

Facultad de Tecnología de la Industria

Evaluación del plan de mantenimiento preventivo de los tractores de cadena D6T y D8T CATERPILLAR, mediante el análisis del sistema existente, de la flota de renta de la empresa Nicaragua Machinery Company – NIMAC.

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero Industrial

Elaborado por:

Tutor:

Br. Sindy de los
Ángeles Aguilar
Aleman
Carnet: 2017-01711

Br. Katia Judith
Barrantes Núñez
Carnet: 2013-61965

Br. Luis Javier
Celorio Rojas
Carnet: 2005-
20117

MSc. Paul Arafat
Guadamuz
Herrera

04 de marzo de 2023
Managua, Nicaragua

Dedicatoria

A nuestros padres por su esfuerzo y empuje que ayudan a lograr nuestros objetivos.

A nuestra universidad UNI y los docentes por crear en nosotros la apertura de la mente que se necesita para el mundo real.

A Dios.

Índice

1	Introducción.....	1
2	Objetivos.....	2
2.1	Objetivo General	2
2.2	Objetivos específicos	2
3	Marco teórico / conceptual	3
3.1	Generalidades del mantenimiento	3
3.1.1	¿Qué es el mantenimiento?	3
3.1.2	Propósito del mantenimiento.....	4
3.1.3	Objetivos del mantenimiento.....	4
3.1.4	Importancia del mantenimiento	5
3.2	Mantenimiento preventivo.....	5
3.3	Administración del mantenimiento preventivo	6
3.3.1	Plan de mantenimiento preventivo.....	6
3.3.2	Manuales de fabricante	7
3.3.3	Fichas de mantenimiento	7
3.3.4	Técnicas del mantenimiento preventivo.....	8
3.3.5	Tipos de tareas a incluir en el plan de mantenimiento	8
3.4	Gestión del mantenimiento preventivo	8
3.4.1	Gestión de tareas de mantenimiento preventivo	9
3.4.2	Gestión de repuestos de mantenimiento preventivo	9
3.5	Gestión de equipos	10
3.5.1	Maquinaria pesada.....	10
3.5.2	Tractores de cadena CATERPILLAR D6T Y D8T	11
3.5.3	Tren de potencia y sistema hidráulico de tractor de cadenas	12

3.6	Evaluación del mantenimiento preventivo	13
3.6.1	Informes de gestión del mantenimiento	14
3.6.2	Gestión de fallas.....	14
3.6.3	Parada de equipos	14
3.7	Costos directos del mantenimiento.....	15
3.7.1	Costo de suministro.....	15
3.7.2	Costo de mano de obra.....	15
3.7.3	Costos de parada del equipo	15
4	Diseño metodológico.	17
4.1	Tipo de investigación	17
4.1.1	Investigación descriptiva	17
4.1.2	Investigación no experimental.....	17
4.1.3	Investigación transversal.....	18
4.2	Población	18
4.3	Técnica de recolección de información	18
4.3.1	Observación	18
4.3.2	Entrevistas.....	18
4.4	Fuentes de información	18
4.4.1	Fuentes primarias.....	19
4.4.2	Fuentes secundarias.....	19
4.5	Procesamiento de la información	19
5	Desarrollo del sistema metodológico	20
5.1	Acerca de NIMAC	20
5.2	Misión de la empresa.....	20
5.3	Ubicación y sucursales	20

5.1.	Estructura organizacional NIMAC	22
5.2.	Flota de renta	23
5.3.	Equipos tractores de cadena D6T y D8T.....	24
5.4	Administración del mantenimiento preventivo	26
5.4.1	Plan de mantenimiento actual.....	26
5.4.2	Proceso de atención de mantenimiento preventivo de tractores de cadena D6T y D8T.....	27
5.5	Gestión de mantenimiento	28
5.5.1	Gestión de tareas de mantenimiento preventivo (Sistema existente)	28
5.5.2	Análisis de tiempos de servicios ejecutados (Tiempo de paro).....	29
5.5.3	Gestión de repuestos de mantenimiento preventivo (sistema existente)	33
5.5.4	Insumos para tractor D6T (Sistema existente)	34
5.5.5	Insumos para tractor D8T (Sistema existente)	35
5.5.6	Presupuesto de mantenimiento preventivo (sistema existente)	36
5.6	Manuales de mantenimiento (revisión de actualizaciones).....	37
5.6.1	Relación de las nuevas técnicas de mantenimiento preventivo y actuales.....	39
5.7	Evaluación del plan de mantenimiento preventivo	40
5.7.1	Gestión de tareas de mantenimiento preventivo (Evaluación de sistema)	41
5.7.2	Gestión de repuestos de mantenimiento preventivo (Evaluación de sistema)	42
5.7.3	Insumos para tractor D6T (evaluación de sistema)	42
5.7.4	Insumos para tractor D8T (evaluación de sistema)	44
5.7.5	Presupuesto de mantenimiento preventivo (evaluación de sistema) .	45

5.7.6	Comparación económica de plan de mantenimiento sistema existente vs actualizaciones de fabrica.....	46
6	Conclusiones.	48
7	Recomendaciones.	49
8	Bibliografía.....	50
9	Cronograma de Ejecución.	52
10	Anexos.....	54
	Anexo 1: Listado de equipo de flota de renta NIMAC	54
	Anexo 2: Cotización de plan de mantenimiento preventivo de equipos CATERPILLAR.....	57
	Anexo 3: Cotizaciones de equipos de movimiento de tierra CATERPILLAR.....	58
	Anexo 4: Actividades de servicio según tipo de mantenimiento preventivo.....	59
	Anexo 5: Registro de tiempos de mantenimiento preventivo según modelo de tractor de cadena y tipo de mantenimiento	61

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Registros e inventario de mantenimiento	7
Ilustración 2 Tractor de cadena CATERPILLAR, Componentes operativos.	11
Ilustración 3 Tren de potencia y sistema hidráulico de tractor.....	12
Ilustración 4: Distribución geográfica de sucursales de NIMAC	21
Ilustración 5: Fotografía aérea del plantel central de NIMAC	22
Ilustración 6 Extracto del organigrama de NIMAC.....	22
Ilustración 7 Flujograma de proceso de atención de mantenimiento preventivo de tractores de cadena D6T y D8T	27
Ilustración 8 Extracto de manual de mantenimiento preventivo actualizado año 2023	38
Ilustración 9 Relación de las actualizaciones de mantenimiento preventivo vs el sistema existente.....	40

Índice de gráficos

Gráfico 1: Distribución porcentual de equipos de la flota de renta de NIMAC	23
Gráfico 2 Modelos de tractores de cadena de la flota de renta NIMAC	24
Gráfico 3 Análisis de tiempos de servicios (Tiempo de paro) tractores D6T	31
Grafico 4 Análisis de tiempos de servicios (Tiempo de paro) tractores D8T	31

Índice de tablas

Tabla 1 Costos aproximados de mantenimiento según estándares de NIMAC.....	25
Tabla 2 Valores aproximados de compra de equipos nuevos.....	25
Tabla 3: Frecuencia de mantenimiento preventivo	26
Tabla 4 Costo de mano de obra según tiempos estándar de cada tipo de mantenimiento preventivo, sistema existente.	29
Tabla 5 Registro de servicios analizados	30
Tabla 6 Diferencia económica de uso de horas estándar vs horas promedio reales para ejecución de servicios de tractores D6T y D8T	32
Tabla 7 Costos de insumos de mantenimiento preventivo tractores D6T (sistema existente)	34
Tabla 8 Costos de insumos de mantenimiento preventivo tractores D8T (sistema existente)	35
Tabla 9 Resumen de costo de insumos para tractor D6T (sistema existente).....	36
Tabla 10 Resumen de costo de insumos para tractor D8T (sistema existente).....	36
Tabla 11 Resumen de presupuesto de mantenimiento preventivo de tractores de cadenas (sistema existente)	37
Tabla 12 Comparativa de actividades de mantenimiento preventivos sistema existente vs actualización de fábrica.	39
Tabla 13 Costo de mano de obra según tiempos reales promedio de cada tipo de mantenimiento preventivo (evaluación de sistema).....	41
Tabla 14 Costos de insumos de mantenimiento preventivo tractores D6T (evaluación de sistema)	43

Tabla 15 Costos de insumos de mantenimiento preventivo tractores D8T (evaluación de sistema)	44
Tabla 16 Resumen de costo de insumos para tractor D6T (evaluación de sistema)	45
Tabla 17 Resumen de costo de insumos para tractor D8T (evaluación de sistema)	45
Tabla 18 Resumen de presupuesto de mantenimiento preventivo de tractores de cadenas (evaluación de sistema).....	46
Tabla 19 Comparación económica de plan de mantenimiento sistema existente vs actualizaciones de fabrica.....	47
Tabla 20 Impacto económico de evaluación de plan de mantenimiento en flota de tractores D6T y D8T de NIMAC	47

1 Introducción.

El presente trabajo monográfico consiste en evaluar el plan de mantenimiento preventivo actual para la flota de renta de tractores de cadena D6T y D8T Caterpillar en la empresa Nicaragua Machinery Company el cual se dedica a la venta, renta de maquinaria pesada y servicios de mantenimiento con personal técnico especializado.

Actualmente los tractores D6T y D8T conforman gran parte de la maquinaria de renta y generan los mayores costos de operación y pueden significar el mayor costo de reposición, por lo cual se necesita un plan de mantenimiento bien elaborado que permita aumentar la durabilidad y rentabilidad de estas máquinas.

Mediante la recopilación de datos analizaremos los tiempos de duración de cada uno de los mantenimientos aplicados a los tractores D6T y D8T, las actividades y recursos que intervienen para su realización, así como el costo que con lleva, esto nos ayudara a evaluar la situación actual en base a los manuales proporcionados por el fabricante, para determinar si el sistema utilizado está operando de manera óptima o si los nuevos cambios recomendados por el fabricante ayudarían a reducir más los costos que infieren en el mantenimiento.

2 Objetivos

2.1 Objetivo General

Evaluar el plan de mantenimiento preventivo de los tractores de cadena D6T y D8T CATERPILLAR, mediante el análisis del sistema existente, de la flota de renta de la empresa Nicaragua Machinery Company – NIMAC.

2.2 Objetivos específicos

- Analizar el tiempo de realización de mantenimiento preventivo mediante, registro de servicios realizados e intervalos de paros, para la flota de renta de tractores de cadena D6T y D8T de la empresa NIMAC, identificando las necesidades existentes para la optimización del plan de mantenimiento.
- Relacionar las nuevas técnicas de mantenimiento preventivo brindadas en las actualizaciones de manuales de fabricante CATERPILLAR para la optimización de recursos y reducción de costos.
- Examinar el presupuesto del plan de mantenimiento preventivo para determinar las fallas que afectan la factibilidad y operatividad de la flota de renta de tractores D6T y D8T de la empresa NIMAC.

3 Marco teórico / conceptual

Este capítulo presenta las definiciones teóricas necesarias para realizar la evaluación del sistema de mantenimiento preventivo de los tractores de cadena D6T y D8T de la flota de renta de NIMAC haciendo posible el desarrollo de esta investigación; mediante la conceptualización del mantenimiento de equipos, tipos de mantenimiento, administración y evaluación del mantenimiento.

El concepto de evaluación de mantenimiento permite: analizar los tiempos necesarios, para identificar los puntos de mejora basado en las necesidades existentes y examinar la inversión en el sistema existente y la posible implementación de mejoras.

3.1 Generalidades del mantenimiento

Conforme la industria fue evolucionando, las exigencias del mercado de mayores volúmenes, diversidad y calidad de productos aumentaron, razón por la cual las maquinas fueron cada vez más numerosas y complejas, derivando a tomar acciones para su conservación mediante arreglos ya sea por parte de proveedores o compradores con el objetivo que las maquinas funcionaran adecuadamente.

3.1.1 ¿Qué es el mantenimiento?

En la actualidad las operaciones de mantenimiento se centran en realizar estudios sobre los equipos y procesos susceptibles a fallo, aplicando técnicas estadísticas, metodologías de medición, gestión económica de procedimientos, integración multidepartamental, entre otras, que permitan planificar las tareas y recursos adecuados para disminuir las fallas o paradas en la producción.

El mantenimiento es toda actividad encaminada a conservar las propiedades físicas de una institución o empresa a fin de que esté en condiciones para operar en forma satisfactoria y a un costo razonable. De acuerdo con lo anterior, se puede decir que el mantenimiento es toda acción eficaz realizada para conservar los aspectos operativos e importantes de las empresas. (Jose Angel Medrano Marquez V. L., 2017)

3.1.2 Propósito del mantenimiento

La misión del mantenimiento es implementar y mejorar en forma continua la estrategia de mantenimiento para asegurar el máximo beneficio mediante prácticas innovadoras, económicas y seguras. (Castillo, 2014)

El mantenimiento busca mantener en condiciones adecuadas los equipos de tal forma que cumplan con su función, aumente la productividad y durabilidad de la máquina, así como reducir las fallas que se puedan presentar al momento de la ejecución de sus actividades.

3.1.3 Objetivos del mantenimiento

Los principales objetivos del mantenimiento manejados con criterio económico y encausado a un ahorro en los costos generales de producción son:

- Mantener constantemente los equipos e instalaciones en las condiciones óptimas para evitar tiempos de parada que aumenta los costos.
- Prolongar la vida útil según el fabricante de los equipos e instalaciones al máximo.
- Tener una inspección sistemática de los equipos e instalaciones, con periodicidad para detectar oportunamente cualquier desgaste o rotura, llevando los controles y registros adecuados.
- Llevar a cabo las reparaciones de emergencia lo más rápido posible, utilizando métodos más fáciles de reparación.
- Prever y proponer mejoras en la maquinaria y equipo para reducir las probabilidades de daño y rotura.
- Controlar el costo directo del mantenimiento mediante el uso correcto y eficiencia del tiempo, materiales, hombres y servicio. (Carlos Aníbal Aragón Espino, Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la Universidad Nacional de Ingeniería, 2015)

3.1.4 Importancia del mantenimiento

El mantenimiento se considera como una actividad necesaria para asegurar la disponibilidad de los equipos, edificios e instalaciones. De ello depende en gran medida que la planta física se conserve en buenas condiciones de operación. (Jose Angel Medrano Marquez V. L., 2017)

Por esta razón se debe implementar estrategias de mantenimiento en las empresas que permitan prevenir accidentes laborales, disminuir las perdidas debido a paradas y aumentar la vida útil de los equipos.

3.2 Mantenimiento preventivo

Consiste en intervenciones periódicas, programadas con el objetivo de disminuir la cantidad de fallos aleatorios. No obstante, éstos no se eliminan totalmente. El accionar preventivo, genera nuevos costos, pero se reducen los costos de reparación, las cuales disminuyen en cantidad y complejidad. Este tipo de mantenimiento trata de anticiparse a la aparición de las fallas. (Carlos Aníbal Aragón Espino, Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la Universidad Nacional de Ingeniería, 2015)

Se considera que el mantenimiento preventivo es aquel que tiene lugar antes de que el equipo o vehículo sufra una falla o avería, está presupuestado y se efectúa bajo condiciones controladas y es el resultado de una planificación, teniendo las siguientes características:

- Se lleva a cabo siguiendo un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir y las actividades a realizar.
- El mantenimiento preventivo se lo programa dependiendo las horas de uso del equipo o el kilometraje del mismo
- Permite a la empresa controlar con un historial de todos los vehículos además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de cada vehículo.

El Mantenimiento preventivo (MP) es un programa en el que el desgaste, la rotura y el cambio se anticipan y se toman acciones correctivas continuas para

asegurar la fiabilidad y el rendimiento del equipo. El Mantenimiento Preventivo involucra un programa planificado y controlado de inspección, ajuste, lubricación y reemplazo sistemáticos de componentes, así como pruebas y análisis de rendimiento. El resultado de un programa de mantenimiento preventivo exitoso prolonga la vida útil del equipo y minimiza el tiempo de inactividad no programado que causa problemas mayores. Esto asegura que el equipo opere apropiadamente, debido a que las fallas no planificadas son mínimas. (CAT, s.f.)

3.3 Administración del mantenimiento preventivo

En la administración del mantenimiento preventivo se da el seguimiento al estado de los equipos para planificar tareas.

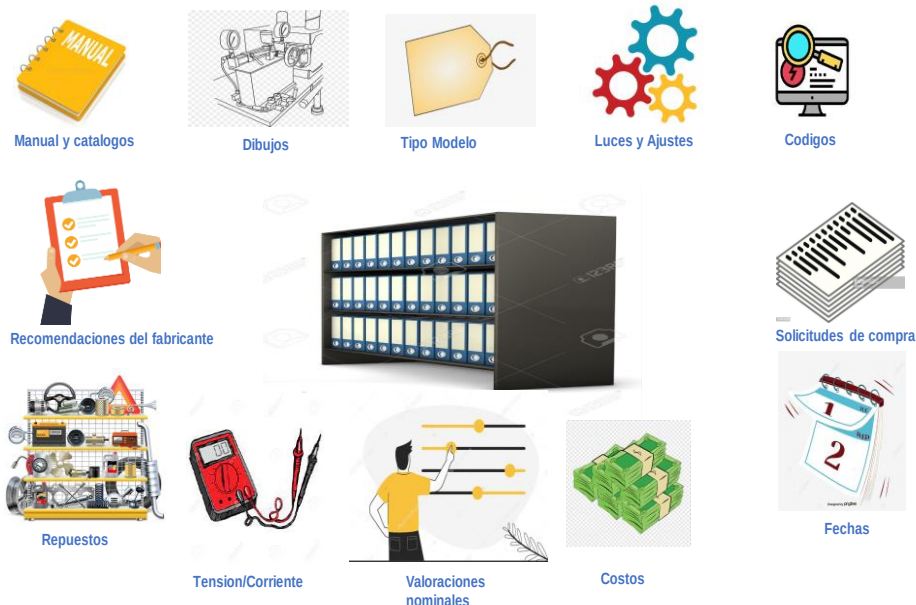
3.3.1 Plan de mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento preventivo deberá incluir procedimientos detallados que deben ser completados en cada inspección. Los procedimientos permiten detalles de liberación de maquina o equipo, trabajo por hacer, diagramas a utilizar, planos de la máquina, ruta de lubricación, ajustes, calibración, arranques y prueba, manual del fabricante, recomendaciones del fabricante, observaciones, etc.

Para el caso de paradas de mantenimiento programadas con anticipación, se requiere contar con una planificación de trabajos que permitan aprovechar al máximo, el tiempo que están parados los equipos. Los trabajos pueden ser desarrollados por personal propio o por personal sub contratado, a fin de evaluar la mejor opción en cuando a calidad del trabajo, costo del mismo, y continuidad del proceso productivo.

El programa de mantenimiento preventivo deberá incluir procedimientos detallados que deben ser completados en cada inspección. Los procedimientos permiten detalles de liberación de maquina o equipo, trabajo por hacer, diagramas a utilizar, planos de la máquina, ruta de lubricación, ajustes, calibración, arranques y prueba, manual del fabricante, recomendaciones del fabricante, observaciones, etc.

Ilustración 1 Registros e inventario de mantenimiento



Fuente: Fuente propia.

3.3.2 Manuales de fabricante

En el Manual de Operación y Mantenimiento se presentan las instrucciones paso a paso para las tareas de Mantenimiento Preventivo. Las instrucciones indican las precauciones de seguridad, el área de la máquina en que se realiza la tarea y otra información útil necesaria para completar la tarea. (CAT, s.f.)

En este documento se describen las características de un producto, incluye modelo, serie, especificaciones, etc. Lo más importante aquí es que en él encuentras la forma más adecuada para trabajar, hacer funcionar y mantener en buenas condiciones un producto. (Buenastareas.com, s.f.)

3.3.3 Fichas de mantenimiento

Las fichas de mantenimiento son herramientas que se utilizan para la revisión de las máquinas e instalaciones que se establecen en el plan de mantenimiento preventivo. Por lo tanto, el contenido de las fichas tiene que estar adaptado a cada máquina, a los puntos críticos que hay que comprobar y a los datos

que quieres obtener. De esta manera, funcionan como una guía para realizar tareas de verificación e inspecciones adecuadas y registrar los resultados. (Jose A. Medrano Marquez, 2017)

3.3.4 Técnicas del mantenimiento preventivo

El usuario es responsable de realizar el mantenimiento, incluidos todos los ajustes, el uso de lubricantes, fluidos y filtros apropiados, y el reemplazo de componentes debido al desgaste normal y al envejecimiento. Si no se realizan los procedimientos de mantenimiento adecuados en los intervalos establecidos, puede reducirse el rendimiento del producto o acelerarse el desgaste de los componentes. (CATERPILLAR, 2017)

3.3.5 Tipos de tareas a incluir en el plan de mantenimiento

Es posible agrupar las tareas o trabajos de mantenimiento que puedan llevarse a cabo a la hora de elaborar un plan de mantenimiento. Su agrupamiento y clasificación pueden ayudar a decir que tipos de tareas son aplicables a determinados equipos para prevenir o minimizar los efectos de determinadas fallas.

- Tipo 1: Inspecciones Visuales
- Tipo 2: Lubricación
- Tipo 3: Verificaciones de datos basado en una serie de parámetros

3.4 Gestión del mantenimiento preventivo

Para el mantenimiento industrial se realizan un conjunto de procedimientos a fin de conservar en óptimas condiciones de servicio a los equipos, maquinarias, e instalaciones de una planta, basando su objetivo en la solución y prevención de averías. Para ello se utilizan técnicas estadísticas, metodología de medición, gestión económica e integración multidepartamental que permitan planificar la tareas y recursos adecuados para evitar que se produzcan fallas.

3.4.1 Gestión de tareas de mantenimiento preventivo

Factores como el costo de reparación, costo de repuestos, costo de parada de máquina, impacto ambiental, seguridad patrimonial, calidad de productos, stock de productos, normativa legal, garantía de quipos, pérdidas de producción, entre otros que permitirán determinar la combinación adecuada de estrategias de mantenimiento a utilizar para un equipo en particular, según su rango de importancia asignado.

Cabe resaltar que el mantenimiento de ciertos equipos requerirá de recursos especiales (personal calificado, herramientas especiales, equipos de protección especial, manejo de grúas, inspectores de seguridad, medición de variables externas, manejo de sustancias peligrosas, utilización de repuestos delicados, etc.), con lo cual la actividad de mantenimiento de estos requerirá la realización de una planificación independiente, plasmada en su correspondiente plan de acción.

3.4.2 Gestión de repuestos de mantenimiento preventivo

La gestión de los repuestos consiste en la planificación de compra de repuestos, a fin de mantener un stock óptimo, en función al grado de criticidad del repuesto, criticidad del equipo, costos, disponibilidad, tiempos de entrega y negociaciones con el proveedor.

Para ayudarnos en la identificación de las piezas, podemos agrupar el repuesto desde varios puntos de vistas: en función de su responsabilidad dentro del equipo y en función de la necesidad de mantenerlo en stock permanente y por el tipo de aprovisionamiento.

3.4.2.1 Necesidad de stock en almacén

- Repuesto A: Piezas que es necesario mantener en stock en planta.
- Repuesto B: Piezas que es necesario mantener tener localizadas, con proveedor, teléfono y plazo de entrega.

- Repuesto C: Piezas que no es necesario prever, pues un fallo en ellas no afecta a la operatividad de la planta.

3.4.2.2 Clasificación por tipo de aprovisionamiento

Desde el punto de vista de compra, podemos dividir el material en 3 tipos:

- Pieza estándar: Puede ser comprada a varios proveedores.
- Pieza específica del fabricante de la maquina: es la pieza diseñada por el fabricante.
- Pieza específica a medida: Puede ser construida por cualquier taller especializado.

3.4.2.3 Aspectos a tener en cuenta en la selección del repuesto

- Consumo
- Plazo de aprovisionamiento
- Coste de la pieza
- Coste de la perdida de producción
- Criticidad del equipo. (Andres, 2019)

3.5 Gestión de equipos

El primer paso de la gestión de equipos corresponde a conocer la base instalada (equipos, máquinas, instrumentos, herramientas, etc.) por lo cual se requiere contar con una lista ordenada o inventario de dicha base. Además, a fin de contar con información útil, se requiere complementar la información inventariada con datos que indiquen la relación existente entre los distintos elementos y su función dentro del proceso productivo.

3.5.1 Maquinaria pesada

Se refiere a vehículos pesados especialmente diseñados para ejecutar tareas en distintas áreas de la construcción como puede ser movimiento de tierra para carreteras y edificios, así como obras de extracción de minerales como oro y agregados de concreto.

Existen diversos fabricantes de maquinaria pesada, así como distintos tipos de máquinas según la labor a realizar, algunos tipos de maquinaria pesada son: camiones articulados, camiones rígidos, excavadoras hidráulicas, cargadores de ruedas, etc. En este estudio de evaluación nos enfocaremos en los tractores de cadena modelos D6T y D8T de la marca CATERPILLAR.

3.5.2 Tractores de cadena CATERPILLAR D6T Y D8T

Los tractores son máquinas versátiles en muchos proyectos de construcción, en donde pueden utilizarse desde el principio hasta el fin en operaciones tales como: esparcimientos de rellenos de tierra, relleno de zanjas, limpieza de escombros en los sitios de construcción, entre muchos otros. Un tractor de cadenas es un tractor que incorpora un sistema de tracción formado por diferentes eslabones modulares (sistema de rodaje) que facilita el desplazamiento por terrenos irregulares. Los tractores son máquinas especialmente diseñadas y equipadas para excavaciones de tierra realizando el empuje de tierras mediante 2 implementos la hoja topadora o bulldozer y desgarrador o ripper. En la ilustración siguiente se señalan los componentes de tractor mencionado en esta sección.

Ilustración 2 Tractor de cadena CATERPILLAR, Componentes operativos.



Fuente: <https://www.caterpillar.com/es.html>

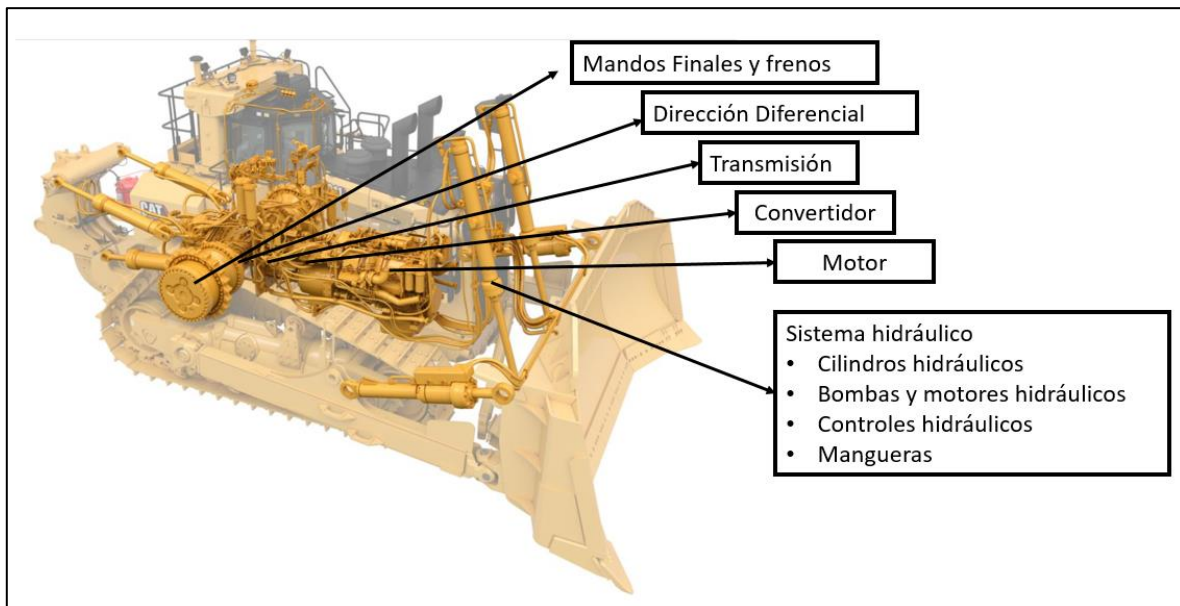
Para que los tractores de cadena cumplan con sus funciones operativas necesitan de un tren de potencia y sistema hidráulico que transformen la energía generada por un motor de combustión a la fuerza de empuje necesaria para sus operaciones, pero el tractor necesita de un buen mantenimiento preventivo para mantener su operatividad.

La medición de la vida útil de los tractores de cadena se contabiliza por medio de horómetro, que se refiere a la contabilidad de las horas que permanece encendido el motor de combustión siendo en operación o detenido.

3.5.3 Tren de potencia y sistema hidráulico de tractor de cadenas

Los componentes de tren de potencia (motor, convertidor, transmisión, diferencial y mandos finales) trabajan juntos para transmitir potencia generada por el motor al terreno y propulsar los equipos para lograr sus funciones operativas, en el caso de los tractores empujando material o desgarrando el terreno. En la siguiente ilustración se pueden observar las partes de un tren de potencia de tractor cadenas.

Ilustración 3 Tren de potencia y sistema hidráulico de tractor.



Fuente: <https://www.caterpillar.com/es.html>

Los componentes del tren de potencia trabajan juntos para proporcionar las siguientes funciones operativas del tractor de cadenas:

- Motor de combustión: Componente que genera energía a través de la transformación química del combustible diésel, entregando la energía en torque para impulsar al convertidor de torque.
- Convertidor de torque: Dispositivo mecánico de acoplamiento que se utiliza para transferir el poder giratorio desde el motor a la transmisión, mediante su mecanismo interno multiplica el torque entregado.
- Transmisión: Este mecanismo se encarga de controlar la dirección, la velocidad y el movimiento del tractor.
- Dirección Diferencial: Se ubica inmediatamente después del sistema de transmisión del tractor y permite entregar a los mandos finales la potencia variable necesaria para lograr las distintas velocidades de avance y reversa y la tracción específica en los giros.
- Mandos finales: El mando final es el componente que transmite la fuerza directamente a las cadenas, directamente desde el sistema de transmisión, multiplicando la fuerza para poder mover todo el equipo con su carga.
- Sistema hidráulico: A través de un conjunto de bombas y motores hidráulicos permite transformar la fuerza del aceite en accionamientos de cilindros hidráulicos y componentes necesarios para la operación de los tractores.

Se puede ver en el siguiente enlace un video (Tractores topadores grandes Cat® con diseño modular) con un despiece en componentes principales del tren de potencia de tractores de cadena, canal oficial de CATERPILLAR en YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=fSNgRkysH9Y>

3.6 Evaluación del mantenimiento preventivo

La evaluación del mantenimiento preventivo nos permite definir alternativas de mejoras técnicas, reducir costos y garantizar la continuidad de los equipos y maquinarias, de manera que se identifiquen y analicen la gestión del mantenimiento como del desempeño productivo versus el cumplimiento de las metas operativas.

3.6.1 Informes de gestión del mantenimiento

Para facilitar la evaluación de las actividades del mantenimiento, permitir tomar decisiones y establecer metas, deben ser creados informes concisos y específicos formados por tablas de índices, algunos de los cuales deben ir acompañados de sus respectivos gráficos, proyectados para un fácil análisis y adecuado a cada nivel de gestión.

La primera etapa recomendada para el desarrollo de los informes de gestión debe ser la de gestión de equipos, o sea, el acompañamiento del desempeño de cada uno y su participación en la actividad objeto de la empresa.

Existen diversos indicadores que son utilizados regularmente, para el análisis de gestión de equipos y gestión de costos de mantenimiento preventivo.

3.6.2 Gestión de fallas

La causa de una falla siempre la produce un cambio, y es necesario encontrar y eliminar dicha causa y no solo el efecto. Tenemos que estar conscientes que para una falla determinada corresponde una causa específica.

Todo buen evaluador en presencia de una falla, antes de hacer algo observa, analiza, da nombre a la falla, describe lo que sucede con respecto a su identidad, ubicación en tiempo y espacio y mide su magnitud, busca la diferencia entre lo que sucede y no sucede, investiga sobre los posibles cambios que recién se hayan suscitado, analiza cuales pueden ser las causas más probables y las comprueba teóricamente. Cuando llega a este punto entra en acción físicamente para verificar la causa en la realidad y eliminarla, si es posible, para corregir la mencionada falla. (Villanueva, 2014)

3.6.3 Parada de equipos

Es un período durante el cual la planta se encuentra fuera de servicio, permitiendo efectuar tareas de mantenimiento como inspecciones, reparaciones generales, sustituciones, rediseños de máquinas. (Aguado Q, 2021)

3.7 Costos directos del mantenimiento

Los costos directos de mantenimiento se definen como el valor del conjunto de bienes y servicios que se consumen para adelantar una tarea de mantenimiento. Se encuentran conformados por los costos de suministros y los costos de mano de obra que incluyen los costos de operación. (Divulgacion Tecnologica, 1991)

En este análisis se utilizará el concepto de dólares por hora (U\$/Hr) para el análisis de costos generales de los equipos en concepto de preventivo.

3.7.1 Costo de suministro

Son todos aquellos costos de los elementos físicos que son imprescindibles durante una tarea de mantenimiento. Resulta conveniente aclarar que los suministros no son repuestos ya que suministro es una palabra genérica que incluye tanto a los repuestos específicos como a los repuestos genéricos tales como: láminas de acero, perfiles, rodamientos, tornillos, bujes, etc., que pudiendo ser catalogados como repuestos tienen una aplicación mucho más general que los repuestos específicos. (Divulgacion Tecnologica, 1991)

3.7.2 Costo de mano de obra

Se refiere al salario más las prestaciones sociales devengados por los técnicos del departamento asignados a una labor de mantenimiento. Además, se incluyen como C.M.O., los costos de operación, que son aquellos que no pueden ser clasificados ni como suministros ni como mano de obra y cuya cuantificación atribuida a una determinada labor de mantenimiento. (Divulgacion Tecnologica, 1991)

3.7.3 Costos de parada del equipo

Al hallarse una máquina o equipo en estado improductivo se incurrirá en unos costos debido a la tarifa horaria que tenga la máquina. En ocasiones la obsolescencia de equipos hace imposible conseguir repuestos y es necesario practicar modificaciones a la máquina; esto puede ocasionar que la máquina

disminuya su capacidad productiva y a esta pérdida se le denomina costo por falla.
(Divulgacion Tecnologica, 1991)

4 Diseño metodológico.

A continuación, se describe la metodología que se utilizará para la recolección, procesamiento, análisis e interpretación de la información y los datos en el desarrollo del estudio de evaluación del plan de mantenimiento preventivo de tractores de cadena CATERPILLAR D6T y D8T.

Utilizaremos un el enfoque mixto, ya que se analizará cualitativamente y cuantitativamente la estructura del mantenimiento preventivo mediante los datos e información recolectada en los registros de la empresa NIMAC en comparación con los datos del fabricante.

4.1 Tipo de investigación

Siendo un enfoque inductivo, permitirá de manera general observar y describir los hechos gracias a la comunicación directa entre los involucrados en la investigación y el acceso a la información, según el tema propuesto y los objetivos planteados, el tipo de investigación de campo que se realizará determina un estudio no experimental de tipo descriptivo evaluativo y transversal.

4.1.1 Investigación descriptiva

Según el tema propuesto y los objetivos planteados, el tipo de investigación de campo será descriptivo analítico. Descriptivo porque detallamos el plan de mantenimiento preventivo actual de los tractores de cadena D6T y D8T que conforman la flota de renta de la empresa NIMAC, y analítico porque analizaremos y procesaremos la información para obtener un resultado que permite evaluar la condición actual.

4.1.2 Investigación no experimental

Es no experimental debido a que simplemente se procederá a realizar observaciones de situaciones ya existentes dentro del marco de la situación actual en la que se encuentra el departamento de mantenimiento en la empresa.

4.1.3 Investigación transversal

Se considera transversal porque la investigación se realizará el estudio de un fenómeno en un período determinado, de modo que se efectuarán en un tiempo de análisis de no mayor a 6 meses.

4.2 Población

Para efectos del presente estudio se considera la definición de población establecida por (Sampieri, 2014) el cual afirma que la población “el total de elementos sobre el cual queremos hacer una inferencia basándonos en la información relativa”.

4.3 Técnica de recolección de información

Para la recolección de datos en esta investigación se utilizaron principalmente las siguientes técnicas:

4.3.1 Observación

Técnica que permitió conocer e identificar cada una de las actividades, tecnologías, metodologías y procedimientos de mantenimiento realizados por la empresa NIMAC.

4.3.2 Entrevistas

La entrevista permitió recabar información más flexible y abierta. Sin embargo, los entrevistados deben poseer un amplio conocimiento del tema en cuestión, resultando así información altamente veraz. Se entrevista a distintos participantes en el proceso operativo y administrativo para la gestión del mantenimiento preventivo de tractores de cadena D6T y D8T.

4.4 Fuentes de información

Por fuente de información se entiende cualquier instrumento o, en un sentido más amplio, recurso, que nos pueda servir para satisfacer una necesidad informativa

4.4.1 Fuentes primarias

Se necesitó de información directa que será de ayuda para tomar acciones que repercutan en mejoras para las actividades de mantenimiento, en este caso se hará revisión de manuales y catálogos del fabricante de los vehículos con el fin de revisar las recomendaciones estipuladas para cada uno.

4.4.2 Fuentes secundarias

Se hizo uso de toda documentación que brinde información complementaria: fichas técnicas actuales usadas por NIMAC y registro o bitácoras de mantenimiento de los vehículos.

4.5 Procesamiento de la información

Para el procesamiento de la información, análisis de los datos recolectados, y estructuración del documento final, se utilizó el paquete de programas de Microsoft office: Word, Excel y Power Point 2016.

5 Desarrollo del sistema metodológico

5.1 Acerca de NIMAC

Nicaragua Machinery Company (NIMAC) fue fundada en 1944, es una empresa comercial dedicada a la venta, renta y servicio de maquinaria pesada de gama nueva y usados requeridos en la construcción, generación eléctrica, agricultura, manejo de materiales y transporte. De igual manera brinda soporte al producto con un amplio inventario de repuestos originales y capacidad de servicio de mantenimiento y reparación.

Además, es Distribuidor de marcas líderes a nivel mundial, como; CATERPILLAR, John Deere, International, Wacker Neuson, Mack, Metso, Schwing, Manitowoc, Kalmar, Soilmec, Michelin, entre otras.

Este estudio de evaluación se centrará en el plan de mantenimiento preventivo los tractores de cadena D6Ty D8T CATERPILLAR de la flota de renta.

5.2 Misión de la empresa

Realizar una distribución de optimo desempeño que brinde una experiencia superior al cliente y liderarse en el mercado.

5.3 Ubicación y sucursales

NIMAC cuenta con 4 sucursales en Nicaragua distribuidas en puntos estratégicos para estar cerca de sus clientes en la ilustración siguiente se puede observar esta distribución en un mapa del Nicaragua.

Ilustración 4: Distribución geográfica de sucursales de NIMAC



Fuente: <https://www.nimac.com.ni/Page/Nimac>

El plantel Central está ubicado en Managua Km 7 ½ carretera norte, estación de servicio UNO, 150 metros al sur donde se ubican las oficinas centrales y se controla, administra y gestiona la flota de renta incluyendo los tractores de cadena D6T y D8T.

Ilustración 5: Fotografía aérea del plantel central de NIMAC

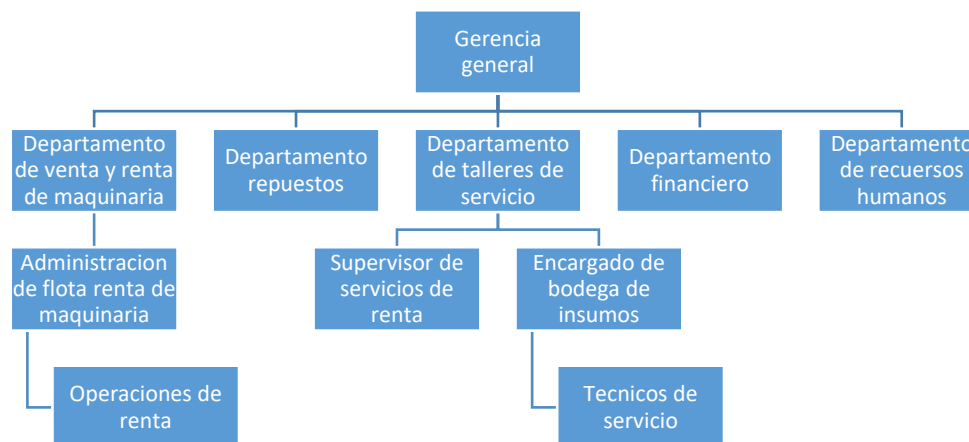


Fuente: <https://www.nimac.com.ni/Page/Sucursales>

5.1. Estructura organizacional NIMAC

Se presenta la estructura organizacional de NIMAC resumida, para mostrar la posición del área que gestiona, administra y opera la flota de renta de equipos y a la vez los tractores de cadena D6T y D8T CATERPILLAR.

Ilustración 6 Extracto del organigrama de NIMAC



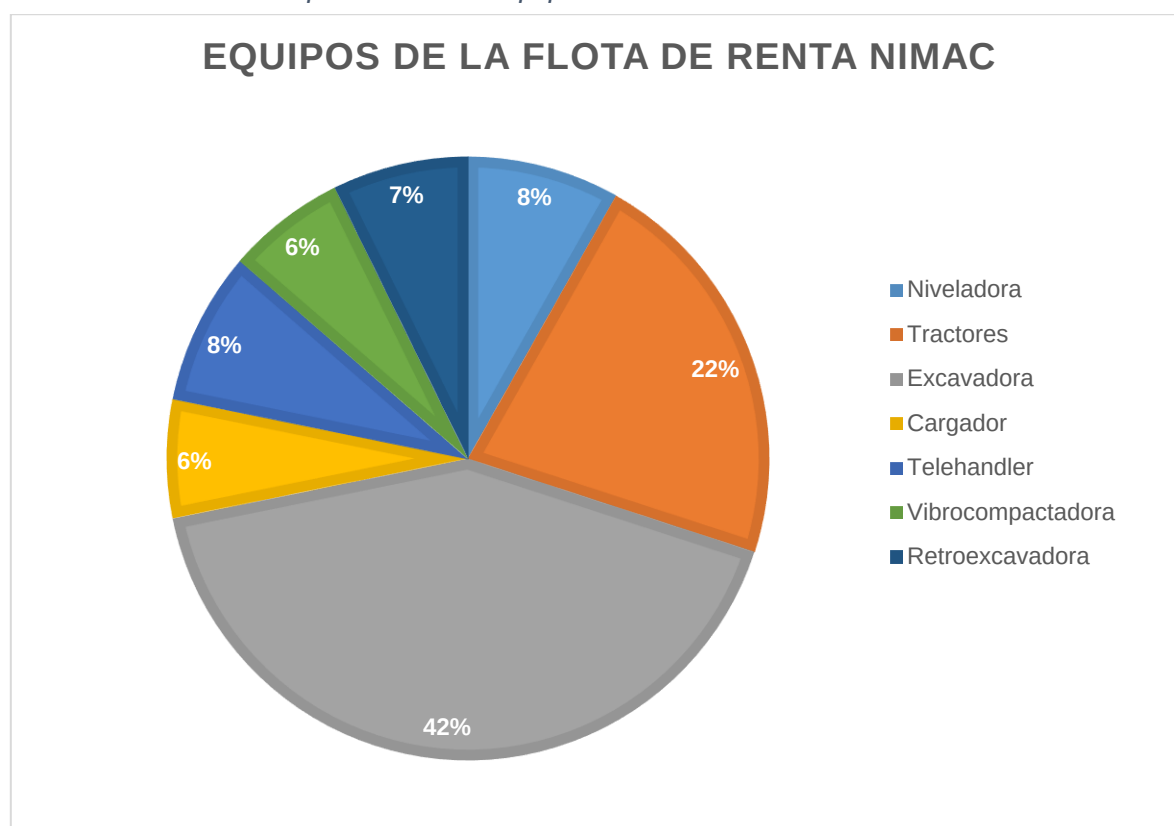
Fuente: Elaboración propia, entrevista NIMAC

5.2. Flota de renta

La flota de renta NIMAC se caracteriza por rentar una amplia gama de equipos y maquinaria que satisfacen los requerimientos en la construcción horizontal y vertical, generación eléctrica, agricultura y transporte.

El total de equipos con que cuenta la flota de renta de NIMAC¹ a fecha de febrero 2023 es de 110 equipos de movimiento de tierra de la marca CATERPILLAR de los cuales el 22% son tractores de cadena, según se puede apreciar en el siguiente Grafico 1.

Gráfico 1: Distribución porcentual de equipos de la flota de renta de NIMAC

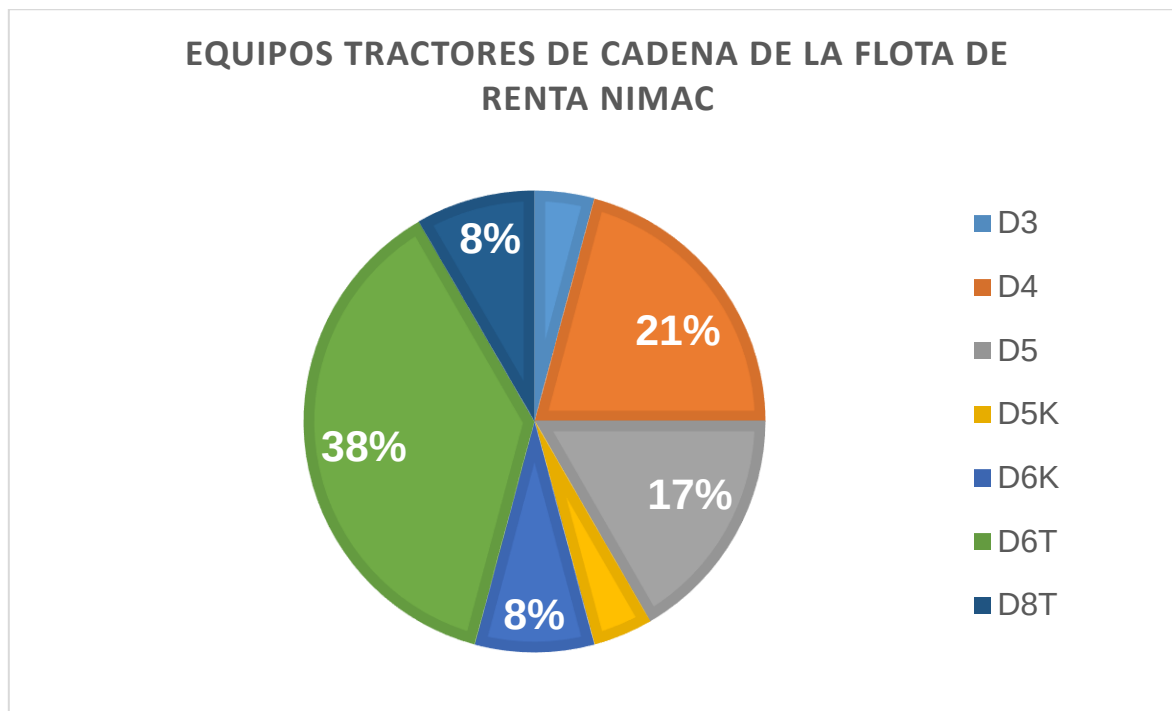


Fuente: Datos proporcionados por NIMAC

¹ Anexo 1: Listado de equipo de flota de renta NIMAC

Los tractores de cadena se subdividen en 7 modelos distintos representando los tractores D6T un 38% y D8T un 8% de la flota, en siguiente diagrama se observan estos datos.

Gráfico 2 Modelos de tractores de cadena de la flota de renta NIMAC



Fuente: Datos proporcionados por NIMAC

El total de tractores D6T son 9 equipos y de tractores D8T es de 2 tractores.

5.3. Equipos tractores de cadena D6T y D8T

Los equipos tractores de cadena D6T y D8T de la marca CATERPILLAR son el objeto de esta evaluación ya que su manutención e inversión de reposición son las que representan mayores costos para la flota de renta CATERPILLAR de NIMAC.

Los equipos tractores D6T y D8T acumulan en promedio 4,500 horas de operación anual, según la entrevista realizada a representantes de operaciones de NIMAC.

En el siguiente grafico se puede observar y se resaltan los valores de inversión promedio de los tractores D6T y D8T en concepto de mantenimiento preventivo resumido en dólares por hora (U\$/Hr) comparando con los otros equipos de movimiento de tierra de la flota de renta.

Tabla 1 Costos aproximados de mantenimiento según estándares de NIMAC

Equipos	Costo de mantenimiento aproximado (U\$/Hr)
Niveladora	2.53
Tractores	4.78
Excavadora	3.15
Cargador	2.85
Telehandler	1.91
Vibro compactadora	1.87
Retroexcavadora	1.85

Fuente: Cotización de contrato de mantenimiento preventivo²

Así como se evalúa el costo de mantenimiento preventivo aproximado para sustentar el porqué del análisis de este estudio, se muestra la referencia económica del valor de reposición en dólares (U\$) de estos equipos para reforzar el análisis realizado y su importancia económica según se resumen en la tabla siguiente.

Tabla 2 Valores aproximados de compra de equipos nuevos

Equipos	Precio de venta (U\$) ³
Niveladora	\$ 230,000.00
Tractores	\$ 700,000.00
Excavadora	\$ 400,000.00
Cargador	\$ 350,000.00
Telehandler	\$ 130,000.00
Vibro compactadora	\$ 110,000.00
Retroexcavadora	\$ 125,000.00

Fuente: Cotización de equipos nuevos NIMAC

² Ver Anexo 2: Cotización de plan de mantenimiento preventivo de equipos CATERPILLAR

³ Ver Anexo 3: Cotizaciones de equipos de movimiento de tierra CATERPILLAR

5.4 Administración del mantenimiento preventivo

En este capítulo daremos el seguimiento al estado de los tractores de cadena D6T Y D8T de la flota de renta de NIMAC, para evaluar las tareas de mantenimiento preventivo.

5.4.1 Plan de mantenimiento actual

El plan de mantenimiento preventivo que se lleva a cabo para los tractores D6T y D8T de flota de renta está basado en tablas de procedimientos establecidos por NIMAC según las horas acumuladas de los equipos y se realiza con una frecuencia de 250 horas ejecutándose 4 tipos distintos de mantenimientos según corresponde, en la siguiente tabla se detalla un ciclo de mantenimiento de 0 horas a 2,000 horas máquina, en ciclo se repite cada 2,000 horas, este detalle se puede observar en la siguiente tabla de frecuencia.

Tabla 3: Frecuencia de mantenimiento preventivo

Horas	Tipo de mantenimiento preventivo / Frecuencia ⁴			
	MP1 / 250hrs	MP2 / 500hrs	MP3 / 1,000hrs	MP4 / 2,000hrs
250	x			
500		x		
750	x			
1000			x	
1250	x			
1500		x		
1750	x			
2000				x
Total	4	2	1	1

Fuente: Datos proporcionados por NIMAC

La tabla nos ilustra la frecuencia de realización de los mantenimientos teniendo como intervalo de medición 250 hrs máquina, siendo clasificados como MP2 al llegar a 500 hrs, MP3 al cumplir las 1000 hrs y MP4 al terminar el ciclo de 2000 hrs. Para totalizar 4 mantenimientos MP1, 2 MP2, 1 MP3 y 1 de MP4.

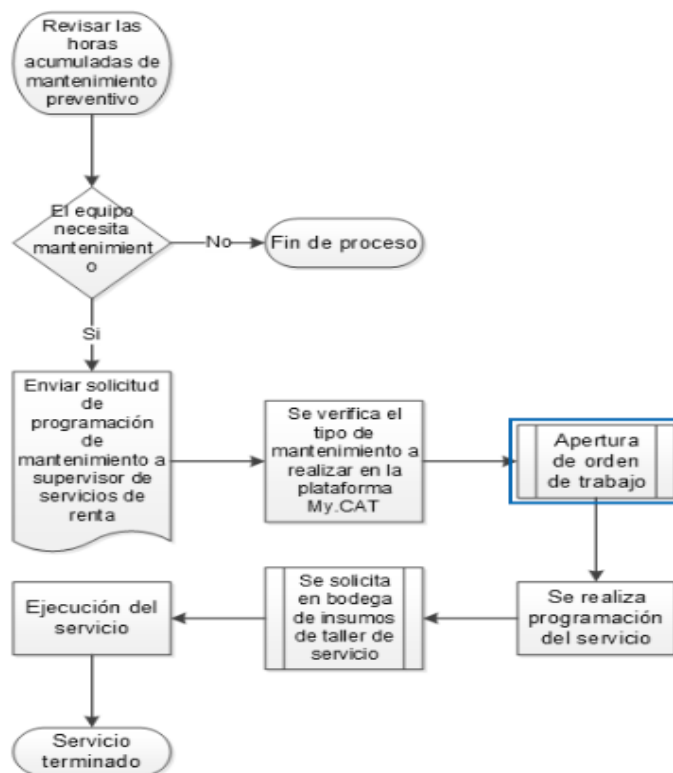
⁴ Ver Anexo 4: Actividades de servicio según tipo de mantenimiento preventivo

5.4.2 Proceso de atención de mantenimiento preventivo de tractores de cadena D6T y D8T

Actualmente se cuenta con un sistema satelital que informa las horas de los equipos a una plataforma de CATERPILLAR llamada -My.CAT.COM- a la cual NIMAC tiene acceso y toma de base para conocer las horas acumuladas de un equipo y programar los servicios preventivos de equipos según corresponda, es así como inicia el proceso de programación y atención de mantenimiento preventivo de los equipos y se indica en el siguiente flujograma relacionando las áreas correspondientes.

Ilustración 7 Flujograma de proceso de atención de mantenimiento preventivo de tractores de cadena D6T y D8T

Flujograma de proceso de mantenimiento de Tractores de cadena D6T y D8T de NIMAC



Fuente: Datos proporcionados por NIMAC

Las actividades de mantenimiento como: revisiones diarias, lubricación y ajustes menores realizadas por los operarios no se registran ya que son responsabilidad contractual del arrendatario del equipo.

El mantenimiento correctivo menor o mayor que se da a los equipos es atendida hasta el fallo o según resultados de una recomendación derivada de inspección realizada durante el mantenimiento preventivo.

El programa de mantenimiento preventivo objeto de esta evaluación no incluye el análisis de los paros no programados (mantenimiento correctivo) de los equipos.

Se considera que un equipo al que se le realiza un correcto mantenimiento preventivo tiende a presentar menores paradas por fallas no programados que no se deriven de una mala operación.

5.5 Gestión de mantenimiento

Los factores de inventario de repuestos, insumos y mano de obra combinados con el plan de mantenimiento que tiene NIMAC descrito anteriormente, es el equivalente a la gestión del mantenimiento preventivo de los tractores de cadena y la unificación de estos términos nos permite gestionar los equipos al tener indicadores de tiempos y costos para controlar el mantenimiento preventivo mediante el análisis técnico económico.

5.5.1 Gestión de tareas de mantenimiento preventivo (Sistema existente)

Para la ejecución de los servicios preventivos de mantenimiento, NIMAC tiene estandarizado tiempos de mano de obra necesarias, definidos de la siguiente forma según la rutina de mantenimiento en la tabla 4, basado en una tarifa estándar en dólares por hora hombre se contabiliza el valor económico de la mano de obra para cada uno de los servicios preventivos.

Tabla 4 Costo de mano de obra según tiempos estándar de cada tipo de mantenimiento preventivo, sistema existente.

Frecuencia de mantenimiento preventivo	Horas estándar	U\$/HrH	U\$	Cantidad de servicios en 2,000 horas	Total U\$
Mantenimiento PM1 (250 Hrs)	4	20.50	\$82.00	4	\$ 328.00
Mantenimiento PM2 (500 Hrs)	6	20.50	\$123.00	2	\$ 246.00
Mantenimiento PM3 (1000 Hrs)	8	20.50	\$164.00	1	\$ 164.00
Mantenimiento PM4 (2000 Hrs)	12	20.50	\$246.00	1	\$ 246.00
				Total U\$	\$ 984.00
				Total U\$/HR	0.49

Fuente: Datos proporcionados por NIMAC

La tabla anterior resumen la inversión actual en concepto de mano de obra basado en los tiempos estándar de cada tipo de mantenimiento preventivo de tractores de cadena, siendo el resultado combinado de 0.49 centavos de dólar por unidad de hora máquina.

5.5.2 Análisis de tiempos de servicios ejecutados (Tiempo de paro)

Mediante la revisión de los registros de servicios realizados de mantenimientos preventivos se identifica si los tiempos de ejecución de cada servicio están dentro de los estándares planteados por la empresa, se estableció un periodo de análisis de registro de los últimos 2 años, enero 2021 a enero 2023.

Realizamos un estudio de 99 servicios / registros de servicios de mantenimiento preventivo ejecutados a tractores de cadena distribuidos según tipo de mantenimiento según se muestra en tabla siguiente.

Tabla 5 Registro de servicios analizados

Etiquetas de fila	Número de registros de servicios analizados
D6T	72
MP1	37
MP2	20
MP3	6
MP4	9
D8T	27
MP1	15
MP2	6
MP3	5
MP4	1
Total, general	99

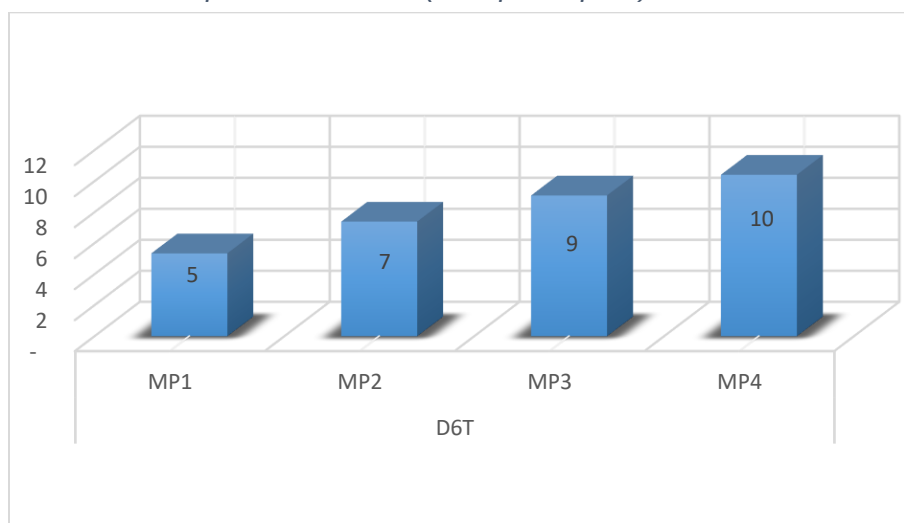
Fuente: Elaboración propia, datos proporcionados por NIMAC⁵

En los siguientes gráficos se muestran los valores promedios redondeados al entero más próximo resultado del análisis de servicios realizados según registros de empresa NIMAC esto para conocer el tiempo real de paro de los equipos para ejecución de mantenimiento preventivo según tipo de mantenimiento.

El promedio de tiempo paro para ejecución de servicios preventivos de tractores D6T son los mostrados a continuación.

⁵ Ver Anexo 5: Registro de tiempos de mantenimiento preventivo según modelo de tractor de cadena y tipo de mantenimiento

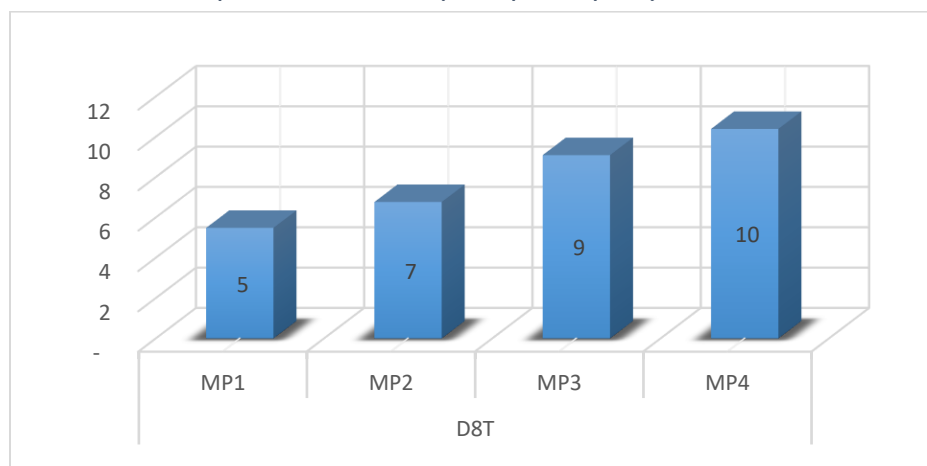
Gráfico 3 Análisis de tiempos de servicios (Tiempo de paro) tractores D6T



Fuente: Elaboración propia, análisis de datos proporcionados por NIMAC

El promedio de tiempo paro para ejecución de servicios preventivos de tractores D8T son los mostrados a continuación.

Grafico 4 Análisis de tiempos de servicios (Tiempo de paro) tractores D8T



Fuente: Elaboración propia, análisis de datos proporcionados por NIMAC

Según los datos obtenidos se realiza un comparativo entre los tiempos definidos como estándar de NIMAC y los tiempos promedios reales obtenidos del análisis de los registros de servicios.

Las siguientes tablas son válidas para los dos modelos de tractores estudiados D6T y D8T ya que sus tiempos promedios estándar, como sus tiempos reales después de estudio terminaron siendo los mismos.

Tabla 5 Diferencia de horas estándar vs horas promedio reales para ejecución de servicios de tractores D6T y D8T

Descripción (Tipo de Mantenimiento)	Tiempo promedio real de MTO (Hrs)	Tiempo estándar MTO NIMAC (Hrs)	Diferencia en horas
Mantenimiento PM1 (250 Hrs)	5	4	1
Mantenimiento PM2 (500 Hrs)	7	6	1
Mantenimiento PM3 (1000 Hrs)	9	8	1
Mantenimiento PM4 (2000 Hrs)	10	12	2

Fuente: Elaboración propia, análisis de datos proporcionados por NIMAC

Es conclusivo que el tiempo establecido como estándar para realizar los servicios preventivos de tractores D6T y D8T diferencia de la realidad para los casos de mantenimientos MP1, MP2 y MP3, por 1 hora más del tiempo estándar y el mantenimiento MP4 se necesita 2 horas menos de paro que el establecido como estándar.

El impacto económico de las diferencias se tabuló en la tabla siguiente, que indica que se está perdiendo dinero al ejecutar los servicios tipo MP1, MP2 y MP3, el servicio MP4 a pesar de que es más rentable vs el estándar se tiene que recordar que es solamente 1 repetición de este evento en un ciclo de 2,000 horas de equipo.

Tabla 6 Diferencia económica de uso de horas estándar vs horas promedio reales para ejecución de servicios de tractores D6T y D8T

Descripción (Tipo de Mantenimiento)	U\$/Hr	Total Real U\$	Total Estándar U\$	Diferencia económica U\$
Mantenimiento PM1 (250 Hrs)	20.5	\$ 102.50	\$ 82.00	\$ 20.50
Mantenimiento PM2 (500 Hrs)	20.5	\$ 143.50	\$ 123.00	\$ 20.50
Mantenimiento PM3 (1000 Hrs)	20.5	\$ 184.50	\$ 164.00	\$ 20.50
Mantenimiento PM4 (2000 Hrs)	20.5	\$ 205.00	\$ 246.00	\$ -41.00

Fuente: Elaboración propia, análisis de datos proporcionados por NIMAC

A como se observa en la tabla 6 la diferencia económica para los mantenimientos MP1, MP2, MP3 es de \$ 20.50 por la hora que se necesitó adicional al tiempo estándar establecido, y en el caso del MP4 se ahorró \$ 41.00 debido a que el mantenimiento solo requirió de 10 horas estándar en lugar de 12 horas.

5.5.3 Gestión de repuestos de mantenimiento preventivo (sistema existente)

A continuación, se muestran los insumos necesarios que considera en su sistema de plan de mantenimiento preventivo actual NIMAC para realizar el plan de mantenimiento preventivo de los tractores de cadena por cada uno de los modelos D6T y D8T, los insumos se resumen en 3 conceptos principales:

- Aceites o lubricantes
- Repuestos de reemplazo, filtros, sellos, etc.
- Materiales varios.

5.5.4 Insumos para tractor D6T (Sistema existente)

A continuación, se muestra todos los insumos necesarios para la realización de los servicios de mantenimiento preventivo para tractores de cadena D6T por cada tipo de mantenimiento preventivo con su valor económico.

Tabla 7 Costos de insumos de mantenimiento preventivo tractores D6T (sistema existente)

Clasificación	DESCRIPCION	MP1	MP2	MP3	MP4
Lubricantes	Cambio de aceite 10W (Hidráulico)				\$332.10
	Cambio de Aceite 15W-40 (Motor)	\$169.04	\$169.04	\$169.04	\$169.04
	Cambio de Refrigerante				\$347.89
	Cambio Mandos Finales (SAE 50)				\$162.45
	Cambio SAE 50 Transmisión			\$855.57	\$855.57
	Relleno Com. resorte tensor de cadena (SAE 50)				\$43.32
	Relleno de aceite Eje del Pibote (SAE50)				\$21.66
Total Lubricantes		\$169.04	\$169.04	\$1,024.61	\$1,932.03
Materiales varios	Agua Destilada	\$9.26	\$9.26	\$9.26	\$9.26
	APA MANDOS FINALES		\$50.00	\$50.00	\$50.00
	APA MOTOR	\$25.00	\$25.00	\$25.00	\$25.00
	APA SISTEMA HIDRAULICO		\$25.00	\$25.00	\$25.00
	APA TRANSMISION		\$25.00	\$25.00	\$25.00
	Grasa	\$16.16	\$16.16	\$16.16	\$16.16
	Hilaza	\$3.35	\$3.35	\$3.35	\$3.35
	Limpia Contacto	\$4.50	\$4.50	\$4.50	\$4.50
	Varios	\$20.00	\$20.00	\$20.00	\$20.00
Total Materiales varios		\$78.27	\$178.27	\$178.27	\$178.27
Repuestos	Empaque de válvula				\$84.41
	Filtro Aire Acondicionado				\$53.70
	Filtro de Aceite (Motor)	\$43.11			
	Filtro de Aceite Dirección y freno		\$83.25	\$83.25	\$83.25
	Filtro de Aceite Motor		\$43.11	\$43.11	\$43.11
	Filtro de Aire primario			\$77.45	\$77.45
	Filtro de Aire Secundario				\$57.92
	Filtro de cabina Recirculación				\$33.50
	Filtro de Combustible Secundario	\$35.40	\$35.40	\$35.40	\$35.40
	Filtro de la Transmisión			\$107.31	\$107.31
	Filtro de Seprador de Agua			\$44.94	\$44.94
	Filtro Hidráulico		\$75.56	\$75.56	\$153.57
	Filtro Separador de Agua	\$44.94	\$44.94		
	Pantalla magnética de la transmisión				\$11.93
	Respiradero de la transmisión			\$13.04	\$13.04
	Secador / Acondicionador de Aire				\$141.97
	Sello de la cubierta del filtro de aceite Hidráulico		\$10.47	\$10.47	\$10.47
	Sello del filtro de aceite de la transmisión			\$1.20	\$1.20
	Sello del respiradero del carter			\$5.70	\$5.70
	Sello del tanque de combustible			\$6.46	\$6.46
	Sello del tanque Hidráulico			\$2.58	\$2.58
	Sello filtro hidráulico		\$1.25	\$1.25	\$1.25
Total Repuestos		\$123.45	\$293.98	\$507.72	\$969.16

Fuente: Cálculos propios de información brindada por NIMAC

A como se observa en la tabla se detallan los costos y la descripción de los insumos, así como su utilización para cada uno de los mantenimientos realizados para los tractores D6T.

5.5.5 Insumos para tractor D8T (Sistema existente)

A continuación, se muestra todos los insumos necesarios para la realización de los servicios de mantenimiento preventivo para tractores de cadena D8T por cada tipo de mantenimiento preventivo con su valor económico.

Tabla 8 Costos de insumos de mantenimiento preventivo tractores D8T (sistema existente)

Clasificación	DESCRIPCION	MP1	MP2	MP3	MP4
Lubricantes	Cambio de aceite 10W (Hidráulico)				\$442.80
	Cambio de Aceite 15W40 (Motor)		\$253.56		
	Cambio de Aceite 15W-40 (Motor)	\$253.56		\$253.56	\$253.56
	Cambio Mandos Finales (SAE 60)				\$151.62
	Cambio Refrigerante				\$402.82
	Cambio SAE50 (Transmisión)			\$888.06	\$888.06
Total Lubricantes		\$253.56	\$253.56	\$1,141.62	\$2,138.86
Materiales varios	Agua Destilada	\$9.26	\$9.26	\$9.26	\$9.26
	APA MANDOS FINALES		\$50.00	\$50.00	\$50.00
	APA MOTOR	\$25.00	\$25.00	\$25.00	\$25.00
	APA SISTEMA HIDRAULICO		\$25.00	\$25.00	\$25.00
	APA TRANSMISION		\$25.00	\$25.00	\$25.00
	Grasa	\$16.16	\$16.16	\$16.16	\$16.16
	Hilaza	\$3.35	\$3.35	\$3.35	\$3.35
	Limpia Contacto	\$4.50	\$4.50	\$4.50	\$4.50
	Varios	\$20.00	\$20.00	\$20.00	\$20.00
Total Materiales varios		\$78.27	\$178.27	\$178.27	\$178.27
Repuestos	Empaque tapa válvulas				\$165.21
	Filtro de Aceite de motor	\$32.35	\$32.35	\$32.35	\$32.35
	Filtro de aceite Hidráulico		\$113.40	\$113.40	\$113.40
	Filtro de Aire Acondicionado				\$79.74
	Filtro de Aire Primario			\$103.56	\$103.56
	Filtro de Aire Secundario				\$91.85
	Filtro de Combustible Secundario	\$54.06	\$54.06	\$54.06	\$54.06
	Filtro de la Transmisión		\$90.07	\$90.07	\$90.07
	Filtro Hidráulico de Carcaza		\$49.07	\$49.07	\$49.07
	Filtro Separador de Agua	\$44.94	\$44.94	\$44.94	\$44.94
	Secador / Acondicionador de Aire				\$63.36
	Sello de la tapa del tanque hidráulico				\$2.58
	Sello del filtro de aceite de la transmisión			\$16.96	\$16.96
	Sello del filtro Hidráulico		\$8.14	\$8.14	\$8.14
	Sello del respiradero del carter		\$4.75	\$4.75	\$4.75
Total Repuestos		\$131.35	\$396.78	\$517.30	\$920.04

Fuente: Cálculos propios de información brindada por NIMAC

En resumen, los costos asociados a insumos para realizar servicios de mantenimiento preventivo en dólares por unidad de hora maquina se muestran en las siguientes tablas para cada tractor.

Tabla 9 Resumen de costo de insumos para tractor D6T (sistema existente)

Tractor D6T	MP1	MP2	MP3	MP4
Lubricantes	\$169.04	\$169.04	\$1,024.61	\$1,932.03
Materiales varios	\$78.27	\$178.27	\$178.27	\$178.27
Repuestos	\$123.45	\$293.98	\$507.72	\$969.16
Total insumos por MP	\$370.76	\$641.29	\$1,710.60	\$3,079.46
Numero de servicios en un ciclo e 2,000 horas	4	2	1	1
Total Numero de MP	\$1,483.04	\$1,282.58	\$1,710.60	\$3,079.46
Total general insumos				\$7,555.68
U\$/HR (2000 hrs)				3.78

Fuente: Cálculos propios.

El tractor D6T por cada hora maquina trabajada el equipo demanda 3.78 dólares en concepto de los insumos necesarios para aplicar el mantenimiento preventivo.

Tabla 10 Resumen de costo de insumos para tractor D8T (sistema existente)

Tractor D8T	MP1	MP2	MP3	MP4
Lubricantes	\$253.56	\$253.56	\$1,141.62	\$2,138.86
Materiales varios	\$78.27	\$178.27	\$178.27	\$178.27
Repuestos	\$131.35	\$396.78	\$517.30	\$920.04
Total insumos por MP	\$463.18	\$828.61	\$1,837.19	\$3,237.17
Numero de servicios en un ciclo e 2,000 horas	4	2	1	1
Total Numero de MP	\$1,852.72	\$1,657.22	\$1,837.19	\$3,237.17
Total general insumos				\$8,584.30
U\$/HR (2000 hrs)				4.29

Fuente: Cálculos propios.

El tractor D8T por cada hora maquina trabajada el equipo demanda 4.29 dólares en concepto de los insumos necesarios para aplicar el mantenimiento preventivo.

5.5.6 Presupuesto de mantenimiento preventivo (sistema existente)

A continuación, se unifican y resumen las inversiones necesarias para realizar un mantenimiento preventivo para tractores de cadena D6T y D8T, esta información es la unión de los presupuestos de mano de obra e inversión de insumos y llevado a la expresión mínima de dólares por hora de equipo.

Tabla 11 Resumen de presupuesto de mantenimiento preventivo de tractores de cadenas (sistema existente)

Tractor	Costo de mano de obra U\$/HR	Costo de insumos U\$/HR	Total de Presupuesto de mantenimiento U\$/HR
D6T	0.49	3.78	4.27
D8T	0.49	4.29	4.78

Fuente: Cálculos propios

El resumen de los costos asociados a la ejecución de mantenimiento preventivo de tractores bajo el sistema de actual que lleva NIMAC indica una inversión para tractor D6T de 4.27 dólares por cada hora máquina y para tractor D8T de 4.78 dólares por cada hora máquina.

5.6 Manuales de mantenimiento (revisión de actualizaciones)

Como parte del proceso de evaluación del plan de mantenimiento de tractores de cadena mediante el sistema existente, se solicitó acceso para revisión de fichas técnicas actualizadas del fabricante CATERPILLAR a fin relacionar las nuevas técnicas de mantenimiento preventivo brindadas en las actualizaciones de manuales en busca de cambios significativos, la ilustración siguiente es un extracto de esta información.

Ilustración 8 Extracto de manual de mantenimiento preventivo actualizado año 2023

Cada 250 horas de servicio Tirante de inclinación manual de la hoja orientable - Lubricar Correas - Inspeccionar/ajustar/reemplazar Hoja topadora - Lubricar Muestra de refrigerante del sistema de enfriamiento (nivel 1) - Obtener Muestra de aceite del motor - Obtener Pasador central de la barra compensadora - Lubricar Nivel de aceite de los pasadores de extremo de la barra compensadora - Revisar Nivel de aceite del mando final - Revisar Agua y sedimentos del tanque de combustible - Drenar Nivel de aceite del eje pivote - Revisar Cadena - Revisar/ajustar Rodillos guiacables del cabrestante - Lubricar Nivel de aceite del cabrestante - Revisar Primeras 500 horas de servicio Muestra de refrigerante del sistema de enfriamiento (nivel 2) - Obtener Respiradero y aceite del cabrestante - Cambiar/limpiar Cada 500 horas de servicio Respiradero del cárter del motor - Limpiar Aceite del motor y filtro - Cambiar Muestra de aceite del mando final - Obtener Filtro secundario del sistema de combustible - Reemplazar
--

Fuente: Sistema de información de CATERPILLAR, proporcionado por NIMAC

En la ilustración anterior se muestra extracto del manual de mantenimiento preventivo que es la última actualización de fabricante (AF) que aplica para tractores D6T y D8T se revisaron cuáles de las actividades del sistema existente (SE) de NIMAC para ejecución de mantenimiento preventivo y se compararon con las actualizaciones de fábrica.

Tabla 12 Comparativa de actividades de mantenimiento preventivos sistema existente vs actualización de fábrica.

Actividades de mantenimiento preventivo de tractores D6T y D8T	MP1		MP2		MP3		MP4	
	SE	AF	SE	AF	SE	AF	SE	AF
Sistema eléctrico	6	6	7	7	8	8	8	8
Cabina	6	6	6	6	6	6	7	7
Motor	13	11	17	17	17	17	22	22
Rodaje y transmisión	11	11	12	12	14	14	14	14
Sistema hidráulico	10	10	11	11	12	12	13	13
Misceláneos	7	7	7	7	7	7	7	7
Total actividades	53	52	60	60	64	64	71	71

Fuente: NIMAC y sistema de información de fábrica CATERPILLAR

Se observa en la tabla resumen anterior el comparativo de las actividades de mantenimiento preventivo, bajo el sistema existente (SA) y la actualización de fábrica (AF), este análisis encuentra que en su mayoría los servicios preventivos no han sufrido cambios, únicamente una actividad de mantenimiento donde difieren los 2 sistemas y se ampliara en el siguiente acápite.

5.6.1 Relación de las nuevas técnicas de mantenimiento preventivo y actuales.

Según la información revisada de los manuales actualizados de mantenimiento preventivo y relacionando con las actividades del sistema existente para tractores de cadena D6T y D8T se observa una actualización importante referente al sistema existente que se está llevando la empresa NIMAC actualmente y la actualización de fábrica CATERPILLAR cual se describe a continuación y se relaciona en la ilustración siguiente.

Ilustración 9 Relación de las actualizaciones de mantenimiento preventivo vs el sistema existente.

NICARAGUA MACHINERY COMPANY

RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

ACTIVIDADES A REALIZAR	INTERVALOS									
	250H		500H		1000		2000			
	rs.	OK	rs.	OK	Hrs.	OK	Hrs.	OK		
MOTOR										
Calibrar holguras de válvulas del motor							*			
Reemplazar empaque de tapa de válvula							*			
Reemplazar filtro de aceite de motor	*		*		*		*			
Cambiar aceite al motor	*		*		*		*			
Extraer muestra de aceite al motor	*		*		*		*			

Cada 250 horas de servicio

[Tirante de inclinación manual de la hoja orientable - Lubricar.](#)
[Correas - Inspeccionar/ajustar/reemplazar.](#)
[Hoja topadora - Lubricar.](#)
[Muestra de refrigerante del sistema de enfriamiento \(nivel 1\) - Obtener.](#)
[Muestra de aceite del motor - Obtener.](#)
[Pasador central de la barra compensadora - Lubricar.](#)
[Nivel de aceite de los pasadores de extremo de la barra compensadora - Revisar.](#)
[Nivel de aceite del mando final - Revisar.](#)
[Agua y sedimentos del tanque de combustible - Drenar.](#)
[Nivel de aceite del eje pivote - Revisar.](#)
[Cadena - Revisar/ajustar.](#)
[Rodillos guiacables del cabrestante - Lubricar.](#)
[Nivel de aceite del cabrestante - Revisar.](#)

Cada 500 horas de servicio

[Respiradero del cárter del motor - Limpiar.](#)
[Aceite del motor y filtro - Cambiar.](#)
[Muestra de aceite del mando final - Obtener.](#)
[Filtro secundario del sistema de combustible - Reemplazar.](#)

Fuente: Elaboración propia de extractos de información de NIMAC y CATERPILLAR

El cambio encontrado consiste en el desplazamiento del cambio de aceite de motor y filtro de aceite motor de cada 250 horas en mantenimiento tipo 1 (MP1) al mantenimiento tipo 2 (MP2) o cada 500 horas, esto puede tener un impacto

5.7 Evaluación del plan de mantenimiento preventivo

La evaluación del mantenimiento preventivo nos permitirá definir alternativas de mejoras técnicas y reducir costos, garantizando siempre como principal objetivo la operatividad de los equipos. Se evalúa el plan de mantenimiento de sistema actual según los puntos siguientes llevándolos al valor económico menor en dólares por hora para establecer comparaciones de estado actual contra estado propuesto.

- Analizar el tiempo de realización de mantenimiento preventivo

- Relacionar las nuevas técnicas de mantenimiento preventivo brindadas en las actualizaciones de manuales de fabricante
- Examinar el presupuesto del plan de mantenimiento preventivo para determinar las fallas que afectan la factibilidad y operatividad de la flota de renta de tractores D6T y D8T de la empresa NIMAC.

Se considera prudente realizar el análisis de resultados de evaluación de forma tal que se muestren resultados que puedan evaluarse cuantitativamente y permitan tomar decisiones a los directivos de NIMAC.

5.7.1 Gestión de tareas de mantenimiento preventivo (Evaluación de sistema)

En la siguiente tabla se actualizan los tiempos estándar de NIMAC para realización de mantenimientos preventivos y se plantean nuevos tiempos basado en la evaluación de registros de servicios realizado en el acápite de análisis de tiempos de servicios.

Tabla 13 Costo de mano de obra según tiempos reales promedio de cada tipo de mantenimiento preventivo (evaluación de sistema)

Frecuencia de mantenimiento preventivo	Horas reales promedio	U\$/HrH	U\$	Cantidad de servicios en 2,000 horas	Total U\$
Mantenimiento PM1 (250 Hrs)	5.0	20.50	\$102.50	4	\$410.00
Mantenimiento PM2 (500 Hrs)	7.0	20.50	\$143.50	2	\$287.00
Mantenimiento PM3 (1000 Hrs)	9.0	20.50	\$184.50	1	\$184.50
Mantenimiento PM4 (2000 Hrs)	10.0	20.50	\$205.00	1	\$205.00
				Total U\$	\$1,086.50
				Total U\$/HR	0.54

La tabla anterior resumen la inversión actual en concepto de mano de obra basado en los tiempos promedios de registros de servicios de NIMAC por cada tipo

de mantenimiento preventivo de tractores de cadena, siendo el resultado combinado de 0.54 centavos de dólar por unidad de hora máquina, que es mayor al valor de tiempos estándar de NIMAC calculado en 0.49 centavos de dólar por unidad de hora máquina, este valor indica la realidad del costo de servicio, es decir una pérdida de 0.05 centavos de dólar por unidad de hora máquina, basado en un ciclo de mantenimiento de 2,000 horas máquina, esto representa 100.00 dólares de pérdida cada 2,000 horas máquina.

5.7.2 Gestión de repuestos de mantenimiento preventivo (Evaluación de sistema)

En la siguiente tabla se formulan los cambios de las actividades de mantenimiento preventivo según se analizó de relacionar las actividades del sistema existente vs las actualizaciones de fábrica revisados en el acápite gestión de tareas de mantenimiento preventivo (sistema existente).

5.7.3 Insumos para tractor D6T (evaluación de sistema)

A continuación, se muestra todos los insumos necesarios para la realización de los servicios de mantenimiento preventivo para tractores de cadena D6T por cada tipo de mantenimiento preventivo con su valor económico, aplicando la actualización encontrada en manual de fabricante.

Tabla 14 Costos de insumos de mantenimiento preventivo tractores D6T (evaluación de sistema)

Clasificación	DESCRIPCION	MP1	MP2	MP3	MP4
Lubricantes	Cambio de aceite 10W (Hidráulico)				\$332.10
	Cambio de Aceite 15W-40 (Motor)		\$169.04	\$169.04	\$169.04
	Cambio de Refrigerante				\$347.89
	Cambio Mandos Finales (SAE 50)				\$162.45
	Cambio SAE 50 Transmisión			\$855.57	\$855.57
	Relleno Com. resorte tensor de cadena (SAE 50)				\$43.32
	Relleno de aceite Eje del Pibote (SAE50)				\$21.66
Total Lubricantes			\$169.04	\$1,024.61	\$1,932.03
Materiales varios	Agua Destilada	\$9.26	\$9.26	\$9.26	\$9.26
	APA MANDOS FINALES		\$50.00	\$50.00	\$50.00
	APA MOTOR	\$25.00	\$25.00	\$25.00	\$25.00
	APA SISTEMA HIDRAULICO		\$25.00	\$25.00	\$25.00
	APA TRANSMISION		\$25.00	\$25.00	\$25.00
	Grasa	\$16.16	\$16.16	\$16.16	\$16.16
	Hilaza	\$3.35	\$3.35	\$3.35	\$3.35
	Limpia Contacto	\$4.50	\$4.50	\$4.50	\$4.50
	Varios	\$20.00	\$20.00	\$20.00	\$20.00
Total Materiales varios		\$78.27	\$178.27	\$178.27	\$178.27
Repuestos	Empaque de válvula				\$84.41
	Filtro Aire Acondicionado				\$53.70
	Filtro de Aceite Dirección y freno		\$83.25	\$83.25	\$83.25
	Filtro de Aceite Motor		\$43.11	\$43.11	\$43.11
	Filtro de Aire primario			\$77.45	\$77.45
	Filtro de Aire Secundario				\$57.92
	Filtro de cabina Recirculación				\$33.50
	Filtro de Combustible Secundario	\$35.40	\$35.40	\$35.40	\$35.40
	Filtro de la Transmisión			\$107.31	\$107.31
	Filtro de Seprador de Agua			\$44.94	\$44.94
	Filtro Hidráulico		\$75.56	\$75.56	\$153.57
	Filtro Separador de Agua	\$44.94	\$44.94		
	Pantalla magnética de la transmisión				\$11.93
	Respiradero de la transmisión			\$13.04	\$13.04
	Secador / Acondicionador de Aire				\$141.97
	Sello de la cubierta del filtro de aceite Hidráulico		\$10.47	\$10.47	\$10.47
	Sello del filtro de aceite de la transmisión			\$1.20	\$1.20
	Sello del respiradero del carter			\$5.70	\$5.70
	Sello del tanque de combustible			\$6.46	\$6.46
	Sello del tanque Hidráulico			\$2.58	\$2.58
	Sello filtro hidráulico		\$1.25	\$1.25	\$1.25
Total Repuestos		\$80.34	\$293.98	\$507.72	\$969.16

Fuente: Cálculos propios de información brindada por NIMAC

5.7.4 Insumos para tractor D8T (evaluación de sistema)

A continuación, se muestra todos los insumos necesarios para la realización de los servicios de mantenimiento preventivo para tractores de cadena D8T por cada tipo de mantenimiento preventivo con su valor económico, aplicando la actualización encontrada en manual de fabricante.

Tabla 15 Costos de insumos de mantenimiento preventivo tractores D8T (evaluación de sistema)

Clasificación	DESCRIPCION	MP1	MP2	MP3	MP4
Lubricantes	Cambio de aceite 10W (Hidráulico)				\$442.80
	Cambio de Aceite 15W40 (Motor)		\$253.56		
	Cambio de Aceite 15W-40 (Motor)			\$253.56	\$253.56
	Cambio Mandos Finales (SAE 60)				\$151.62
	Cambio Refrigerante				\$402.82
	Cambio SAE50 (Transmisión)			\$888.06	\$888.06
Total Lubricantes			\$253.56	\$1,141.62	\$2,138.86
Materiales varios	Agua Destilada	\$9.26	\$9.26	\$9.26	\$9.26
	APA MANDOS FINALES		\$50.00	\$50.00	\$50.00
	APA MOTOR	\$25.00	\$25.00	\$25.00	\$25.00
	APA SISTEMA HIDRAULICO		\$25.00	\$25.00	\$25.00
	APA TRANSMISION		\$25.00	\$25.00	\$25.00
	Grasa	\$16.16	\$16.16	\$16.16	\$16.16
	Hilaza	\$3.35	\$3.35	\$3.35	\$3.35
	Limpia Contacto	\$4.50	\$4.50	\$4.50	\$4.50
	Varios	\$20.00	\$20.00	\$20.00	\$20.00
Total Materiales varios		\$78.27	\$178.27	\$178.27	\$178.27
Repuestos	Empaque tapa válvulas				\$165.21
	Filtro de Aceite de motor		\$32.35	\$32.35	\$32.35
	Filtro de aceite Hidráulico		\$113.40	\$113.40	\$113.40
	Filtro de Aire Acondicionado				\$79.74
	Filtro de Aire Primario			\$103.56	\$103.56
	Filtro de Aire Secundario				\$91.85
	Filtro de Combustible Secundario	\$54.06	\$54.06	\$54.06	\$54.06
	Filtro de la Transmisión		\$90.07	\$90.07	\$90.07
	Filtro Hidráulico de Carcaza		\$49.07	\$49.07	\$49.07
	Filtro Separador de Agua	\$44.94	\$44.94	\$44.94	\$44.94
	Secador / Acondicionador de Aire				\$63.36
	Sello de la tapa del tanque hidráulico				\$2.58
	Sello del filtro de aceite de la transmisión			\$16.96	\$16.96
	Sello del filtro Hidráulico		\$8.14	\$8.14	\$8.14
	Sello del respiradero del carter		\$4.75	\$4.75	\$4.75
Total Repuestos		\$99.00	\$396.78	\$517.30	\$920.04

Fuente: Cálculos propios de información brindada por NIMAC

En resumen, los costos asociados a insumos para realizar servicios de mantenimiento preventivo en dólares por unidad de hora maquina se muestran en las siguientes tablas para cada tractor.

Tabla 16 Resumen de costo de insumos para tractor D6T (evaluación de sistema)

Tractor D6T	MP1	MP2	MP3	MP4
Lubricantes	\$0.00	\$169.04	\$1,024.61	\$1,932.03
Materiales varios	\$78.27	\$178.27	\$178.27	\$178.27
Repuestos	\$80.34	\$293.98	\$507.72	\$969.16
Total insumos por MP	\$158.61	\$641.29	\$1,710.60	\$3,079.46
Numero de servicios en un ciclo e 2,000 horas	4	2	1	1
Total Numero de MP	\$634.44	\$1,282.58	\$1,710.60	\$3,079.46
Total general insumos				\$6,707.08
U\$/HR (2000 hrs)				3.35

Fuente: Cálculos propios.

El tractor D6T por cada hora maquina trabajada el equipo demanda 3.35 dólares en concepto de los insumos necesarios para aplicar el mantenimiento preventivo aplicando la actualización de fábrica indicada en manuales de fabricante.

Tabla 17 Resumen de costo de insumos para tractor D8T (evaluación de sistema)

Tractor D8T	MP1	MP2	MP3	MP4
Lubricantes	\$0.00	\$253.56	\$1,141.62	\$2,138.86
Materiales varios	\$78.27	\$178.27	\$178.27	\$178.27
Repuestos	\$99.00	\$396.78	\$517.30	\$920.04
Total insumos por MP	\$177.27	\$828.61	\$1,837.19	\$3,237.17
Numero de servicios en un ciclo e 2,000 horas	4	2	1	1
Total Numero de MP	\$709.08	\$1,657.22	\$1,837.19	\$3,237.17
Total general insumos				\$7,440.66
U\$/HR (2000 hrs)				3.72

Fuente: Cálculos propios.

El tractor D8T por cada hora maquina trabajada el equipo demanda 3.72 dólares en concepto de los insumos necesarios para aplicar el mantenimiento preventivo aplicando la actualización de fábrica indicada en manuales de fabricante.

5.7.5 Presupuesto de mantenimiento preventivo (evaluación de sistema)

A continuación, se unifican y resumen las inversiones necesarias para realizar un mantenimiento preventivo para tractores de cadena D6T y D8T, esta información es la unión de los presupuestos de mano de obra e inversión de insumos y llevado a la expresión mínima de dólares por hora de equipo para el sistema con cambios según evaluación realizada.

Tabla 18 Resumen de presupuesto de mantenimiento preventivo de tractores de cadenas (evaluación de sistema)

Tractor	Costo de mano de obra U\$/HR	Costo de insumos U\$/HR	Total de Presupuesto de mantenimiento U\$/HR
D6T	0.54	3.35	3.90
D8T	0.54	3.72	4.26

Fuente: Cálculos propios

El resumen de los costos asociados a la ejecución de mantenimiento preventivo de tractores bajo los cambios propuestos en actualizaciones de manuales de fabricante indica una inversión para tractor D6T de 3.90 dólares por cada hora máquina y para tractor D8T de 4.26 dólares por cada hora máquina.

5.7.6 Comparación económica de plan de mantenimiento sistema existente vs actualizaciones de fabrica

Se ha desarrollado el análisis de tiempo de realización de mantenimiento preventivo mediante según las horas estándar de cada servicio de NIMAC y se comparó con los tiempos promedios reales según evaluación de los registro de servicios realizados e intervalos de paros, para la flota de renta de tractores de cadena D6T y D8T, adicional se relacionaron las nuevas técnicas de mantenimiento preventivo brindadas en las actualizaciones de manuales de fabricante CATERPILLAR, con estos datos y valores evaluados se comparan el presupuesto del sistema existente vs la evaluación de sistema dando las siguientes diferencias económicas para el plan de mantenimiento preventivo para de tractores.

Tabla 19 Comparación económica de plan de mantenimiento sistema existente vs actualizaciones de fabrica

Tractor	Total, de presupuesto de mantenimiento (Sistema existente) U\$/Hr	Total de presupuesto de mantenimiento (evaluación de sistema) U\$/Hr	Diferencia económica U\$/Hr	Total en 2,000 horas U\$
D6T	4.27	3.90	0.37	\$746.1
D8T	4.78	4.26	0.52	\$1,041.14

Fuente: Cálculos propios

Según la evaluación realizada si NIMAC aplica las nuevas técnicas de mantenimiento propuestas en las actualizaciones de manuales de fabricante podría llegar a ahorrarse un total de U\$ 746.10 dólares por cada 2000 horas máquina para tractores D6T y U\$ 1,041.14 dólares por cada 2000 horas máquina para tractores D8T, estos valores de disminución de costos son por unidad de equipo en la siguiente tabla se indica la cantidad actual de equipos de flota de renta y el impacto de esta evaluación.

Tabla 20 Impacto económico de evaluación de plan de mantenimiento en flota de tractores D6T y D8T de NIMAC

Tractor	Diferencia económica U\$/Hr	Numero de tractores de Flota	Promedio de horas trabajado por año Hrs	Impacto económico (disminución de costos) U\$
D6T	0.37	9	4500	\$ 14,985.00
D8T	0.52	2	4500	\$ 4,680.00
TOTAL				\$ 19,665.00

Fuente: Cálculos propios

El análisis anterior indica que el impacto económico total de posibles actualizaciones tomadas del manual de fabricante para los tractores D6T y D8T totalizan un valor de U\$19,665.00 dólares por año en la flota de renta.

6 Conclusiones.

El objetivo general de la evaluación del plan de mantenimiento preventivo de la flota de renta de tractores D6T y D8T CATERPILLAR de la empresa NIMAC, consistía en determinar si el sistema existente está operando de manera óptima o como podría mejorarse en base a las actualizaciones propuestas por el fabricante de tal modo que se identificaran mejoras que puedan generar mayor ahorro en la inversión de mantenimiento.

Al analizar los tiempos de realización del mantenimiento preventivo de los tractores de cadena D6T y D8T se determinó que no se está cumpliendo con el tiempo estándar definido, teniendo como retraso 1 hora para los mantenimientos MP1, MP2, MP3, lo cual elevó los costos del servicio a U\$ 20.50 dólares equivalente al 25% del costo total estándar establecido por NIMAC.

Al relacionar las nuevas actualizaciones del manual del fabricante con el sistema existente de mantenimiento preventivo de los tractores de cadena D6T y D8T Caterpillar se encontró una variación en las actividades de cambio de aceite y filtro del motor, consistiendo la nueva actualización en realizar este cambio cada 500 hrs a diferencia de NIMAC que lo está realizando cada 250 hrs, lo que da como resultado un ahorro por cada 2000 hrs máquina de U\$ 746 dólares para los tractores D6T y U\$ 1,041.14 dólares para los tractores D8T

Examinando el presupuesto de mantenimiento existente vs el estado evaluado con cambios sugeridos de fabricante se identificó que NIMAC puede dejar de gastar anualmente un total de U\$ 14,985.00 dólares en tractores D6T (9 unidades) y U\$ 4680.00 dólares en tractores D8T (2 unidades) totalizando un ahorro presupuestario de U\$ 19,665.00 dólares.

7 Recomendaciones.

Se considera necesario el aumentar los tiempos estándar para ejecución de mantenimiento preventivos ya que los actualmente establecidos están fuera quedando cortos en la mayoría de casos por tanto generan una pérdida económica al momento de cotizar o cobrar por el servicio de mantenimiento preventivo.

Se recomienda aplicar las nuevas actualizaciones del manual de fabricante Caterpillar al plan de mantenimiento preventivo para los tractores de cadena D6T y D8T, esto en base a las horas estándar establecidas para cada uno de los mantenimientos, siendo la actualización del cambio de aceite y filtro de motor a realizarse cada 500 hrs para ambos tractores, lo cual se demostró que tendrá un impacto en el presupuesto de inversión de mantenimiento.

Esta evaluación se realizó en 2 modelos de equipos que representan el 22% de la flota de equipos de flota de renta NIMAC, se recomienda realizar revisiones para otros equipos con el fin de encontrar cuales son los cambios que podrían suponer una disminución de costos presupuestarios para NIMAC.

8 Bibliografía

- Aguado Q. (2021). *Dirección y Gestión de Paradas de planta bajo los lineamientos del PMI*.
- Andres, J. (2019). *Gestión de repuestos en un departamento de mantenimiento*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/JHOANANDRES5/gestion-de-repuestos>
- Buenastareas.com. (s.f.). Obtenido de <https://www.buenastareas.com/ensayos/Manual-Del-Fabricante>
- Carlos Aníbal Aragón Espino, O. J. (2015). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- Carlos Aníbal Aragón Espino, O. J. (2015). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la flota vehicular de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- Castillo, Y. A. (2014). *El Mantenimiento Industrial*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos101/el-mantenimiento-industrial/el-mantenimiento-industrial>
- CAT. (s.f.). Obtenido de Caterpillar: https://www.cat.com/es_MX/articles/ci-articles/mantenimiento-preventivo.html
- CATERPILLAR, S. d. (2017). Programa de intervalos de mantenimiento (SSBU7763-07).
- Divulgación Tecnológica, S. i. (1991). *Manual de mantenimiento, santa fe de Bogotá*.
- Jose A. Medrano Marquez, V. L. (2017). *Mantenimiento técnicas y aplicaciones industriales*.
- Jose Angel Medrano Marquez, V. L. (2017). *Definición del mantenimiento*. Mexico: Grupo Editorial Patria.
- Jose Angel Medrano Marquez, V. L. (2017). *Importancia del mantenimiento*. Mexico: Grupo Editorial Patria.
- Narvaez, J. S. (2021). Propuesta de Plan de mantenimiento Preventivo Planificado en los equipos rotativos (Bombas Centrifugas, compresor, ventiladores) de la maquinaria de la empresa Panzyna Laboratorios, S.A.
- Narvaez, J. S. (2021). Propuesta de plan de mantenimiento preventivo Planificado en los equipos rotativos (Bombas centrifugas, Compresor, Ventiladores) de la maquinaria de la empresa Panzyna Laboratorios, S.A.
- Sampieri. (2014). *Metodología de la investigación*.

Tavares, L. A. (s.f.). *El Banco de Datos del mantenimiento*.

Tavares, L. A. (s.f.). *El Banco de Datos del Mantenimiento*. Brasil.

Villanueva, E. D. (2014). *La productividad en el mantenimiento industrial*.

9 Cronograma de Ejecución.

Actividades 2022-2023	Noviembre 2022					Enero 2023					Febrero 2023					marzo 2023					Observa ción	
	Semanas																					
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
Fase 1) Curso de inducción para los tutores seleccionados																						
Curso de inducción para los tutores seleccionados																						
Fase 2) Inicio del taller para la culminación de estudio, enero del 2023																						
Elaboración de: Tema a investigar y objetivos.																						
Aprobación del tema por el decano																						
Marco conceptual																						
Diseño metodológico																						
Desarrollo del diseño metodológico																						
Aplicación de instrumentos, prueba de laboratorios																						
Procesamiento y análisis de la información																						
Conclusiones, recomendaciones																						

Actividades 2022-2023	Noviembre 2022					Enero 2023					Febrero 2023					marzo 2023					Observa ción
	Semanas																				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
ones y anexos																					
Fase 3) Defensa de trabajo monográfico, marzo del 2023.																					
Defensa del trabajo monográfico																					
Preparación de acto de graduación																					
Realización de acto de graduación y entrega de título																					

10 Anexos.

Anexo 1: Listado de equipo de flota de renta NIMAC

U	MARCA	MODELO	SERIE UNICA
1	CAT	120K	JAP06989
2	CAT	12K	JJA03605
3	CAT	140	W9200825
4	CAT	140	W9201042
5	CAT	140	W9201152
6	CAT	140	W9201162
7	CAT	140	W9201171
8	CAT	140K	JPA05681
9	CAT	140K	JPA05786
10	CAT	305.5E	CR505407
11	CAT	305.5E	CR505408
12	CAT	313D	FEB10563
13	CAT	318D	SGB20002
14	CAT	318D	SGB20199
15	CAT	318D	SGB20625
16	CAT	318D	SGB20650
17	CAT	320	DKJ31027
18	CAT	320	DKJ31030
19	CAT	320	BR630634
20	CAT	320	BR630784
21	CAT	320	BR430540
22	CAT	320	DKJ31028
23	CAT	320	SYW10254
24	CAT	320	ZBN21803
25	CAT	320	BR430539
26	CAT	320	BR430546
27	CAT	320	DKJ22085
28	CAT	320	DKJ30367
29	CAT	320	DKJ30371
30	CAT	320	DKJ30379
31	CAT	320	SYW10250
32	CAT	320	SYW10255
33	CAT	320	SYW10276
34	CAT	320	SYW11149
35	CAT	320	SYW11221
36	CAT	320	SYW11231
37	CAT	320	SYW11244
38	CAT	320	SYW11478
39	CAT	320	ZBN40795
40	CAT	320	ZBN40796
41	CAT	336	JFW20128
42	CAT	336	JFW21196
43	CAT	336	JFW21517
44	CAT	336	JFW22012
45	CAT	336	JFW22160
46	CAT	336	JFW10705
47	CAT	336	JFW21202

U	MARCA	MODELO	SERIE UNICA
48	CAT	336	JFW10929
49	CAT	336D	MBP10395
50	CAT	3412C	DK600337
51	CAT	345	KEF20043
52	CAT	345	KEF30038
53	CAT	345	KEF10360
54	CAT	345	KEF10361
55	CAT	345	KEF10382
56	CAT	416	L9P01181
57	CAT	416	L9P01202
58	CAT	420	L9T00434
59	CAT	426F	EJ403132
60	CAT	426F	EJ403767
61	CAT	426F	EJ403771
62	CAT	426F	EJ405147
63	CAT	426F	EJ405148
64	CAT	938K	W8K01159
65	CAT	950	M5K06109
66	CAT	950	M5K01672
67	CAT	950	M5K02551
68	CAT	950	M5K05486
69	CAT	950	M5K05535
70	CAT	950	M5K06111
71	CAT	CB44B	TWC00129
72	CAT	CB54B	S4P00207
73	CAT	CS11	RK801565
74	CAT	CS11	RK801008
75	CAT	CS11	RK801161
76	CAT	CS11	RK801554
77	CAT	CS54B	G5400302
78	CAT	D3	XKW01867
79	CAT	D4	K3G00436
80	CAT	D4	K3G00218
81	CAT	D4	K3G00346
82	CAT	D4	K3G00363
83	CAT	D4	K3G00438
84	CAT	D5	Z2K01136
85	CAT	D5	Z2K01068
86	CAT	D5	Z2K01150
87	CAT	D5	Z2K01201
88	CAT	D5K	WT302270
89	CAT	D6K	MP700180
90	CAT	D6K	MP703073
91	CAT	D6T	GCT02768
92	CAT	D6T	GCT03028
93	CAT	D6T	GCT02898
94	CAT	D6T	GCT03050
95	CAT	D6T	GCT03129
96	CAT	D6T	GCT03171
97	CAT	D6T	GCT03279
98	CAT	D6T	GCT02787

U	MARCA	MODELO	SERIE UNICA
99	CAT	D6T	SMC01965
100	CAT	D8T	MB800887
101	CAT	D8T	MB800413
102	CAT	TH255C	JK304019
103	CAT	TL642	T7300150
104	CAT	TL642D	MLG00240
105	CAT	TL642D	MLG00231
106	CAT	TL642D	MLG00235
107	CAT	TL642D	MLG00239
108	CAT	TL943	T7600170
109	CAT	TL943	T7600171
110	CAT	TL943D	MLD00265

Anexo 2: Cotización de plan de mantenimiento preventivo de equipos CATERPILLAR

NICARAGUA MACHINERY COMPANY											
CONVENIO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO CVA											
CONTRATADO			No. DE ACUERDO						FECHA		
NICARAGUA MACHINERY COMPANY, S.A.			NC 2723						20/02/2023		
EL CLIENTE			CÓDIGO DE CLIENTE						CONTACTO		
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - UNI			XXXXXX						Luis Celorio		
DURACIÓN			FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO						TIPO DE CONTRATO		
12 MESES / 2,000 HORAS (LO QUE OCURRA PRIMERO)			250 HORAS						COMPLETO		
Equipos John Deere cubiertos en este contrato:											
Ubicación	Modelo	EQUIPO	Ct	250hrs	Ct	500hrs	Ct	1000Hrs	Ct	2000Hrs	Total del Contrato U\$/Hr
MANAGUA	D6T	TRACTOR DE CADENAS	4	PM1	2	PM2	1	PM3	1	PM4	\$4.27
MANAGUA	D8T	TRACTOR DE CADENAS	4	PM1	2	PM2	1	PM3	1	PM4	\$4.78
MANAGUA	120H	NIVELADORA	4	PM1	1	PM2	1	PM3	1	PM4	\$2.53
MANAGUA	336D	EXCAVADORA	4	PM1	1	PM2	1	PM3	1	PM4	\$3.15
MANAGUA	950H	CARGADOR	4	PM1	2	PM2	1	PM3	1	PM4	\$2.85
MANAGUA	TL943	TELEHANDLER	4	PM1	1	PM2	1	PM3	1	PM4	\$1.91
MANAGUA	CS533	VIBRO COMPACTADORA	4	PM1	1	PM2	1	PM3	1	PM4	\$1.87
MANAGUA	416E	RETROEXCAVADORA	4	PM1	1	PM2	1	PM3	1	PM4	\$1.85
Precios en Dólares Americanos (US\$) Precios no incluyen I.V.A											
Notas:											
>Convenio incluye: Mano de Obra, Filtros, Lubricantes, y Análisis de Aceite necesarios para realizar mantenimientos preventivos. Según la rutina establecida en checklist. >En caso de ser necesario un insumo no contemplado en la rutina, será cotizado y facturado como adicional. >Convenio no incluye rellenos de aceites, ni de refrigerante entre intervalos o fallas. >El costo de mano de obra es considerado según requerimientos del servicio solicitado en horario regular Lunes a Viernes 8:00 am a 5:00 pm, actividades adicionales que se presenten serán considerados como un costo extra. >Tiempos de espera provocados por El cliente serán cobrados como tarifa regular. >Se considera el uso de lubricantes John Deere, para los rellenos se deberá utilizar lubricante John Deere. Se deberá tomar en cuenta que los reemplazos podrían variar si existe una contaminación externa o interna de lubricantes, esto estará determinado por el programa de análisis de aceite. >Convenio incluye cobertura de atención dentro de managua. Si el equipo está fuera de la ubicación predeterminada se cobrará una tarifa adicional de traslado. Equivalente a \$0.70 por kilómetro recorrido. >Recomendar la ejecución de mantenimientos de aire acondicionado y sistema eléctrico según necesidad.											
FIRMA DE CLIENTE						FIRMA NIMAC					
NOMBRE DE CLIENTE						FECHA					
NÚMERO DE CÉDULA DE FIRMANTE											

Anexo 3: Cotizaciones de equipos de movimiento de tierra CATERPILLAR



NICARAGUA MACHINERY COMPANY
Fundada en 1944

Oficina Principal: (505) 2283 1151 tel (505) 2283 1541 / 1064 fax
Suc. Chinandega: (505) 2341 4413 tel (505) 2341 4435 fax
Suc. C. Masaya: (505) 2279 9782 tel (505) 2279 7149 fax

20 de marzo del 2023

Cliente: Universidad Nacional de Ingeniería - UNI

Cotizaciones de equipos de movimiento de tierra.

Precios según precios de lista CATERPILLAR

Equipos	Precio de venta (US\$) ¹
Niveladora	\$ 230,000.00
Tractores	\$ 700,000.00
Excavadora	\$ 400,000.00
Cargador	\$ 350,000.00
Telehandler	\$ 130,000.00
Vibro compactadora	\$ 110,000.00
Retroexcavadora	\$ 125,000.00

Descripción: Cabina cerrada con protección antivuelco

Garantía: Garantía en el Tren de Fuerza y el Sistema Hidráulico por un período de 36 meses o 6,000 horas, lo que ocurra primero.

Como cortesía incluye:

Como cortesía, incluye contrato de mantenimiento especial de 1,500 horas que contiene lo siguiente: 6 juegos de filtros y aceite para el motor (mantenimiento básico cada 250 horas) o 24 meses, lo que ocurra primero, monitoreo de condiciones vía My.Cat.com (con suscripción Cat Daily) y dos inspecciones mecánicas en el campo.

Nota de crédito de USD 200.00 aplicable para compra en línea en Parts.Cat.Com (PCC).

Disponibilidad: Inmediata, sujeta a Previa Venta.

Contacto: Alfredo Medina 8577-8020// amedina@nimac.com.ni



Km. 7½ Carretera Norte. Estación de Servicio UNO 150mt. al Sur. Apartado Postal 469.

Anexo 4: Actividades de servicio según tipo de mantenimiento preventivo

		NICARAGUA MACHINERY COMPANY															
RUTINA DE MANTENIMINETO PREVENTIVO (MP) - TRACTORES																	
ACTIVIDADES A REALIZAR		INTERVALOS								RECOMENDACIONES/OBSERVACIONES							
		250H		500H		1000		2000									
		rs.	OK	rs.	OK	Hrs.	OK	Hrs.	OK								
SISTEMA ELECTRICO																	
Revisar, registrar y limpiar codigos en sist de Control				*		*		*									
Revisar batería y terminales		*		*		*		*									
Resocar soporte de batería						*		*									
Revisar caja de fusibles		*		*		*		*									
Funcionamiento de Motor de arranque		*		*		*		*									
Funcionamiento de Luces		*		*		*		*									
Revisar alternador		*		*		*		*									
Revisar cableado general		*		*		*		*									
CABINA																	
Revisar / Limpiar filtro del Aire Acondicionado		*		*		*		*									
Reemplazar filtros de Aire Acondicionado								*									
Verificar funcionamiento del Aire Acondicionado		*		*		*		*									
Verificar funcionamiento de controles		*		*		*		*									
Inspeccionar indicadores de servicio y alarmas		*		*		*		*									
Revisar Panel de instrumentos		*		*		*		*									
Revisar vidrios, puertas y empaques		*		*		*		*									
MOTOR																	
Calibrar holguras de válvulas del motor								*									
Reemplazar empaque de tapa de válvula								*									
Reemplazar filtro de aceite de motor		*		*		*		*									
Cambiar aceite al motor		*		*		*		*									
Extraer muestra de aceite al motor		*		*		*		*									
Inspeccionar y ajustar correas del motor		*		*		*		*									
Limpiar respiradero del motor				*		*		*									
Revisar/Limpiar filtro aire primario		*		*		*		*									
Reemplazar filtro aire primario						*		*									
Revisar/Limpiar filtro aire Secundario		*		*		*		*									
Reemplazar filtro aire Secundario						*		*									
Inspeccionar indicador de servicio del filtro de aire		*		*		*		*									
Drenar sedimentos y agua del separador de agua		*		*		*		*									
Inspeccionar Turbo		*		*		*		*									
Reemplazar filtro de combustible Secundario		*		*		*		*									
Reemplazar filtro separador de agua (primario)		*		*		*		*									
Limpiar tapón del tanque de combustible				*		*		*									
Limpiar paneles del radiador (externo)						*		*									
Cambiar Refrigerante								*									
Inspeccionar nivel del refrigerante		*		*		*		*		Se rellenó: SI ☐ NO ☐							
Inspeccionar mangueras del sistema de enfriamiento		*		*		*		*									
Limpiar condensador del refrigerante				*		*		*									
RODAJE Y TRANSMISION																	
Inspeccionar tensión de la cadena		*		*		*		*									
Inspeccionar nivel de aceite de Mandos finales		*		*		*		*		Se rellenó: SI ☐ NO ☐							
Cambiar aceite a los mandos finales						*		*									
Extraer muestra de aceite mandos finales		*		*		*		*									
Inspeccionar nivel de aceite de Transmisión		*		*		*		*		Se rellenó: SI ☐ NO ☐							
Cambiar aceite a la Transmisión						*		*									
Extraer muestra de aceite				*		*		*									
Inspeccionar respiraderos de la transmisión		*		*		*		*									
Reemplazar pantalla magnética de la transmisión						*		*									
Reemplazar filtro de la transmisión						*		*									
Inspeccionar nivel de aceite de resorte tensor de cadena		*		*		*		*		Se rellenó: SI ☐ NO ☐							
Inspeccionar Sistema de frenos		*		*		*		*									
Inspeccionar Ruedas guías		*		*		*		*									
Inspeccionar Zapatas		*		*		*		*									
Rodillos superiores		*		*		*		*									
Rodillos inferiores		*		*		*		*									

SISTEMA HIDRAULICO							
Reemplazar de filtro al sistema hidráulico	*			*		*	
Inspeccionar nivel de aceite de Sistema hidráulico	*		*	*		*	
Cambiar aceite al sistema hidráulico						*	
Extraer muestra de aceite al sistema hidráulico			*	*		*	Se rellenó: SI ☐ NO ☐
Limpiar malla del tanque hidráulico						*	
Inspeccionar Bomba hidráulica	*		*	*		*	
Inspeccionar líneas hidráulicas	*		*	*		*	
Inspeccionar Cilindros de levante de Ripper	*		*	*		*	
Inspeccionar Cilindro del inclinación Ripper	*		*	*		*	
Inspeccionar Winch(SI aplica)	*		*	*		*	
Inspeccionar nivel de aceite al Winch(SI aplica)	*		*	*		*	Se rellenó: SI ☐ NO ☐
Inspeccionar Cilindros de levante	*		*	*		*	
Inspeccionar Cilindro del inclinación	*		*	*		*	
Inspeccionar Cilindro de articulación	*		*	*		*	
MISCELANEOS							
Realizar Engrase general	*		*	*		*	
Inspeccionar puntas y cantoneras	*		*	*		*	
Inspeccionar lubricar barra estabilizadora	*		*	*		*	
Inspeccionar articulaciones	*		*	*		*	
Lubricar cojinetes y varillaje del ripper	*		*	*		*	
Lubricar cojinetes del cilindro de levante del bulldozer	*		*	*		*	
Inspeccionar Accesorios	*		*	*		*	

Anexo 5: Registro de tiempos de mantenimiento preventivo según modelo de tractor de cadena y tipo de mantenimiento

Cliente	OT	Modelo	Serie	Tipo de Mantenimiento	Tiempo de paro (HRS)
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS75422	D6T	0GCT03171	MP3	11
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	RA00830	D6T	0SMC01943	MP3	8
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS57840	D6T	0GCT02768	MP3	9
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS57417	D6T	0GCT02787	MP3	9
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS57450	D6T	0GCT02898	MP3	9
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS68786	D6T	0GCT03028	MP3	10
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS57052	D8T	MB800413	MP3	9
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS49345	D8T	MB800224	MP3	8
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS53848	D8T	0J8B04691	MP3	10
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS58608	D8T	MB800406	MP3	9
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS71547	D8T	MB800642	MP3	10
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	RA01059	D6T	0SMC01943	MP4	11
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS63623	D6T	0GCT02768	MP4	12
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS72675	D6T	0GCT02787	MP4	6
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS61788	D6T	0GCT02898	MP4	12
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS60080	D6T	0GCT02787	MP4	10
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS76791	D6T	0GCT03028	MP4	11
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS60307	D8T	0J8B04691	MP4	10
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS77073	D6T	0GCT03171	MP1	6
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS72657	D6T	0GCT03171	MP1	6
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS70355	D6T	0GCT03171	MP1	6
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS69289	D6T	0SMC01943	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	RA00775	D6T	0SMC01943	MP1	6

Cliente	OT	Modelo	Serie	Tipo de Mantenimiento	Tiempo de paro (HRS)
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	RA00683	D6T	OSMC01943	MP1	6
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	RA01139	D6T	OSMC01943	MP1	3
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	RA00988	D6T	OSMC01943	MP1	6
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	RA00884	D6T	OSMC01943	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS63610	D6T	0GCT02898	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS48972	D6T	0LAE00714	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS58505	D6T	0GCT02898	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS53528	D6T	0GCT02768	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS61093	D6T	0GCT02787	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	RA00696	D6T	0GCT02787	MP1	4
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS61993	D6T	0GCT02768	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS56660	D6T	0GCT02768	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS60796	D6T	0GCT02898	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS48031	D6T	0GCT02333	MP1	7
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS58281	D6T	0GCT02787	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS52955	D6T	0GCT02898	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS55926	D6T	0GCT02898	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS56556	D6T	0GCT02787	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS67584	D6T	0GCT02898	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS67709	D6T	0GCT02768	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS75327	D6T	0GCT03028	MP1	6
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS65884	D6T	0GCT03028	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS65179	D6T	0GCT02768	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS74271	D6T	0GCT03129	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS59483	D6T	0GCT02787	MP1	5

Cliente	OT	Modelo	Serie	Tipo de Mantenimiento	Tiempo de paro (HRS)
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS59298	D6T	0GCT02768	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS71314	D6T	0GCT03028	MP1	6
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS63073	D6T	0GCT02787	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS69986	D6T	0GCT02898	MP1	6
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS71326	D6T	0GCT02787	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS76353	D6T	0GCT02898	MP1	6
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS78001	D6T	0GCT02768	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS58284	D8T	MB800413	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	RA00691	D8T	0J8B04691	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS56191	D8T	MB800413	MP1	7
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS58963	D8T	0J8B04691	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS48189	D8T	MB800224	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS54282	D8T	MB800413	MP1	6
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS66954	D8T	MB800642	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS50889	D8T	0J8B04691	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	RA00758	D8T	MB800406	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS57758	D8T	MB800406	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS70871	D8T	MB800728	MP1	6
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS49912	D8T	MB800405	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS56685	D8T	0J8B04691	MP1	6
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS59301	D8T	MB800406	MP1	5
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS70034	D8T	MB800642	MP1	6
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS65103	D6T	0SMC01943	MP4	10
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS68473	D6T	0GCT02898	MP4	10
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS69737	D6T	0GCT02768	MP4	11

MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS71315	D6T	0GCT03171	MP2	7
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS78169	D6T	0GCT03171	MP2	8
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	RA00715	D6T	0SMC01943	MP2	6
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	RA01224	D6T	0SMC01943	MP2	10
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS71167	D6T	0SMC01943	MP2	13
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS64286	D6T	0GCT02787	MP2	7
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS73339	D6T	0GCT02898	MP2	7
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS50085	D6T	0LAE00714	MP2	9
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS49754	D6T	0GCT02333	MP2	6
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	RA01206	D6T	0GCT03028	MP2	7
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS59059	D6T	0GCT02787	MP2	7
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS54400	D6T	0GCT02898	MP2	7
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS60795	D6T	0GCT02768	MP2	7
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS65067	D6T	0GCT02898	MP2	7
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS54615	D6T	0GCT02768	MP2	6
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	RA00743	D6T	0GCT02787	MP2	6
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS59911	D6T	0GCT02898	MP2	7
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS66314	D6T	0GCT02768	MP2	7
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS73624	D6T	0GCT03028	MP2	7
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS75559	D6T	0GCT03129	MP2	8
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS52118	D8T	0J8B04691	MP2	7
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS55291	D8T	MB800406	MP2	7
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS57876	D8T	0J8B04691	MP2	7
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS59807	D8T	MB800406	MP2	6
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS55168	D8T	MB800413	MP2	7
MTTO.EQUIPOS RTA.HORARIA	OS67623	D8T	MB800642	MP2	7

kbarrantes, lcelorio, saguilar

06032023