Gallons	Imperial Gallons
Engine Crankcase	34	9.0	7.5
Transmission	47	12.4	10.3
Hydraulic Tank	125	33	27.5
Cooling System	61	16.1	13.4
Front Differential and Final Drives	70	18.5	15.4
Rear Differential and Final Drives	70	18.5	15.4
Front Differential and Final Drives (with Axle Oil Cooler)	80	21.1	17.6
Rear Differential and Final Drives (with Axle Oil Cooler)	80	21.1	17.6
Fuel Tank	400	105.7	88
Secondary Fuel Tank (If Equipped)	330	87.2	72.6

i04311449

S-O-S Information

SMCS Code: 1348; 1395; 3080; 4070; 4250; 4300; 5050; 7542

S-O-S Services is a highly recommended process for Cat customers to use in order to minimize owning and operating cost. Customers provide oil samples, coolant samples, and other machine information. The dealer uses the data in order to provide the customer with recommendations for management of the equipment. In addition, S-O-S Services can help determine the cause of an existing product problem.

Refer to Special Publication, SEBU6250, "Caterpillar Machine Fluid Recommendations" for detailed information concerning S-O-S Services.

Refer to the Operation and Maintenance Manual, "Maintenance Interval Schedule" for a specific sampling location and a service hour maintenance interval.

equipment.

i02637981

Capacidades de llenado

Código SMCS: 7560

Tabla 6

Capacidades aproximadas de llenado

Compartimiento o sistema	Litros	Galones EE.UU.	Galones Imperiales
Cárter del motor	34	9,0	7,5
Transmisión	47	12,4	10,3
Tanque hidráulico	125	33	27,5
Sistema de enfriamiento	61	16,1	13,4
Diferencial y mandos Pnales delanteros	70	18,5	15,4
Diferencial y mandos Pnales traseros	70	18,5	15,4
Diferencial y mandos Pnales delanteros (con enfriador del aceite del eje)	80	21,1	17,6
Diferencial y mandos Pnales traseros (con enfriador del aceite del eje)	80	21,1	17,6
Tanque de combustible	400	105,7	88
Tanque secundario de combustible (si tiene)	330	87,2	72,6

Ubicación de los artículos que requieren mantenimiento

R1600G Image shown

i01970486

Ubicación de los Filtros y rejillas

Código SMCS: 1000; 1050; 3000; 4000; 4250; 4300; 5050; 7000

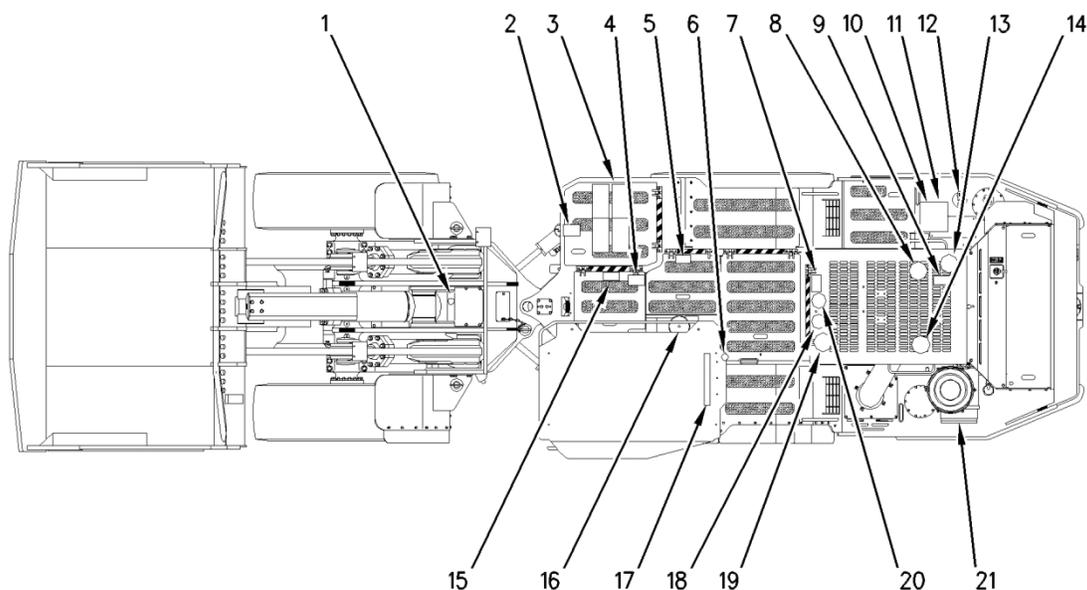


Ilustración 253

g00943272

- | | | |
|--|---|---|
| (1) Respiradero del eje delantero | (10) Rejilla del tubo de llenado del sistema de lubricación automática (si tiene) | (16) Filtro del presurizador de la cabina |
| (2) Rejilla del tubo de llenado de aceite del tanque hidráulico | (11) Filtro en línea del sistema de lubricación automática (si tiene) | (17) Filtro del aire de retorno de la cabina |
| (3) Filtros de aceite del sistema hidráulico | (12) Tapa y colador del tanque de combustible | (18) Filtro de aceite del eje trasero (si está equipado con un enfriador de aceite del eje) |
| (4) Rejilla magnética de la transmisión | (13) Filtro primario de combustible/ separador de agua | (19) Filtro de aceite de la transmisión |
| (5) Rejilla de succión del eje trasero (si está equipado con un enfriador de aceite del eje) | (14) Filtro de aceite del motor | (20) Filtro de aceite del eje delantero (si está equipado con un enfriador de aceite del eje) |
| (6) Respiradero del eje trasero | (15) Rejilla de succión del eje delantero (si está equipado con un enfriador de aceite del eje) | (21) Filtros de aire del motor |
| (7) Rejilla de succión del convertidor de par | | |
| (8) Filtro secundario de combustible | | |
| (9) Respiradero del cárter del motor | | |

R1600G Image shown

i01970683

Intervalos de muestreo y ubicación de la válvula de muestreo

Código SMCS: 1000; 1318; 1348; 3080; 4070; 4250; 4300; 5050; 7000; 7542

ATENCIÓN

Se debe asegurar de que los fluidos están contenidos durante la inspección, mantenimiento, pruebas, ajustes y reparación de la máquina. Esté preparado para recoger el fluido con recipientes apropiados antes de abrir un compartimiento o desarmar componentes que contengan fluidos.

Vea la Publicación Especial, NENG2500, "Guía de herramientas y productos de taller Caterpillar" para obtener información sobre las herramientas y suministros adecuados para recoger y contener fluidos de los productos Caterpillar.

Deseche todos los fluidos según las regulaciones y ordenanzas locales.

Tome las muestras de aceite lo más aproximadamente posible a los intervalos normales. Para obtener el rendimiento máximo del Análisis S-O-S de aceite, debe establecer una tendencia uniforme de datos. Para establecer un historial de datos pertinente, efectúe muestreos de aceite uniformes y a intervalos fijos.

Opere la máquina durante unos minutos antes de obtener las muestras de aceite. Esto mezclará completamente el aceite y permitirá obtener una muestra más precisa.

Referencia: Vea más información sobre cómo obtener una muestra de aceite en la Publicación Especial, PEHP6001, "Cómo tomar una buena muestra de aceite".

Tabla 7

Tipo de Fluido	Intervalo de cambio	Intervalo de muestreo	Válvula de muestreo
Aceite del motor	250 Horas	250 Horas	Sí ⁽¹⁾
Aceite de la transmisión	1.000 Horas	500 Horas	Sí ⁽¹⁾
Aceite hidráulico	2.000 Horas	500 Horas	Sí ⁽¹⁾
Aceite del diferencial y del mando final	1.000 Horas	500 Horas	No
Refrigerante	6.000 horas	500 Horas	No

Las máquinas pueden estar equipadas con válvulas de muestreo optativas

Consulte a su distribuidor Caterpillar para obtener información y asistencia para establecer un programa S-O-S para su equipo.

Ubicación de las válvulas de muestreo

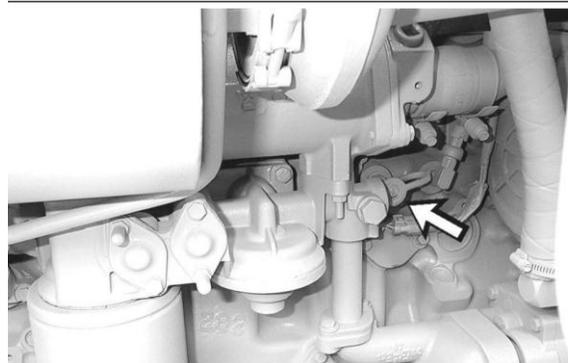


Ilustración 254

g00943399

Válvula de muestreo del aceite del motor

La válvula de muestreo del aceite del motor se encuentra en el lado derecho del motor, debajo del enfriador del aceite del motor.



Ilustración 255

g00943401

Válvula de muestreo del aceite de la transmisión y del convertidor de par

La válvula de muestreo del aceite de la transmisión y del convertidor de par se encuentra sobre la válvula de solenoide y el embrague de traba del convertidor de par.

R1600G Image shown SEBU8317-00



Ilustración 256 g00943406
Válvula de muestreo del aceite del sistema hidráulico

La válvula de muestreo del aceite del sistema hidráulico está ubicada en el múltiple en el lado del tanque hidráulico.

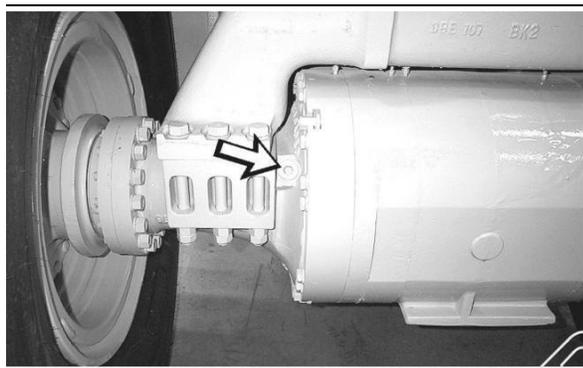


Ilustración 257 g00943418
Orificio de muestreo para el diferencial delantero



Ilustración 258 g00943419
Orificio de muestreo de aceite para el aceite del diferencial trasero

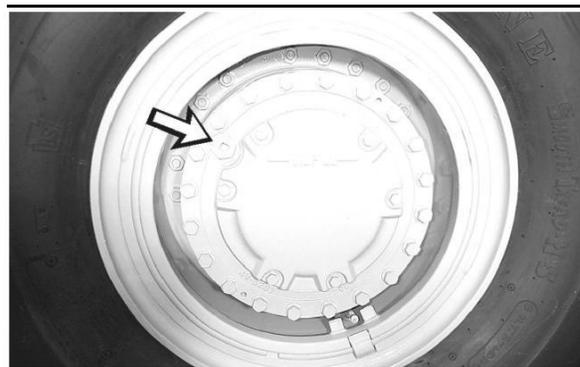


Ilustración 259 g00943420
Orificio de muestreo del aceite del mando final.

Los ejes no están equipados con válvulas de muestreo. Para obtener una muestra del aceite del diferencial y del mando final se necesita una bomba de vacío o un dispositivo equivalente. Saque el aceite a través de la abertura de llenado en cada eje y mando final.

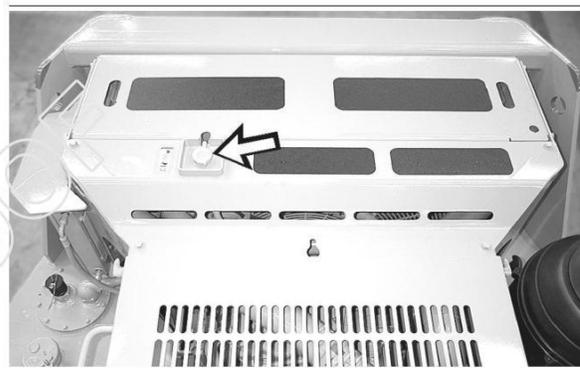


Ilustración 260 g00943423

El sistema de enfriamiento no está equipado con una válvula de muestreo. Para obtener una muestra del refrigerante se necesitará una bomba de vacío o equivalente. Quite lentamente la tapa de presión del sistema de enfriamiento en la parte superior del radiador y extraiga el refrigerante a través de la abertura de llenado.

Un muestreo S-O-S más frecuente prolonga la duración

Tradicionalmente, los intervalos sugeridos para el muestreo S-O-S del aceite han sido en cada cambio de aceite (250 horas para los motores y cada 500 horas para todos los demás compartimientos). No obstante, se recomienda un muestreo de aceite más frecuente en aplicaciones rigurosas. Si la máquina funciona en condiciones de carga elevada y a temperaturas ambientales altas, tome una muestra de todos los compartimientos cada 250 horas.

R1600G Image shown

Aplicaciones

Se ha demostrado en unos estudios que, en algunas aplicaciones, la obtención de muestras de aceite cada 500 horas es un intervalo demasiado largo para predecir las posibilidades de que se produzca una falla. Un intervalo de muestreo de cada 250 horas proporciona más datos entre intervalos de cambios de aceite. Al disponer de más datos, se aumenta la posibilidad de detectar una falla potencial.

Determinación de los intervalos de cambio de aceite óptimos

El muestreo de todos los compartimientos cada 250 horas proporciona información acerca del estado del aceite y su rendimiento. Esta información se utiliza para determinar la duración utilizable óptima de un aceite en particular. Además, la obtención de más puntos de información permitirá una supervisión más estrecha del régimen de desgaste de los componentes. Esta vigilancia estrecha también le permite obtener el máximo uso del aceite. Para obtener información detallada sobre la posibilidad de prolongar los intervalos entre cambios de aceite, consulte con su distribuidor Caterpillar.

Cómo optimizar el ciclo de vida útil de los componentes

Un mayor número de muestras de aceite proporciona una mejor definición de las tendencias de los datos entre intervalos de cambios de aceite. La obtención de más muestras de aceite le permitirá supervisar más de cerca el tipo de desgaste de los componentes. Esto contribuirá a asegurar que se aumente al máximo la vida útil de los componentes.

El intervalo estándar entre muestras de aceite para el Análisis S-O-S en todos los motores Caterpillar es de 250 horas. Aunque intervalos de muestreo de aceite de 500 horas siguen siendo aceptables para compartimientos que no están en el motor, estos intervalos no se consideran óptimos. Si la máquina funciona con una carga elevada y a temperaturas ambientales altas, tome muestras de todos los compartimientos en intervalos de 250 horas.