



**Facultad de Ingeniería
Escuela de Construcción Civil**

**“Propuesta de renovación de maquinaria pesada en
función de la rentabilidad para una empresa del rubro de
movimiento de tierra”**

Por

Isaias Eliezer Inostroza Puebla.

Tesis para optar al Grado de Licenciado en Ciencias de la Construcción y al Título de
Ingeniero Constructor.

**Profesor guía Sr. Jorge Acevedo Bastías.
Diciembre, 2023**

Agradecimientos y dedicatorias

Quiero agradecer en primer lugar, a mi familia que me ha apoyado en todo este transcurso de la carrera, pasando muchas veces por momentos complicados, siempre estaban con una palabra de aliento.

Agradecer a mi profesor guía, que siempre estuvo a disposición de ayudarme para sacar adelante este proyecto de investigación.

Finalmente agradecer a cada uno de los profesores que en todo este trayecto nos guiaron y nos compartieron sus conocimientos y su experiencia.

Resumen

La presente propuesta de renovación de maquinaria pesada, tiene como objetivo proponer un periodo donde convenga realizar una renovación en base a las mantenciones de los equipos, para ello se analizarán con detalle lo que expone cada fabricante en base a las mantenciones preventivas, los aspectos técnicos de cada maquinaria, las funciones, las piezas relevantes de cada maquinaria, los precios de reventa según las horas de operación, para a si finalmente crear escenarios con el objetivo de evidenciar en base a porcentajes, donde se produce la mayor variación entre un periodo y otro.

La renovación de maquinaria pesada no solo tiene un impacto directo en la eficiencia operativa y los costos, sino que también es crucial para mantener la competitividad, cumplir con regulaciones, adoptar innovaciones tecnológicas y contribuir al desarrollo económico a nivel local y regional.

El estudio de esta propuesta se desarrollará para una empresa dedicada al rubro de movimiento de tierra, pero también, servirá para otras empresas que participan dentro del rubro de la construcción y que utilizan maquinaria pesada.

Este periodo de renovación está basado principalmente para la maquinaria utilizada en obras civiles y en jornadas normales de trabajo.

Abstract

The present proposal for the renewal of heavy machinery aims to propose a period where it is appropriate to carry out a renewal based on the maintenance of the equipment. To do this, what each manufacturer exposes will be analyzed in detail based on preventive maintenance, technical aspects. of each machinery, the functions, the relevant parts of each machinery, the resale prices according to the hours of operation, in order to finally create scenarios with the objective of showing, based on percentages, where the greatest variation occurs between a period and other.

The renewal of heavy machinery not only has a direct impact on operational efficiency and costs, but is also crucial to maintain competitiveness, comply with regulations, adopt technological innovations and contribute to economic development at the local and regional level.

The study of this proposal will be developed for a company dedicated to the earth moving sector, but it will also be useful for other companies that participate in the construction sector and that use heavy machinery.

This renewal period is based mainly on machinery used in civil works and normal work days.

Índice de contenido

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
ÍNDICE DE CONTENIDO	4
ÍNDICE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	8
ÍNDICE DE ECUACIONES.	9
INTRODUCCIÓN.....	10
.....	11
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES GENERALES.....	13
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.2 ESTADO DEL ARTE.....	14
1.3 OBJETIVOS	17
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	17
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	17
1.4 ALCANCES	18
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	19
2.1 GENERALIDADES	19
2.2 ¿QUÉ ES EL MOVIMIENTO DE TIERRA?	19
2.3 TIPOS DE MAQUINARIA EN ESTUDIO	20
2.3.1 <i>Excavadora</i>	20
Partes de la excavadora	21
Rendimiento de la excavadora	22
2.3.2 <i>Motoniveladora</i>	23
Partes de la motoniveladora	24
Rendimiento de la motoniveladora.....	25
2.4 MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA PESADA.....	25
2.4.1 <i>Objetivos básicos del mantenimiento</i>	26
2.4.2 <i>Mantenimiento preventivo</i>	26
Objetivos del mantenimiento preventivo	26
Ventajas operativas del mantenimiento preventivo.....	26
Ventajas económicas del mantenimiento preventivo	27
2.4.3 <i>Mantenimiento correctivo</i>	27
Ventajas operativas del mantenimiento correctivo	27
Desventajas operativas del mantenimiento correctivo	27
2.5 COSTO HORARIO DE MAQUINARIA PESADA	28
2.5.1 <i>Costos de posesión</i>	28
Valor de adquisición (VA)	28

Vida útil (VU)	28
Depreciación (D)	29
Interés (I)	30
Seguros	30
2.5.2 Costo de operación	31
Filtros y lubricantes	31
Elementos de desgaste	31
Repuestos de mantenimiento	31
Combustible para maquinaria pesada	31
2.1 ¿EN QUÉ CONSISTE UNA RENOVACIÓN DE MAQUINARIA?	32
2.7 VIDA ECONÓMICA	32
2.8 METODOLOGÍA	33
2.8.1 Etapa 1: Recopilación de datos primarios a través de fichas técnicas.	34
2.8.2 Etapa 2: Análisis de gráficos.	36
2.8.3 Etapa 3: creación de escenarios.	37
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	40
3.1 INFORMACIÓN GENERAL.....	40
Valores repuestos.....	40
Excavadora	40
Motoniveladora	41
Valor mecánico.....	41
Horas mininas de taller	42
3.2 EXCAVADORA.....	43
Etapa 1: Recolección de información.....	43
Aspectos técnicos	43
Tabla de periodicidad de las mantenciones según el fabricante.....	43
Periodicidad y costo de las mantenciones preventivas.....	45
Periodicidad y costos de las mantenciones correctivas.	48
Etapa 2: Análisis de información.	50
Etapa 3: Creación de escenarios.....	53
Valores de venta.	53
Creación de escenarios.....	57
Tabla de escenarios	57
3.3 MOTONIVELADORA.....	58
Etapa 1: Recolección de información.....	58
Aspectos técnicos.	58
Tabla de periodicidad de las mantenciones según el fabricante.....	58
Periodicidad y costos de las mantenciones preventivas.	60
Periodicidad y costos de las mantenciones correctivas.	63
Etapa 2: Análisis de información	65
Etapa 3: Creación de escenarios.....	69
Valor de venta de la motoniveladora.....	69
Creación de escenarios.....	73
Tabla de escenarios	73
Análisis de rendimiento.....	74

CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.....	75
FUTURAS INVESTIGACIONES	77
ANEXOS	78
REPUESTOS EXCAVADORA.....	78
REPUESTOS MOTONIVELADORA	80
BIBLIOGRAFÍA.....	81

Índice figuras.

FIGURA 1: REMODELACIÓN ESTADIO SAUSALITO (2013), BESALCO.....	11
FIGURA 2: CONJUNTO HABITACIONAL CLAROS DEL BOSQUE (2010), NOVATEC	11
FIGURA 3: MINA LO VALDÉS, CAJÓN DEL MAIPO, (2022), SANTIAGO.	12
FIGURA 4: EXCAVADORA HIDRÁULICA.	21
FIGURA 5: PARTES DE LA EXCAVADORA	22
FIGURA 6:MOTONIVELADORA.	23
FIGURA 7: PARTES DE UNA MOTONIVELADORA.	24
FIGURA 8: DIAGRAMA DE LA METODOLOGÍA EN ESTUDIO.....	38
FIGURA 9: GRAFICO DE MANTENCIONES PREVENTIVA DE LA EXCAVADORA.	50
FIGURA 10: GRAFICO DE MANTENCIONES CORRECTIVA DE LA EXCAVADORA.	51
FIGURA 11: GRAFICO DE MANTENCIONES ACUMULADAS DE LA EXCAVADORA.....	52
FIGURA 12: VALOR EXCAVADORA 5000 HORAS	54
FIGURA 13: VALOR EXCAVADORA 7500 HORAS	54
FIGURA 14: VALOR EXCAVADORA 10.000 HORAS	55
FIGURA 15: VALOR EXCAVADORA 11.320 HORAS	55
FIGURA 16: GRAFICO DE COSTOS ACUMULADOS DE MANTENCIONES VS VALORES DE VENTA.	56
FIGURA 17: GRAFICO DE MANTENCIONES PREVENTIVAS DE LA MOTONIVELADORA.....	66
FIGURA 18: GRAFICO DE MANTENCIONES CORRECTIVAS DE LA MOTONIVELADORA.	67
FIGURA 19: GRAFICO DE MANTENCIONES ACUMULADAS DE LA MOTONIVELADORA.	68
FIGURA 20: VALOR VENTA MOTONIVELADORA 6.000 HORAS.....	69
FIGURA 21: VALOR VENTA MOTONIVELADORA 8.500 HORAS.	70
FIGURA 22: VALOR VENTA MOTONIVELADORA 10.000 HORAS.	70
FIGURA 23: VALOR VENTA MOTONIVELADORA 12.000 HORAS.	71
FIGURA 24: VALOR VENTA MOTONIVELADORA 14.000 HORAS.	71
FIGURA 25: GRAFICO DE COSTOS ACUMULADOS DE MANTENCIONES VS VALORES DE VENTA	73

Índice de tablas.

TABLA 1: REGISTRO TÉCNICO DE LA MAQUINARIA	34
TABLA 2: REGISTRO DE MANTENCIONES PREVENTIVAS.	35
TABLA 3: REGISTRO DE COSTO Y PERIODICIDAD DE MANTENCIONES CORRECTIVAS.	36
TABLA 4: VALORES DE REPUESTOS DE LA EXCAVADORA.....	40
TABLA 5: VALORES DE REPUESTOS DE LA MOTONIVELADORA.....	41
TABLA 6: VALOR HORA MECÁNICO.	42
TABLA 7: HORAS DE MANTENCIÓN PREVENTIVA.	42
TABLA 8: ASPECTOS TÉCNICOS DE LA EXCAVADORA.....	43
TABLA 9: PERIODICIDAD DE LAS MANTENCIONES PREVENTIVAS DE LA EXCAVADORA.	44
TABLA 10: PLANILLA DE MANTENCIÓN PREVENTIVA.....	45
TABLA 11: REGISTRO DE MANTENCIONES PREVENTIVAS DE LA EXCAVADORA.	46
TABLA 12: REGISTRO DE MANTENCIONES CORRECTIVAS DE LA EXCAVADORA.....	48
TABLA 13: PIEZAS DE FALLO DE LA EXCAVADORA.	49
TABLA 14: RESUMEN DE VALORES DE VENTA DE LA EXCAVADORA.....	56
TABLA 15: ESCENARIOS DE LA EXCAVADORA.	57
TABLA 16: ASPECTOS TÉCNICOS DE LA MOTONIVELADORA.....	58
TABLA 17: PERIODICIDAD DE LAS MANTENCIONES PREVENTIVAS DE LA MOTONIVELADORA.....	59
TABLA 18: PLANILLA DE MANTENCIÓN PREVENTIVA.....	60
TABLA 19: REGISTRO DE MANTENCIONES PREVENTIVAS DE LA MOTONIVELADORA.	61
TABLA 20: REGISTRO DE MANTENCIONES CORRECTIVAS DE LA MOTONIVELADORA.....	63
TABLA 21: PIEZAS DE FALLO DE LA MOTONIVELADORA.	64
TABLA 22: RESUMEN DE VALORES DE VENTA DE LA MOTONIVELADORA.....	72
TABLA 23: ESCENARIOS DE LA MOTONIVELADORA.	73

Índice de ecuaciones.

ECUACIÓN 1: RENDIMIENTO EXCAVADORA.	22
ECUACIÓN 2: RENDIMIENTO MOTONIVELADORA.	25
ECUACIÓN 3: TIEMPO TOTAL DE PASADA MOTONIVELADORA.	25
ECUACIÓN 4: DEPRECIACIÓN ANUAL.	30
ECUACIÓN 5: COSTOS DE MANTENCIONES DE LA EXCAVADORA.	52
ECUACIÓN 6. COSTOS DE MANTENCIONES MOTONIVELADORA.	68

Introducción

La maquinaria pesada, es un tipo de maquinaria diseñada para realizar trabajos que el hombre por sí solo no puede realizar, es por ello que es primordial contar con maquinaria pesada en cualquier tipo de proyecto de construcción, con la finalidad de poder completar trabajos de manera eficaz, satisfaciendo las necesidades de cada proyecto.

Resulta de vital importancia conocer un periodo de renovación de maquinaria pesada, dado que, no saber cuándo renovar una maquinaria puede tener consecuencias significativas en términos de costos, eficiencia operativa, cumplimiento normativo y competitividad. La planificación estratégica y la evaluación continua de la vida útil y el rendimiento de la maquinaria son fundamentales para evitar estos problemas y garantizar el funcionamiento óptimo de una empresa.

El estudio de la propuesta se realizará con antecedentes e información obtenida de la empresa SOTRAIN Ltda., ésta es una empresa de tipo familiar y se clasifica como pequeña empresa. Desde el año 1998 se ha desarrollado dentro del rubro de movimiento de tierra, teniendo una gran trayectoria dentro de la industria de la construcción, colaborando en proyectos públicos, privados y mineros, es por ello que, para responder de manera eficiente a estos proyectos, es necesario que cuente con maquinaria en buen estado, que respondan a las solicitudes de cada proyecto. Este proyecto se realiza por el interés de conocer un periodo propicio para realizar una renovación de maquinaria pesada de acuerdo a las mantenciones. Cabe destacar que la empresa en estudio no cuenta con ningún tipo de orientación en relación a cuando realizar una renovación de la maquinaria.

Dentro del mercado de la construcción existen diferentes tipos de maquinaria, de diferentes marcas, capacidades y especificaciones. Cada maquinaria tiene sus funciones específicas y utilizándolas adecuadamente se pueden obtener rendimientos óptimos.

Se pretende que la maquinaria pesada de la empresa se encuentre siempre en óptimas condiciones de manera de minimizar costos asociados a:

- Reparaciones por mantenciones correctivas
- Interrupciones imprevistas de operación.

La finalidad de este proyecto es determinar el periodo propicio de renovación de maquinaria pesada, con la intención de maximizar la rentabilidad de la operación asociada al negocio de la empresa. Esto se realizará basándose en la propia experiencia y trayectoria que tiene la empresa con la maquinaria.

Para el desarrollo de la propuesta se procederá a realizar un registro actualizado de la maquinaria pesada con la que cuenta la empresa, con los registros de valorización, modalidad de adquisición, periodicidad y costos de las mantenciones preventivas y correctivas, para así una vez analizada la información proponer periodos de renovación según las horas de operación para cada una de las maquinarias en estudio.

La presente investigación, además del análisis de la información mencionada precedentemente, considera las recomendaciones de los fabricantes de cada maquinaria y la experiencia de cada uno de los operadores y mecánicos de la empresa.

A continuación, se presentan registros fotográficos, donde se evidencia la trayectoria de la empresa dentro de la industria de la construcción, participando en diferentes tipos de proyectos, tales como:



Figura 1: Remodelación estadio Sausalito (2013), BESALCO.

(Fuente: Elaboración propia,2023.)



Figura 2: Conjunto habitacional Claros del Bosque (2010), NOVATEC

(Fuente: Elaboración propia,2023.)



Figura 3: Mina lo Valdés, Cajón del Maipo, (2022), Santiago.

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

Capítulo I: Antecedentes generales

1.1 Planteamiento del problema

A nivel mundial, existen empresas que utilizan maquinaria pesada que colaboran en diferentes tipos de proyectos dentro de la industria de la construcción, facilitando el trabajo pesado y otorgando facilidad a la hora de completar trabajos de gran complejidad, sin embargo, a lo largo del tiempo la maquinaria se va depreciando, llegando a un punto en que se debiera evaluar la rentabilidad de la maquinaria asociada a las distintas actividades en las que se utiliza, debido a los costos que conlleva mantenerla, viéndose muchas veces en la obligación de tener que renovar la maquinaria.

Los costos de mantenimiento pueden tener un impacto significativo en la rentabilidad de una empresa, ya que afectan directamente los gastos operativos y la eficiencia de los activos.

La capacidad de una empresa para realizar un trabajo que esté relacionado con el rubro de movimiento de tierra está en función de la cantidad y calidad de los elementos y equipos con los que cuente, es por ello que es de vital importancia mantener la maquinaria en óptimas condiciones a la hora de enfrentar un proyecto, y para poder realizar aquello, es necesario poder cumplir con diferentes aspectos, tales como:

- Realizar las mantenciones como lo indica el fabricante.
- Contratar operadores capacitados.
- Entregar una rápida respuesta frente a una falla mecánica en terreno.

Toda maquinaria adquirida nueva con el paso del tiempo comienza a sufrir desgaste de sus piezas, de ahí que, si se pretende mantener la maquinaria en buenas condiciones, se requiere de un mantenimiento y una conservación que está ligado a un costo.

Sin embargo, aun cuando se consideren estos aspectos, es fundamental poder realizar la renovación de manera oportuna, es por ello que, según (Morales, 1987) *“La planeación financiera de una empresa que se va a dedicar a este de rubro, siempre comienza a partir de la inversión del equipo, ya que este elemento constituye la mayor inversión de capital a largo plazo”* (p.1).

Según (FILTERTEC, 2022), empresa especialista en mantenciones de maquinaria pesada, expone que, existen diversos factores propios del rubro en el que se desarrolla, que afectan a la productividad, entre ellos:

- El tipo material que se extrae.
- La experiencia del operador.
- La altura donde se está trabajando.
- Las mantenciones.

Todas las variables mencionadas anteriormente, influyen de manera directa en el desgaste o simplemente en acortar la vida útil de una maquinaria, es por ello que las empresas que cuentan con estos equipos deben tener un control de ello.

La empresa en la cual se hará el estudio cuenta con maquinaria que datan del año 2008 en adelante, las cuales en este último periodo de uso han presentado un aumento en los costos de mantenciones y reparaciones, por lo que se ve la necesidad de conocer, la oportunidad de realizar una renovación de manera de maximizar la rentabilidad de operación, según (Armando, 1974), afirma que, *“el desgaste por trabajo lleva a la unidad a un valor más bajo en el rendimiento de servicio aumentando costos de operación, costo de mantenimiento, o una combinación de ambos”*

Los dos tipos de maquinas que han presentado fallas y costos significativos, es la excavadora y la motoniveladora, generando problemas como, fugas hidráulicas, desgaste en las orugas o neumáticos, falla en los sistema de control, entre otros.

Tomando lo anterior en cuenta, la maquinaria y los equipos en general por el solo uso se van desgastando y desvalorando a lo largo del tiempo, es por eso que es necesario realizar una renovación a tiempo y tener un control en cuanto a las mantenciones de la maquinaria con la que se está trabajando.

1.2 Estado del arte

En la actualidad para llevar a cabo una obra de construcción, es necesario contar con maquinaria y equipo pesado, debido a que cuando se comienza a construir existen diversas actividades que el hombre por sí solo no puede hacer, según (IPESA, 2023) señala que la maquinaria pesada abarca un conjunto de máquinas especialmente diseñadas para realizar labores que la maquinaria común y corriente no puede realizar. Son de gran tamaño para ejecutar trabajo de mucho volumen o tareas donde sea necesario aplicar una fuerza considerable. Estas máquinas poseen gran versatilidad y actualmente no solo son utilizadas en construcción, sino también en minería, agricultura o en la industria de la demolición.

Un tema muy relevante que está ligado directamente con la maquinaria pesada es el mantenimiento, que actualmente se realiza para preservar la maquinaria funcionando de manera confiable y evitar el tiempo de inactividad no planificado, costoso y prematuro (Young, 2022). Según (Pereira, 2020) diseñador industrial, expone que *“actualmente no se conoce cuál será el costo de mantenimiento para maquinaria pesada, es posible estimarlo, pero esta tarea no es nada fácil”*.

El ítem de mantenimiento se ubica dentro de los costos de operación de la maquinaria, donde el 75% representa el costo de mantenimiento (FILTERTEC, 2019), con esta información se puede analizar que los costos de mantención tienen una importancia notable en los costos de operación, y por consiguiente en el valor hora de maquinaria.

Los costos de mantenimiento de maquinaria pesada tienen un impacto significativo en la rentabilidad de una empresa, afectando de diversas maneras, por ejemplo, gastos operativos elevados, gastos de seguridad y cumplimiento, entre otros.

Debido a que el costo de mantención representa un importante porcentaje dentro de los costos operaciones, es primordial que las empresas de movimiento de tierra puedan llevar un registro del número de mantenciones de la maquinaria y el costo asociado a ello, con la finalidad de tener un control cada vez que se realiza una mantención.

Actualmente en Chile, la venta de maquinaria nueva ha ido creciendo, y por sobre todo de procedencia China, de hecho, según (PRENSA, 2021), se han vendido más de 130 excavadoras entre el año 2020 y 2021 de marca SANY, y según (Giglio, 2021) gerente general de la marca, expone que: *“esperamos lograr un 8% a 10% de participación en el mercado y aumentar en un 300% las ventas en comparación al año anterior”*. Esta marca ha alcanzado altos niveles de venta de excavadoras, gracias a su bajo valor de adquisición en comparación a otras marcas.

En cuanto a la renovación de maquinaria, actualmente no existe un sistema o plan que pueda ayudar a las empresas de movimiento de tierra a realizar una renovación debidamente sustentada, de hecho, según (Pereira, 2020) expone que, *“no hay receta ni manual para realizar una renovación de equipo, si no que la toma de decisión de cuando renovar es un arte basado en la experiencia”* (p.1).

Por otra parte, en relación a los operadores de maquinaria pesada, según la (CChC, 2013) expone que, es primordial que los operadores de maquinaria pesada conozcan los equipos y hagan revisiones constantes de su estado, los protocolos de seguridad que se deben considerar y la importancia de que más allá de la práctica, también se haga una capacitación teórica sobre su uso con el objetivo de conocer procedimientos y dinámicas que estén en línea con la prevención de accidentes en el manejo de este tipo de vehículos.

A propósito de lo anteriormente expuesto, existen ciertas responsabilidades que son propias del operador de maquinaria pesada, ya que al ser el principal usuario es responsable también de preservar y mantener la maquinaria. A continuación, se presentan algunas actividades que un operador de maquinaria pesada debiese realizar antes y durante la jornada laboral:

- Conducir la maquinaria pesada que se le ha asignado para realizar las labores que se le encarguen de acuerdo al tipo de maquinaria.
- Mantener la maquinaria pesada en condiciones óptimas para su funcionamiento, realizando las actividades menores pertinentes que se le asigne.
- Llevar a cabo instrucciones diarias de la jefatura directa o plan de trabajo por períodos mayores de tiempo.
- Mantención de la bitácora diaria de la maquinaria a su cargo y registrando tipo de trabajo.
- Responsable de la limpieza y chequeo diario del hodómetro, combustible, nivel de aceites y mantenimiento de la maquinaria a su cargo.

- Conocer los procedimientos y reglas requeridos en caso de accidente.
- Siempre inspeccionar la zona de trabajo antes de empezar sus labores, especialmente al transitar cerca de excavaciones verificando los bordes.
- Otras responsabilidades asignadas por el Coordinador Técnico. (ONUDC, 2012).

En el presente, existen en general diversos métodos económicos que permiten el financiamiento a corto o largo plazo de una maquinaria, entre los métodos más usados según (DocuSing, 2022) están:

- **Préstamo a plazo:** Es un tipo de préstamo que permite pedir prestada a una entidad financiera cierta cantidad fija de dinero. Después de pedir el dinero, se debe pagar el préstamo a plazos durante un periodo de tiempo fijo, que el prestatario y el prestamista determinan cuando se obtiene el préstamo. Los pagos suelen ser mensuales, pero los plazos pueden variar. Cada pago se hace con una cuota dentro de cierto plazo, y por eso se le denomina “préstamo a plazos”
- **Leasing:** Sistema de financiamiento que consiste en un tipo de arriendo que permite pagar cierta cantidad de dinero para hacer uso de equipos como si fueran propios, por un tiempo determinado, sin asumir los costos que conlleva ser el propietario. Cuando se termina de pagar la última cuota el arrendatario tiene la opción de quedarse con el equipo pagando una suma de dinero o puede entregar la maquinaria sin ningún otro compromiso.

Estos mecanismos permiten financiar y adquirir una maquinaria, y resultan una buena opción a la hora de pretender adquirir una maquinaria, existen diversas entidades privadas o públicas que otorgan préstamos o prestan el servicio de leasing.

Según (Structuralia, 2018), expresa que existen diferentes tipos de maquinaria las cuales se utilizan para remover tierras, dentro de las maquinarias que se utilizan se pueden identificar 5 tipos, las cuales son:

- Excavadora
- Cargador
- retroexcavadora
- Motoniveladora
- Bulldozer

Todos estos equipos son primordiales para realizar movimiento de tierra y muy utilizados en proyectos de construcción de infraestructuras como carreteras, presas, edificios, proyectos de minería y muchas otras aplicaciones.

En el presente estudio solo se analizará la excavadora y motoniveladora, no obstante, la metodología a utilizar en este proyecto de investigación se puede utilizar para el resto de las máquinas mencionadas precedentemente.

En relación a la administración de contratos, según (Cárdenas, 2006) expone que, dentro de la industria de la construcción existen diferentes tipos de contratos, que se utilizan para realizar movimiento de tierras, dentro de lo más usados actualmente son:

- Por m³: El precio se establece por la cantidad de material extraído. En este tipo de contrato el contratista y el cliente llegan a un acuerdo por el precio de m³ y se detallan las actividades a realizar. En simples palabras el costo total se calcula multiplicando la cantidad de material extraído por el precio que se llegó a previo acuerdo.
- Geométrico: Este tipo de contrato el precio se establece por la cantidad cubicada previamente, es decir si en la práctica se extraen más o menos m³ de material, solo se pagará lo acordado.
- Por hora de trabajo: En este tipo de contrato, también se le conoce como “arriendo”, aquí se cobra por hora trabajada, es decir el precio va en función de la hora de trabajo, en general se arrienda con un mínimo de 8 horas, es decir, si se contrata para un trabajo de 4 horas, se deben pagar las 8 horas de igual forma. El precio de arriendo de maquinaria varía en función de la localidad, distancia, trabajo a realizar, entre otras variables, lo que quiere decir que no es un valor fijo, sino que es variable.

La elección del tipo de contrato depende de varios factores, como la complejidad del proyecto, la claridad del alcance, los riesgos involucrados y las preferencias de las partes involucradas. Es importante redactar un contrato claro y detallado que refleje los acuerdos y expectativas de todas las partes. Además, se recomienda la asesoría legal para garantizar que el contrato sea justo y equitativo para todas las partes involucradas.

Luego de analizar los distintos aspectos de las situaciones actuales en relación a la maquinaria pesada, se procede a plantear los objetivos de este trabajo, abordando la problemática actual.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar un periodo ideal de renovación oportuna de maquinaria pesada, con la finalidad de maximizar la rentabilidad para la empresa, de acuerdo a los costos y periodicidad de las mantenciones.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar los costos asociado a las mantenciones preventivas y su periodicidad para la maquinaria con la que cuenta la empresa.
- Determinar los costos asociados a las mantenciones correctivas y su periodicidad para la maquinaria con la que cuenta la empresa.

- Determinar causas asociadas a las mantenciones correctivas e identificar si éstas se relacionan con las horas totales de uso de la maquinaria.
- Analizar los costos de las mantenciones preventivas y correctivas en función de los años de operación y su valor residual.

1.4 Alcances

El alcance de esta investigación se limita a estudiar la maquinaria adquirida nueva con la que cuenta la empresa para realizar movimiento de tierra, los cuales son:

- Excavadora.
- Motoniveladora.

Para el desarrollo y creación de las planillas de este proyecto, se usará la herramienta Excel.

Tanto el desarrollo de este proyecto y los resultados finales, estarán expresados en la unidad Hora de maquinaria.

El estudio de esta propuesta está enfocado principalmente para la maquinaria utilizadas en obras civiles.

El estudio se hará en la empresa SOTRAIN Ltda., la cual se dedica especialmente al rubro de movimiento de tierras, participando de manera directa dentro de la industria de la construcción.

Los parámetros que se analizarán son: costos de mantención, valor residual y rendimiento.

Se realizará un análisis del parámetro de rendimiento, con la finalidad de tener una referencia, pero no se tomará en cuenta para la toma de decisión.

Capítulo II: Marco teórico

2.1 Generalidades

Este capítulo presenta la teoría fundamental que sustenta la investigación.

La renovación de equipos en una empresa de movimiento de tierra es fundamental ya que, la maquinaria pesada es el principal activo dentro del rubro y resulta necesario contar con la maquinaria en buenas condiciones a la hora de enfrentar un trabajo.

En primera instancia se presentarán las características técnicas y funciones de cada una de la maquinaria en estudio, para luego analizar los diferentes tipos de mantenimientos que se requiere para que el equipo permanezca en las mejores condiciones de trabajo.

Para lograr estas mejores condiciones de trabajo, no solo influyen las mantenciones, sino que también otras variables como, por ejemplo, condiciones ambientales idóneas, carga de trabajo adecuada, seguridad en el lugar de trabajo, acceso y espacio suficiente, supervisión y monitoreo, todas estas variables son esenciales cuando se piensa en las mejores condiciones de trabajo para una maquinaria pesada.

2.2 ¿Qué es el movimiento de tierra?

Se entiende por movimiento de tierras el conjunto de acciones a realizar en la preparación de un terreno para la ejecución de una obra.

La excavación es la acción relacionada al movimiento de tierra y se refiere a la separación o extracción de determinadas partes de dicho volumen, una vez superadas las fuerzas internas que lo mantenían unido: cohesión, adherencia, capilaridad, etc. El material removido producto de la excavación es depositado en un determinado medio de transporte. (CATERPILLAR, 2023)

Existen 3 tipos de excavaciones más comunes que se utilizan en una obra, las cuales son:

- Desmante
- Vaciado
- Terraplenado

El desmante consiste básicamente en mover volúmenes grandes de tierra sobre la rasante de la edificación, los trabajos que se realizan pueden ser en tierra o en roca.

El vaciado consiste en quitar la tierra que haya por debajo de la rasante del plano de arranque de la construcción.

El terraplenado, es una técnica de excavación que consiste en colocar tierra o material que se considere oportuno para que el terreno alcance el nivel necesario. (IDECONSA, 2018)

Otra función que está relacionada con la maquinaria de movimiento de tierra es levantamiento, y se refiere a cargar materiales y objetos con la finalidad de organizar los espacios que hay dentro de la obra.

2.3 Tipos de maquinaria en estudio

La maquinaria pesada está diseñada para llevar a cabo varias funciones; entre ellas, soltar y remover el suelo, elevar y cargar la tierra en vehículos que han de transportar o distribuir la tierra en capas de espesor controlado, y compactar el material. Algunas máquinas pueden efectuar más de una de estas operaciones. (CATERPILLAR, 2023)

La maquinaria de movimiento de tierra es un tipo de equipo empleado en la construcción de:

- Caminos (carreteras o caminos rurales)
- líneas de ferrocarriles
- Túneles
- Aeropuertos
- Obras hidráulicas
- Edificaciones

Al realizar trabajos de movimiento de tierra hay que considerar que la maquinaria que se utilice en este proceso sea la adecuada y este en buen estado, de tal manera de optimizar la productividad del trabajo asegurando la seguridad de quienes lleven a cabo esta labor.

A continuación, se procederá a presentar las especificaciones técnicas de cada una de la maquinaria en estudio.

2.3.1 Excavadora

La excavadora es una máquina capaz de girar 360°, montada sobre ruedas u orugas, realiza operaciones de excavación en las que eleva, gira y descarga materiales por la acción de una cuchara fijada a un conjunto de pluma y balancín o brazo, sin que la estructura portante se desplace. Esta máquina es empleada para excavación profunda, construir zanjas, cunetas, dragados de canales en los ríos, etc.

Cuando una excavadora no es autopropulsada, el sistema de elevación suele estar formado por una cadena de cangilones que llevan a cabo las diferentes operaciones sucesivamente sin interrupciones, como, por ejemplo: excavación, transporte y descarga. (Toapanta, 2009)



Figura 4: Excavadora hidráulica.

(Fuente: Elaboración propia, 2023.)

Partes de la excavadora

Toda excavadora consta de tres unidades bien definidas, las cuales son:

Infraestructura: Esta unidad está formada por la tornamesa y el sistema de rodado. La primera recibe el peso de la superestructura mediante un juego de rodillos que posee la corona interior, además, este elemento evita el cabeceo de la máquina.

Superestructura giratoria: Esta unidad estructural, va unida a la tornamesa a través de un piñón fijo a la superestructura. En el piso va ubicado el motor de traslación y los mecanismos destinados a efectuar los movimientos de la excavadora. En la parte delantera lleva una bisagra que sirve de pivote en donde se coloca la base del brazo y en la parte posterior se adiciona un contrapeso para lograr el equilibrio, tomando como valor para este un peso aproximado al 10% de la máquina.

Cucharón: Estos equipos poseen un cucharón de fondo fijo, con una capacidad normal variable entre 0,6 y 1,3 m³. Esta capacidad variara dependiendo del centro de gravedad que posea el equipo.

A continuación, se presentará un esquema, el cual ilustra las partes más relevantes de una excavadora.

Partes de la excavadora	
Ítems N°	Elemento
1	Motor de giro (Swing)
2	Motor de traslación izquierdo (Travel)
3	Motor de traslación derecho (Travel)
4	Pluma (Stick)
5	Cilindro de pluma (Stick)
6	Brazo (Boom)
7	Cilindro del brazo (Boom)
8	Cucharon (Bucket)
9	Cilindro del cucharón (Bucket)
10	Cabina del operador
11	Motor
12	Radiador / enfriador de aceite
13	Contrapeso
14	Bomba hidráulica
15	Bomba piloto
16	Válvula de alivio
17	Filtro hidráulico
18	Tanque hidráulico
19	Depósito de combustible
20	Zapatas
21	Rueda guía
22	Rodillos inferiores
23	Resorte tensor
24	Repartidor (Swivel)
25	Grupo de válvulas

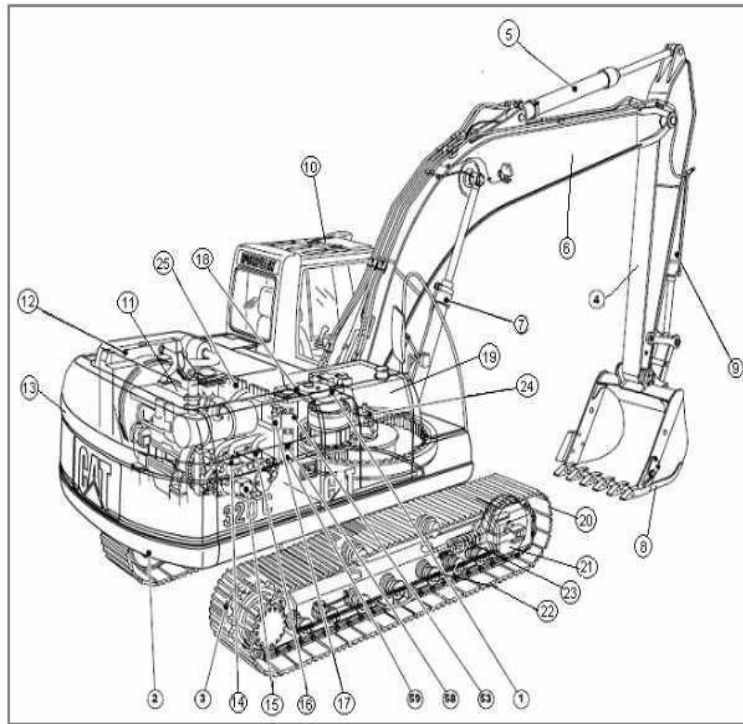


Figura 5: partes de la excavadora

(Fuente: Humberto, 2017.)

Rendimiento de la excavadora

En la actualidad existen diferentes tipos de excavadoras, las que se diferencian ya sea por la capacidad del cucharón, la potencia del motor, sistema hidráulico, entre otras.

A pesar de las diferencias mencionadas anteriormente, existen ciertos factores que se deben tener en cuenta a la hora de calcular el rendimiento los cuales son:

- Tipo de material
- Profundidad real del corte
- Angulo de giro
- Dimensión del equipo frontal
- Eficiencia del operador
- Condiciones del equipo y obra
- Capacidad del vehículo

Teniendo en cuenta lo anterior, la siguiente ecuación permite calcular el rendimiento de cualquier tipo de excavadora.

$$R: \frac{3600 * Q * f * E * K}{Cm}$$

Ecuación 1: Rendimiento excavadora.

(Fuente: Merma, 2020.)

Donde:

3600 = Numero de segundos en una hora

Q = Capacidad del cucharon (m³).

F = Factor de conversión de los suelos.

E= Eficiencia de la pala.

K = Factor de eficiencia del cucharon.

Cm = Tiempo que dura el ciclo de trabajo en segundos (s).

Una vez visto todos los aspectos técnicos en relación a la excavadora, se presentara la segunda maquinaria en estudio.

2.3.2 Motoniveladora

La motoniveladora es una máquina autopropulsada utilizada para dar un acabado perfecto a la operación de extendido o nivelación, moviendo pequeñas cantidades de tierra a poca distancia, también se utiliza para perfilar taludes tanto de rellenos como de cortes. (Toapanta, 2009)

Se compone de un tractor de seis ruedas que lleva un largo bastidor, en el que articula el elemento principal de la máquina llamada hoja niveladora, el dispositivo bajo el que va montada la hoja se denomina círculo o torna mesa, el mismo que permite una serie de movimientos de gran precisión.



Figura 6:motoniveladora.

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

Partes de la motoniveladora

Toda motoniveladora consta de dos unidades bien definidas, las cuales son:

Cuchilla: Es la hoja metálica ubicada en la parte central e inferior del equipo, cuya función es la de limpiar, perfilar el terreno y acordonar el material de un movimiento de tierra. También, posicionándola al costado del equipo, permite afinar superficialmente los taludes de laderas de cerro.

Desgarrador: Consiste en un juego de dientes utilizados para romper superficies muy duras, facilitando la penetración de la cuchilla. Se levanta y descende con un paro de manillas ubicadas sobre los extremos de un eje transversal que es accionado desde la caja de control.

A continuación, se presentará una imagen, la cual ilustra las partes más relevantes de una motoniveladora.

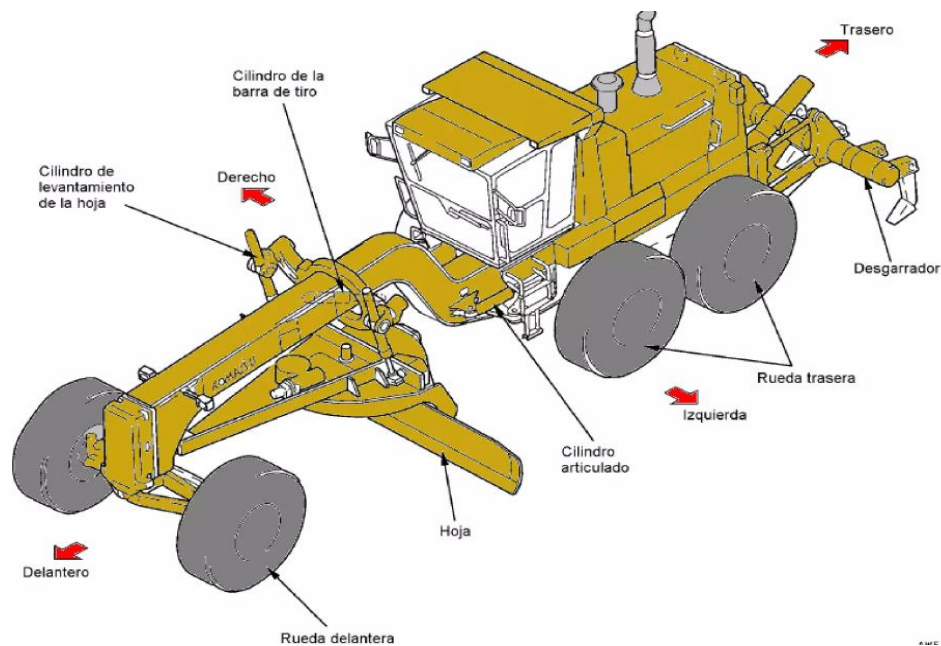


Figura 7: Partes de una motoniveladora.

(Fuente: ESMAQ,2018.)

Rendimiento de la motoniveladora

La siguiente formula permite calcular el rendimiento para cualquier motoniveladora.

$$R: \frac{D * a}{t}$$

Ecuación 2: Rendimiento motoniveladora.

(Fuente: Merma, 2020.)

Donde t es el tiempo total de cada pasada, es decir dependiendo del número de pasadas se debe calcular el tiempo total para cada pasada del equipo.

$$t: \frac{P * D}{S1 * E} + \frac{P * D}{S2 * E} + \frac{P * D}{S3 * E}$$

Ecuación 3: tiempo total de pasada motoniveladora.

(Fuente: Merma, 2020.)

Donde:

P = Número de pasadas requerido.

D = Distancia recorrida en cada pasada.

S = Velocidad de la motoniveladora.

E = Factor de eficiencia de la niveladora.

a = Ancho de la calzada más bermas.

t = Tiempo total.

luego de exponer cada una de las características técnicas y características básicas de los tipos de máquinas en estudio, se procederá a detallar los tipos de mantenimiento que se le realizan a la maquinaria en general.

2.4 Mantenimiento de maquinaria pesada

Se entiende por mantenimiento aquella función empresarial la que establece: el conjunto de los trabajos de reparación y revisión necesarios, a fin de asegurar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de la maquinaria, de los servicios y equipos del establecimiento. (Toapanta, 2009).

El mantenimiento de maquinaria pesada no es otra cosa que la conservación y cuidados que las mismas requieren para evitar en lo posible averías imprevistas y en caso de existir, reparar éstas con la mayor eficiencia.

2.4.1 Objetivos básicos del mantenimiento

Cualquiera que sea la metodología que se emplee para solventar esta actividad imprescindible, ella debe estar orientada a lograr tres objetivos básicos:

- Disminuir al máximo posible los tiempos de paralización de la Producción.
- Aumentar la vida útil de los equipos e instalaciones.
- Disminuir el costo de Producción.

2.4.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es el que indica el fabricante para cada maquinaria. En él se requiere la realización de algunas actividades con cierta frecuencia, como los cambios de filtros y aceite, el engrase de la maquinaria, etc. Se trata de reparar las cosas antes de que se presenten posibles averías. (Toapanta, 2009).

Objetivos del mantenimiento preventivo

Los objetivos del mantenimiento preventivo se pueden sintetizar en la consecución de tres logros de fundamental importancia y de vital necesidad para una buena economía empresarial en el área de mantenimiento:

1. Máximo ofrecimiento actividad - funcionamiento máquina productiva, con máxima eficiencia funcional, alta confiabilidad operativa y elevado grado de seguridad industrial.
2. Reducción al máximo del desgaste o deterioro de los equipos de producción, preservando el capital invertido en dichos medios.
3. Ejecución de las dos funciones anteriores de la manera más económica posible con la máxima eficiencia del servicio.

Ventajas operativas del mantenimiento preventivo

Las Ventajas Operativas que se derivan de la aplicación del Sistema de Mantenimiento Preventivo, son:

- Reducción del número de averías en servicio.
- Reducción consecuente de emergencia por rotura.
- Mayor disponibilidad de actividad máquina.
- Mayor índice de confiabilidad en servicio.
- Mayor grado de calidad de la producción.

- Reducción de horas extras del personal de Mantenimiento.
- Reducción de los materiales requeridos y tiempo – tareas correctivas vs tiempos tareas preventivas.
- Ampliación del límite de vida útil de los equipos.
- Eliminación de la necesidad del equipo de reserva.
- Logro de una programación estable de trabajos de Mantenimiento.
- Armonía en la relación con el área de Producción.

Ventajas económicas del mantenimiento preventivo

Las Ventajas Económicas del Mantenimiento Preventivo se derivan en gran medida de las Ventajas Operativas antes señaladas:

- Reducción del lucro cesante.
- Reducción de inversiones para renovación del equipo productivo.
- Reducción del costo de reparaciones en mano de obra y materiales.
- Reducción de costos de producción.

En conclusión, el mantenimiento preventivo hace que la maquinaria sea más confiable durante su trabajo, es por ello que es primordial realizar los mantenimientos tal como lo indica el fabricante, con la finalidad de prevenir una futura falla mecánica.

2.4.3 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo lo que hace es corregir fallos que ya se han detectado. Es un mantenimiento que tiene lugar cuando nos encontramos elementos desgastados, que llegan al final de su vida útil, o con averías. Este sistema se basa en la improvisación y representa el más alto costo para la industria. (Toapanta, 2009).

Ventajas operativas del mantenimiento correctivo

- No requiere de una Organización Técnica muy Especializada.
- No exige una Programación Previa detallada.

Desventajas operativas del mantenimiento correctivo

- La disponibilidad de los equipos es incierta.
- Lleva paralizaciones en extremo costosas y prolongadas.
- El costo extra de materiales, repuestos y mano de obra, que puede ser el resultado de una avería imprevista la que podría haberse evitado con un poco de atención.
- Molestias causadas al trabajador, el cual, tendrá que abandonar su labor sin haberla terminado, por fallas imprevistas.
- Riesgos del Personal de mantenimiento.

En resumen, el mantenimiento correctivo se realiza cuando se presentan fallas durante la ejecución de la maquinaria, generalmente la causa de estas fallas se debe a fallas mecánicas, pero también puede ser debido a fallas del operador, como por ejemplo una mala maniobra, entonces la maquinaria debe ser reparada.

2.5 Costo horario de maquinaria pesada

El costo horario de maquinaria pesada es la cantidad de dinero necesaria que permita adquirirla y operarla, es decir; hacerla funcionar, realizar los trabajos para lo cual fue adquirida, mantenerla en buen estado de conservación antes, durante y después de su uso. (ANGELMENDIZABALA, 2023).

El costo horario se compone de 2 parámetros fundamentales, los cuales son:

Costos de posesión:

- Depreciación.
- Intereses.
- Seguros.
- Impuestos.

Costos de operación:

- Filtros y lubricantes.
- Elementos de desgaste.
- Repuestos de mantenimientos.
- Consumo de combustible.

Por lo tanto, el costo horario final de la maquinaria queda expresado en la siguiente formula:

$$\text{Costo horario} = \text{Costo de posesión} + \text{Costo de operación}$$

2.5.1 Costos de posesión

Se refiere a la inversión que se tiene que realizar para poder obtener la maquinaria, a continuación, se describirán los conceptos básicos para determinar el costo horario de posesión.

Valor de adquisición (VA)

Es el valor que se obtiene de las diferentes cotizaciones solicitados a los proveedores que venden las maquinarias, este costo depende del valor de mercado.

Vida útil (VU)

La vida útil es el periodo durante el cual se espera que un activo cumpla su función original de manera efectiva y segura, es por ello que resulta interesante conocer la vida útil referente que tiene cada maquinaria en estudio.

Con el paso del tiempo, es normal que los equipos necesiten cada vez más mantenimiento y, eventualmente, una renovación completa. A veces, esto es suficiente para garantizar la funcionalidad e incluso puede ser más económico que comprar equipos nuevos. Por otro lado, los equipos funcionales que se estropean con frecuencia pueden no ser fiables.

Ciclo de vida

Para entender de mejor manera la vida útil de una maquinaria, resulta necesario describir el ciclo de vida que tiene una maquinaria, el cual se divide en 4 fases distintas:

Planificación → Adquisición → Operación y Mantenimiento → Eliminación

La planificación es la fase en la que nos damos cuenta de que existe una necesidad y nos planteamos la compra.

La segunda fase es absolutamente pragmática. Antes de tomar una decisión, comparamos varios proveedores, calculamos el ROI (retorno de inversión) de cada opción, evaluamos el capital disponible y discutimos las características necesarias con el proveedor elegido.

En la fase de operación y mantenimiento el equipo está en uso y tiene un impacto positivo en el rendimiento operativo y los beneficios de la empresa. Requiere monitorización y mantenimiento, cuya necesidad aumenta con el tiempo.

Al final de su vida y dependiendo de si hablamos de su vida útil o de la pérdida total de funcionalidad puede, venderse, reformarse o reciclarse. En la actualidad lo más probable que el “final” nunca sea un final definitivo. (INFRASPEAK, 2022).

Valor residual (VR)

Llamado también valor de rescate, recuperación o salvataje y se define como el valor comercial de reventa al final de vida útil.

Depreciación (D)

La depreciación es el mecanismo mediante el cual se reconoce el desgaste que sufre un bien por el uso que se haga de él. Cuando una maquinaria es utilizada para generar ingresos, esta sufre un desgaste normal durante su vida útil que al final lo lleva a ser inutilizable.

Desde el punto de vista contable, la expresión depreciación es apropiada para reflejar la pérdida de valor de los activos materiales (también llamados bienes de uso).

Al utilizar un activo fijo este con el tiempo se hace necesario remplazarlo, lo que sin duda genera una derogación, la que no puede ser cargada a los ingresos del periodo en que se remplace el activo, puesto que ese activo generó ingresos y significó un gasto en más de un periodo, por lo que mediante la depreciación se distribuye en varios periodos el gasto inherente al uso de la maquinaria, de esta forma solo se imputan a los ingresos los gastos en que efectivamente se incurrieron para generarlo en sus respectivos periodos.

Método línea recta

Para calcular la depreciación de un equipo existen diferentes métodos de depreciación, pero el más utilizado en las empresas es el método de línea recta ya que es el más sencillo de calcular. Considera que el activo se desgasta de forma uniforme durante su uso, sin importar qué tanto uso tenga, y el resultado muestra el gasto anual de depreciación.

Para calcularlo, se necesita saber el tiempo de vida útil del activo, su valor residual (el valor que tendrá el activo al terminar su vida útil) y el valor del activo para implementar su fórmula.

la siguiente ecuación permite calcular la depreciación de maquinaria con el método de línea recta:

$$\text{Depreciación anual: } \frac{(VA) - (VR)}{(VU)}$$

Ecuación 4: Depreciación Anual.

(Fuente: INACAP, 2017.)

Donde:

(VA) = Valor de adquisición.

(VR) = Valor residual.

(VU)= Vida útil (años).

La depreciación se registra como un gasto en el estado de resultados de la empresa, disminuyendo a si su utilidad neta. Al mismo tiempo, el valor contable del activo disminuye en el balance general.

Interés (I)

El interés es el costo hora que se tiene que pagar por el financiamiento alcanzado. Los intereses están calculados de acuerdo a los procedimientos financieros de cuota fija.

Seguros

Es considerado de la tasa anual que debe pagar el propietario a una empresa de seguros para proteger la maquinaria de todo riesgo. Por lo general para maquinaria pesada,

se considera un porcentaje para los seguros de alrededor de un 0,5%-0,9% del valor de adquisición.

2.5.2 Costo de operación

Por último, se tiene los costos de operación, que sencillamente son todos costos derivados por el uso y consumo de materiales, bienes y servicios en favor del desempeño del de equipo. (ANGELMENDIZABALA, 2023)

A continuación, se describirán los conceptos básicos para determinar el costo horario de operación:

Filtros y lubricantes

El método más rápido para el cálculo de los filtros y lubricantes es tomar los datos del manual del fabricante, donde indicará la cantidad de lubricantes y filtros que correspondan a cada parte de la maquinaria. Una vez obtenido los datos se debe cotizar con los fabricantes que vende cada uno de los productos solicitados. Esta etapa hace referencia al mantenimiento preventivo.

Elementos de desgaste

Son aquellos repuestos sujetos a desgaste rápido, podemos hacer referencia a las uñas, cantoneras, cuchillas, etc. La duración de estas piezas depende básicamente del terreno donde está trabajando la maquinaria.

Repuestos de mantenimiento

Esta etapa considera todos los costos para mantener en buen estado de conservación y utilización de la maquinaria, son todos los costos en materiales y repuestos que se utilizan en los equipos. Esta fase corresponde básicamente al mantenimiento correctivo.

Combustible para maquinaria pesada

Este punto hace referencia al consumo de combustible que tiene la maquinaria para que pueda funcionar de manera segura y sin interrupciones. la siguiente fórmula matemática permite calcular el consumo de combustible que tendrá una maquinaria:

Costo total de combustible: (Cantidad de combustible en 1 hr) x (precio por litro de combustible)

La cantidad de combustible que consume una máquina depende directamente del tipo y capacidad del motor, cada fabricante entrega este dato en relación a cada maquinaria.

2.1 ¿En qué consiste una renovación de maquinaria?

La renovación es la acción que se lleva a cabo con el objetivo de sustituir una máquina (o parte de ella) por otra nueva. La acción de renovación se fundamenta en que la máquina nueva posee mayor capacidad, eleva la calidad y disminuye los costos de operación, por lo cual promete un mayor retorno sobre la inversión. (Rodríguez, 1998).

La idea de renovación surge como resultado de la aparición de un fenómeno: el envejecimiento. Éste ocasiona una inferioridad de servicio de la máquina que se traduce en una pérdida de dinero; pues se produce (vende) menos y además por estar utilizando una máquina que no incorpora los últimos adelantos de la ciencia y la técnica. La acción de renovación de una máquina no debe ser indiscriminada. Se debe determinar el momento óptimo de efectuarla; pues existe un momento en el cual se comienza no ya a perder ventas, sino que se generan pérdidas. (Rodríguez, 1998).

Debe ser una preocupación constante de las empresas definir el momento exacto de renovación (duración óptima) y no esperar el momento en que ya son inevitables las pérdidas. En muchas ocasiones se ha determinado la necesidad de renovación como resultado de un envejecimiento manifiesto y por criterios totalmente intuitivos.

La toma de decisión en la renovación requiere por supuesto también evaluar criterios cualitativos. Hay máquinas que no requieren cálculos, se hace su renovación por problemas de prestigio e imagen, se sustituyen cuando ya no prestan el servicio con la calidad deseada.

La renovación de maquinaria no solo incluye, por tanto, una actualización del equipo, sino un análisis de las zonas objeto de la mejora, de manera que la misma implique alcanzar el nivel de seguridad necesario.

2.7 Vida económica

La vida económica de una maquinaria es el intervalo o periodo de tiempo en que se minimiza o mantienen los costos totales anuales referente a la maquinaria, o por otra parte es el periodo donde se maximizan las ganancias que la maquinaria pueda generar.

Esta vida económica también se refiere a la vida de más bajo costo o el intervalo óptimo de reemplazo. *“Si el futuro se pudiese predecir con certeza, sería posible pensar en la vida económica de una maquinaria en el momento de su compra, entonces el análisis se simplificaría”*. (Armando, 1974).(p.7).

La vida económica es válida como un intervalo de reemplazo solamente bajo las suposiciones restrictivas de que todos los reemplazos futuros serán iguales.

Actualmente la decisión de renovar una maquinaria no se hace en el momento de comprarlo, si no resulta luego de la consideración de los factores que existen poco tiempo antes del reemplazo.

Para el desarrollo de este trabajo de investigación se hablará de vida económica, al periodo donde la maquinaria se desarrolla sin presentar gastos elevados a mantenciones y con pocas fallas mecánicas, por ende, es rentable dentro de este periodo contar con la maquinaria.

2.8 Metodología

La metodología que se empleará para abordar el presente estudio contemplará el desarrollo de una serie de etapas o subetapas para poder cumplir cada objetivo específico mencionado, a fin de poder establecer un periodo de renovación en relación a las mantenciones de la maquinaria.

Este proyecto de investigación hace referencia a una técnica de investigación cuantitativa y cualitativa ya que recopila datos fidedignos en cuanto a costo y periodicidad de las mantenciones que se realizan en la empresa en estudio, para a si luego poder analizarlos.

En primer lugar, se requiere de una evaluación de los costos y periodicidad de las mantenciones de la maquinaria en estudio. Sin duda uno de los factores que más inciden en los márgenes de una empresa que cuenta con maquinaria pesada, son los costos de las mantenciones, ya que su mala gestión puede generar cuantiosas pérdidas, a lo que se debe sumar los inconvenientes que genera un mal servicio. Para hacer un análisis que permita a las empresas constructoras que cuentan con maquinaria pesada realizar una renovación, se debe utilizar una variable común. Para este caso se ha definido las horas de operación de equipo, las que consideran el tiempo que la maquinaria esta encendida.

Para esta evaluación, se han considerado los costos de mano de obra interna, la empresa posee un control de gestión que permite cuantificar y segregar, las horas de trabajo realizada por tarea de mantención.

Los costos de mantención derivan de procesos rutinarios de revisiones que se realizan a la maquinaria al acumular un cierto número de horas de operación, para este caso los costos de las mantenciones se analizaran por año, es decir el costo anual esta dado por la cantidad de veces que se realizan las mantenciones en 1 año.

Para el caso de mantención y reparación se consideran los insumos, partes y repuestos de los sistemas agrupados en las siguientes clasificaciones:

- Sistemas hidráulicos: asociados a componentes de levante de carga.
- Sistemas de tracción: permiten el desplazamiento de la maquinaria.
- Estructura y chasis: soporte estructural del resto de los sistemas.
- Aceites y lubricantes: insumo requerido para su normal funcionamiento.

La maquinaria en general, poseen diferentes vidas útiles, es por ello que, actualmente los manuales de los fabricantes y los libros técnicos estiman la vida útil en horas de las diferentes maquinarias, dando como referencia lo siguiente:

- Maquinaria pequeña: 6.000 horas de trabajo
- Maquinaria pesada línea amarilla (excavadoras, tractores, rodillos, minicargador): 12.000 horas de trabajo
- Maquinaria línea blanca (motoniveladoras): 14.000 horas de trabajo

Lo señalado anteriormente supone 2.400 horas de trabajo al año, esto representa que la maquina trabaja 300 días al año, un mes de 25 días y un día de 8 horas, con un rendimiento de 80% y 20% para realizar mantenimiento correctivo y preventivo correcto, lo que se ajusta a la realidad.

Para ello el método propuesto en este proyecto consiste en el desarrollo de 3 etapas.

2.8.1 Etapa 1: Recopilación de datos primarios a través de fichas técnicas.

En esta fase se basa principalmente en recopilar información a través de la experiencia de primera mano, y también de los fabricantes de cada quinaria, para ello se usará como instrumento la utilización de fichas de registro como, por ejemplo, la ficha técnica de cada una de la maquinaria en estudio, tipos de mantenciones y los costos asociados a ello. Las fichas técnicas son documentos que describen las principales características de un elemento, aportando información detallada sobre los aspectos del mismo. A continuación, se mostrarán las fichas de registros que se utilizarán en esta investigación.

Tabla 1: Registro técnico de la maquinaria

REGISTRO DE MAQUINARIA	
Tipo De Maquinaria:	Imagen De Referencia
Modelo:	
Año De Adquisición:	
Nombre Operador:	
Capacidad Cucharon:	
Peso Neto:	
Rendimiento:	
Potencia Motor:	
Profundidad De Excavación:	
Vida Útil:	

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

Con esta tabla, se recogerán los datos iniciales de la maquinaria, ya sea el tipo de maquinaria que es, año de adquisición y aspectos técnicos propio del equipo.

La siguiente Tabla de registro, hace referencia a las mantenciones preventivas por cada hora de recambio.

Tabla 2: Registro de mantenciones preventivas.

REGISTRO DE MANTENCIONES PREVENTIVAS		
Modelo:		
Patente:		
Peso Neto:		
Año De Registro:		
Mantención Preventiva		
Ítems		Precio \$
Motor		
Cambio De Aceite Filtro		\$ -
Cambio De Filtro De Petróleo		\$ -
Cambio Filtro De Aire		\$ -
Sistema De Enfriamiento		
Cambio Liquido Anticongelante		\$ -
Sistema De Combustible		
Cambio De Filtro De Petróleo		\$ -
Sistema Hidráulico		
Cambio De Aceite Hidráulico		\$ -
Sistema Eléctrico		
Cambio Soporte Batería		\$ -
Cambio Batería		\$ -
Mano De Obra		
Mecánico		\$ -
	Total	\$ -
	Costo Total De Mantención	\$ -

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

Estos ítems fueron extraídos de cada fabricante, los cuales exigen lo mínimo para poder realizar una mantención preventiva. Con esta tabla se puede obtener un panorama de los gastos que se realizaron en mantenciones preventivas, dando un total por año, entonces se puede analizar el resultado desde que se adquirió la maquinaria hasta la actualidad, arrojando los costos por cada mantención.

Basándose en lo anteriormente expuesto, la siguiente tabla tiene como finalidad registrar las mantenciones correctivas, a lo largo del uso de la maquinaria, con el objetivo de poder reflejar los costos y periodicidad de las mantenciones correctivas.

Tabla 3: Registro de costo y periodicidad de mantenciones correctivas.

REGISTRO DE MANTENCIONES CORRECTIVAS		
Modelo:		
Patente:		
Peso Neto:		
Año De Registro:		
Mantenición Correctiva		
Sistema De Fallo		
Ítems		
Motor		
Sistema De Enfriamiento		
Sistema De Combustible		
Sistema Hidráulico		
Sistema Eléctrico		
Otro		
Descripción Del Fallo		
Piezas De Cambio	Cantidad	Precio
		\$ -
		\$ -
Mano De Obra		
Mecánico		\$ -
	Total	\$ -

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

Con estas fichas de registro se puede recopilar los datos y obtener un enfoque de lo que sucede con las mantenciones cada año, tanto el número de veces como el costo asociado a cada mantención.

Para la obtención de estos datos, se recopilarán todos los registros o report que existen en la empresa, y también se realizaran cotizaciones directamente con los fabricantes para obtener el costo asociado a cada repuesto ordenando los registros por año, de cada una de las mantenciones. Es primordial que una empresa que cuenta con maquinaria pesada tenga estos registros.

2.8.2 Etapa 2: Análisis de gráficos.

Con los datos que arrojarán las fichas anteriores, se deberán realizar los gráficos correspondientes para cada situación.

Con estos datos graficados, se procederá a realizar un análisis con las técnicas y datos que entrega un gráfico de la variación de las mantenciones entre un año y otro. Esto permitirá

tener un panorama de las mantenciones cada año, de que se adquiere la maquinaria hasta el tiempo actual.

Algunos datos importantes que entregan estos gráficos, y que son los más relevantes dentro de cualquier análisis de gráficos, son los siguientes:

- Ecuación de la recta: Representa básicamente la pendiente de la recta, y con ella se pueden realizar proyecciones de los datos en estudio.
- Coeficiente de correlación: Es una medida que cuantifica la intensidad de la relación entre las dos variables. Si el coeficiente es cercano a 1, quiere decir que las variables se correlacionan directamente la una con la otra.

De los gráficos se pueden observar los peak en cuanto a costo para así poder evaluar los puntos donde es interesante poder realizar una renovación.

2.8.3 Etapa 3: creación de escenarios.

Con el panorama de los costos ya realizados, se tomarán estos puntos para la creación de escenarios, y analizar en relación a las horas de trabajo, donde es ideal realizar una renovación.

Con los costos anuales de mantenciones se puede analizar si la maquinaria resulta conveniente contar con ella, entonces se crearán escenarios de acuerdo a las horas de trabajo, con la finalidad de realizar un análisis comparando el valor de los costos acumulados de las mantenciones con otros indicadores, para cada escenario propuesto. También resulta importante poder analizar el rendimiento del equipo a lo largo del periodo de uso, donde se tomará la experiencia de la empresa en relación a los equipos en estudio.

En resumen, se analizará si es rentable contar con la maquinaria tras el paso de horas de trabajo y como varían todos los parámetros anteriormente expuestos, para así, proponer un periodo donde sea conveniente realizar una renovación. Según (Rodriguez, 1998), afirma que *“La renovación a tiempo resulta más económica, que la realización de las acciones de mantenimiento, que durante la vida útil de una máquina deben ocurrir”*.

A continuación, se presenta un esquema que resume las 3 etapas, las cuales evidencian como se llevara a cabo este proyecto.

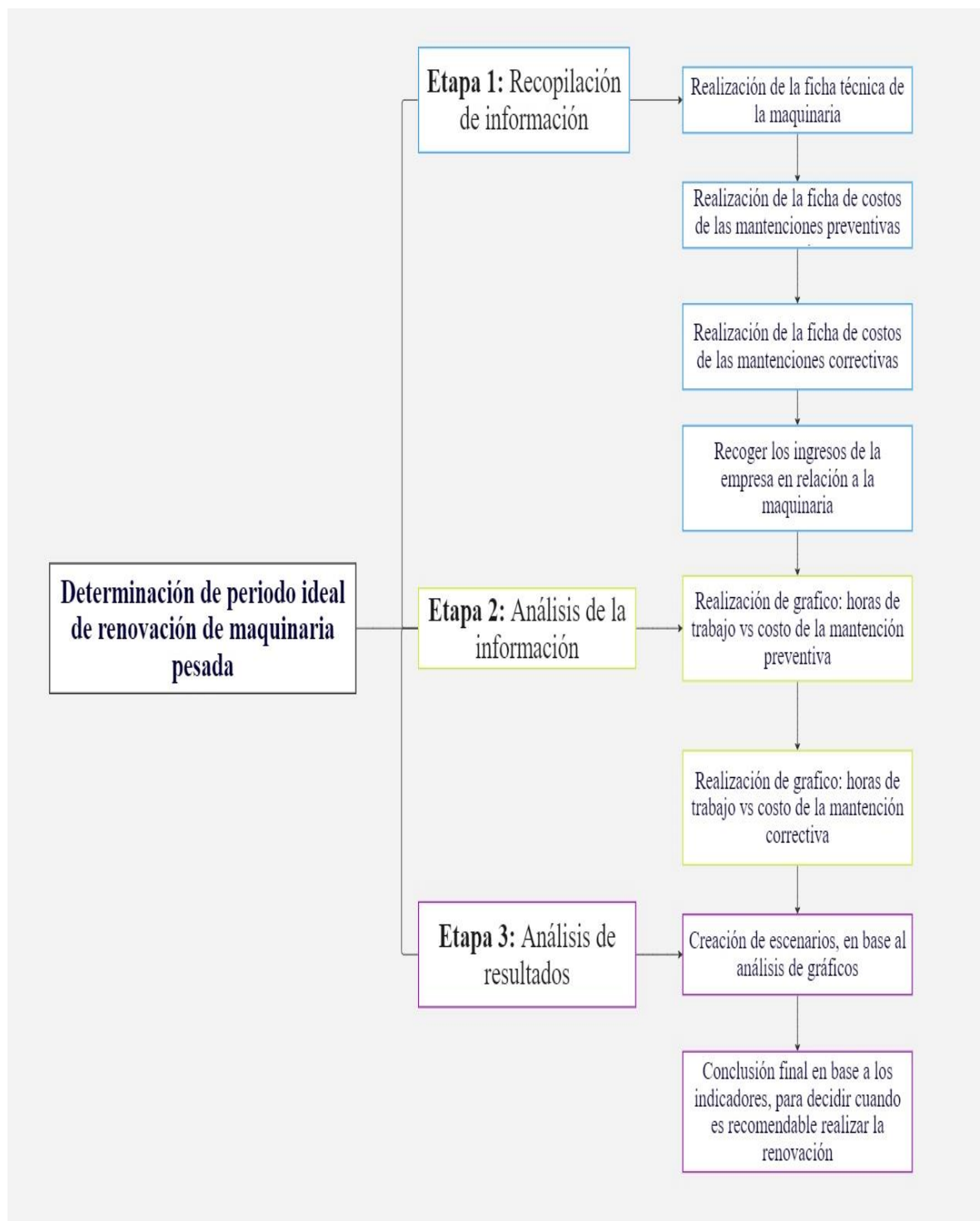


Figura 8: Diagrama de la metodología en estudio

(Fuente: Elaboración propia, 2023.)

Con estas etapas y todo lo anteriormente expuesto, se pretende cumplir con cada uno de los objetivos de este proyecto, desde la recopilación de cada uno de los datos técnicos

como también los costos y periodicidad de las mantenciones preventivas y correctivas, para finalmente poder analizar que está sucediendo con la maquinaria y poder estudiar el comportamiento que tienen estas a lo largo de su uso.

Finalmente tomando como ejemplo este estudio se puede llegar a un análisis final para poder predecir un periodo oportuno de renovación para cada tipo de maquinaria en estudio.

Capítulo III: Resultados.

Una vez definida la metodología de trabajo se presentarán los primeros resultados de este proyecto de investigación, basándose en la metodología propuesta.

3.1 Información general.

Antes que nada, se mostrará la información general correspondiente a ambas maquinas, como lo son:

- Valor de repuestos
- Valor mecánico
- Horas mínimas de taller para una mantención

Valores repuestos

Los valores que se muestran a continuación fueron obtenidos luego de revisar las cotizaciones que se hicieron por la empresa, esto, es con la finalidad de mostrar todo el panorama completo de los costos de los repuestos.

Excavadora

Tabla 4: Valores de repuestos de la excavadora.

COSTOS DE REPUESTOS DE LA EXCAVADORA EN PESOS CHILENOS									
ITEM	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018	AÑO 2019	AÑO 2020	AÑO 2021	AÑO 2022	AÑO 2023
Filtro Aceite	\$ 27.761	\$ 28.197	\$ 28.571	\$ 29.890	\$ 30.697	\$ 31.522	\$ 33.605	\$ 38.072	\$ 39.178
Aceite Motor 25L	\$ 85.030	\$ 86.365	\$ 87.511	\$ 91.553	\$ 94.024	\$ 96.551	\$ 102.932	\$ 116.612	\$ 120.000
Kit Filtro De Aire	\$ 124.485	\$ 126.440	\$ 128.118	\$ 134.035	\$ 137.653	\$ 141.354	\$ 150.694	\$ 170.723	\$ 175.683
Liquido Anticongelante 25L	\$ 59.896	\$ 60.837	\$ 61.644	\$ 64.491	\$ 66.232	\$ 68.012	\$ 72.507	\$ 82.144	\$ 84.530
Kit Filtro Petroleo	\$ 57.943	\$ 58.853	\$ 59.633	\$ 62.388	\$ 64.072	\$ 65.794	\$ 70.142	\$ 79.464	\$ 81.773
Aciete hidraulico 150 l	\$ 331.732	\$ 336.941	\$ 341.412	\$ 357.182	\$ 366.822	\$ 376.683	\$ 401.575	\$ 454.948	\$ 468.165
Kit Filtro Hidraulico	\$ 89.281	\$ 90.683	\$ 91.886	\$ 96.130	\$ 98.725	\$ 101.379	\$ 108.078	\$ 122.443	\$ 126.000
Diente	\$ 33.609	\$ 34.137	\$ 34.590	\$ 36.188	\$ 37.164	\$ 38.164	\$ 40.685	\$ 46.093	\$ 47.432
Filtro Aire Acondicionado	\$ 36.676	\$ 37.252	\$ 37.746	\$ 39.490	\$ 40.556	\$ 41.646	\$ 44.398	\$ 50.299	\$ 51.760
Maquianria De Giro 8L TO30	\$ 19.166	\$ 19.467	\$ 19.726	\$ 20.637	\$ 21.194	\$ 21.763	\$ 23.202	\$ 26.285	\$ 27.049
PTO 1L TO30	\$ 2.396	\$ 2.433	\$ 2.466	\$ 2.579	\$ 2.649	\$ 2.720	\$ 2.900	\$ 3.286	\$ 3.381
Mando final 1l TO30	\$ 26.354	\$ 26.768	\$ 27.123	\$ 28.376	\$ 29.142	\$ 29.925	\$ 31.903	\$ 36.143	\$ 37.193
Bateria	\$ 89.281	\$ 90.683	\$ 91.886	\$ 96.130	\$ 98.725	\$ 101.379	\$ 108.078	\$ 122.443	\$ 126.000
Soporte Bateria	\$ 3.748	\$ 3.807	\$ 3.858	\$ 4.036	\$ 4.145	\$ 4.256	\$ 4.538	\$ 5.141	\$ 5.290
Correa Alternador	\$ 73.157	\$ 74.305	\$ 75.291	\$ 78.769	\$ 80.895	\$ 83.070	\$ 88.559	\$ 100.329	\$ 103.244

(Fuente: KOMATSU CUMMINS,2023.)

Motoniveladora

Tabla 5: Valores de repuestos de la motoniveladora.

COSTOS DE REPUESTOS DE LA MOTONIVELADORA EN PESOS CHILENOS									
ITEM	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018	AÑO 2019	AÑO 2020	AÑO 2021	AÑO 2022	AÑO 2023
Filtro Aceite Motor	\$ 17.622	\$ 17.899	\$ 18.137	\$ 18.974	\$ 19.486	\$ 20.010	\$ 21.333	\$ 24.168	\$ 24.870
Aceite Motor 25L	\$ 85.030	\$ 86.365	\$ 87.511	\$ 91.553	\$ 94.024	\$ 96.551	\$ 102.932	\$ 116.612	\$ 120.000
Kit Filtro De Aire	\$ 109.446	\$ 111.164	\$ 112.639	\$ 117.842	\$ 121.023	\$ 124.276	\$ 132.488	\$ 150.097	\$ 154.458
Líquido Anticongelante 25L	\$ 59.896	\$ 60.837	\$ 61.644	\$ 64.491	\$ 66.232	\$ 68.012	\$ 72.507	\$ 82.144	\$ 84.530
Kit Filtro Petróleo	\$ 84.517	\$ 85.844	\$ 86.983	\$ 91.001	\$ 93.457	\$ 95.970	\$ 102.311	\$ 115.910	\$ 119.277
Aciete hidráulico 150 l	\$ 331.732	\$ 336.941	\$ 341.412	\$ 357.182	\$ 366.822	\$ 376.683	\$ 401.575	\$ 454.948	\$ 468.165
kit filtro Hidráulico	\$ 89.281	\$ 90.683	\$ 91.886	\$ 96.130	\$ 98.725	\$ 101.379	\$ 108.078	\$ 122.443	\$ 77.348
Cuchilla	\$ 204.780	\$ 207.995	\$ 210.755	\$ 220.489	\$ 226.441	\$ 232.528	\$ 247.894	\$ 280.841	\$ 289.000
Correa Alternador	\$ 66.626	\$ 67.673	\$ 68.570	\$ 71.738	\$ 73.674	\$ 75.654	\$ 80.654	\$ 91.373	\$ 94.028
Empaquetadura Tapa Valvula	\$ 39.724	\$ 40.347	\$ 40.883	\$ 42.771	\$ 43.926	\$ 45.106	\$ 48.087	\$ 54.478	\$ 56.061
Correa Ventilador	\$ 90.827	\$ 92.253	\$ 93.477	\$ 97.795	\$ 100.435	\$ 103.135	\$ 109.950	\$ 124.563	\$ 128.182
Filtro Aire Acondicionado	\$ 36.187	\$ 36.755	\$ 37.243	\$ 38.963	\$ 40.015	\$ 41.091	\$ 43.806	\$ 49.628	\$ 51.070
Bateria	\$ 89.281	\$ 90.683	\$ 91.886	\$ 96.130	\$ 98.725	\$ 101.379	\$ 108.078	\$ 122.443	\$ 126.000
Soprote Bateria	\$ 3.748	\$ 3.807	\$ 3.858	\$ 4.036	\$ 4.145	\$ 4.256	\$ 4.538	\$ 5.141	\$ 5.290
Maquinaria De Giro	\$ 19.166	\$ 19.467	\$ 19.726	\$ 20.637	\$ 21.194	\$ 21.763	\$ 23.202	\$ 26.285	\$ 27.049
Mando Final 11 l	\$ 26.354	\$ 26.768	\$ 27.123	\$ 28.376	\$ 29.142	\$ 29.925	\$ 31.903	\$ 36.143	\$ 37.193

(Fuente: SALFA CORP, 2023.)

Estas tablas nos indican los valores de cada repuesto a lo largo del tiempo, de que se adquirieron los equipos, hasta la fecha actual, es importante notar que en este último periodo de tiempo los costos de los repuestos han aumentado casi al doble en comparación al año de adquisición del equipo, esta variación en los precios de los repuestos está directamente relacionados con el mercado nacional, más específicamente por el índice de IPC (índice precio al consumidor), que lo que hace es indicar la variación en porcentaje de precios mensualmente.

En relación a esto, los valores de los repuestos son los mismos que si lo hubiese realizado por una concesionaria de maquinaria ya que la empresa compra los repuestos a la misma concesionaria.

Valor mecánico

Otro punto importante es el costo mecánico, el cual, es la persona encargada de realizar las mantenciones a los equipos, por ende, es esencial conocer el valor de este, a continuación, se presentarán los valores que se obtienen dependiendo del lugar o zona donde se encuentre.

Tabla 6: Valor hora mecánico.

MOP	IV REGION	CENTRAL
HH TALLER - TERRENO NORMAL	\$36.000	\$ 43.500
HH TALLER - TERRENO EXTRA	\$54.000	\$ 65.000
HH VIAJE - VIAJE EXTRA	\$36.000	\$ 21.500
KILOMETRAJE	\$500	\$ 500
VALOR VIATICO NORMAL	\$21.000	NO APLICA
TOT (INCLUYE ALOJAMIENTO)	35%	20%

(Fuente: KOMATSU CUMMINS,2023.)

Suponiendo un valor terreno normal dentro de la región da un costo de **\$43.500**, este valor fue obtenido directamente del concesionario.

Horas mininas de taller

Existen ciertas actividades que, según el fabricante, se realizan para cualquiera maquinaria, a continuación, podemos ver cuáles son las actividades que son propias de un servicio en taller.

Tabla 7: Horas de mantención preventiva.

MODELO	DESCARGA	LAVADO	RECEPCION	RECEIVING	BALDE HOJA	RIPPER / EQUIPO DE TRABAJO	CABINA	CARGA	TOTAL PRE ENTREGA	ENTREGA TECNICA	MP250	MP500	MP1000
PC300	1	1,5	1,5	3	3			1	11	3,5	5	4	7
PC300	1	1,5	1,5	3	3			1	11	3,5	5	4	7

(Fuente: KOMATSU CUMMINS,2023.)

Esta tabla se sectoriza por horas mínimas que se deben tener en taller para cada maquinaria según sea el tipo de mantención preventiva es la cantidad de horas que se dejara en el taller, por ejemplo, para una mantención preventiva de 250 horas se requiere de un mínimo de 5 horas, pudiendo ser que en la práctica sea menos el tiempo, pero como regla interna, se debe respetar lo que dice la concesión donde se realizara la mantención.

Luego de conocer la información general perteneciente a amabas maquinas, a continuación, se expondrán los resultados por cada maquinaria. La primera maquinaria en estudio es la siguiente:

3.2Excavadora

Etapa 1: Recolección de información.

En esta fase se expondrán todos los datos obtenidos por parte de la empresa, proveedores, entre otros. En primer lugar, el equipo a evaluar es una excavadora, a continuación, se mostrarán algunos detalles técnicos.

Aspectos técnicos

Tabla 8: Aspectos técnicos de la excavadora.

REGISTRO DE MAQUINARIA		
Tipo de maquinaria: Excavadora		
Modelo: PC 300		
Año De Adquisición: 2015		
Horas Actuales De Trabajo: 11.293 hrs		
Capacidad Cucharón: 2,0 M3		
Peso Neto: 30.000 KG		
Rendimiento: 80m3/hr		
Potencia Motor: 246 HP		
Profundidad De Excavación: 10.550m		
Vida Util Referente: 12.000hrs		
Consumo Combustible: 20 litros/hr		
Valor De Compra (2015): 222.500 USD + IVA		
Valor De venta actual (2023): 71.864 USD		
	IMAGEN DE REFERENCIA	HOROMETRO 11.293 Hrs

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

En el recuadro anterior se puede observar la maquina en estudio y las características técnicas que tiene la maquinaria como, por ejemplo, rendimiento, peso neto, horas de trabajo, capacidad del balde, entre otros, es primordial tener estas características presentes, ya que, ayudara a tomar la mejor decisión a la hora de pretender adquirir una maquinaria, para un proyecto en específico.

Tabla de periodicidad de las mantenciones según el fabricante.

Una vez descritos los aspectos técnicos de la excavadora, se presentará la ficha que indica la periodicidad de cada una de las mantenciones preventivas, es importante reiterar que las mantenciones preventivas presentan una serie de piezas de recambio propuestos por el propio fabricante.

Cabe de destacar que las mantenciones que se realizaron por parte de la empresa, fueron realizadas siguiendo las instrucciones que establece el fabricante, a continuación, se muestra la tabla de ítem y periodicidad de las mantenciones.

Tabla 9: Periodicidad de las mantenciones preventivas de la excavadora.

PC300LC-10M0 & BALDE																	
Item	Descripción	QTY	PN	Intervalo de reemplazo													
				250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	4000	5000
Filtros	Aceite de motor	1	6742-01-4540	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Prefiltros combustible	1	600-319-3610	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Combustible	1	600-319-3750	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Filtro refrigerante	1	600-411-5110													x	
	Cabina exterior	1	17M-911-3530	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Cabina interior	1	2A5-979-1551	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Aire	1	600-185-5100	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Aceite Hidráulico	1	207-60-71183								x				x		x
Correas	Correa alternador	1	6732-61-3871								x				x		x
	Correa de A/C	1	04120-21747								x				x		
Aceites	Motor	25 L	(15W40DH 1)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Maquinaria de giro	8 L	(TO30)				x				x					x	x
	PTO	1 L	(TO30)				x				x					x	x
	Mando Final	11 L	(TO30)				x				x					x	x
	Hidraulico	150 L	(TO30-11E)														x
	Refrigerante	25 L	(AF-NAC)													x	

(Fuente: KOMATSU CUMMINS,2023.)

Este recuadro muestra los ítems mínimos que se deben considerar a la hora de hacer una mantención preventiva a la maquinaria en estudio. Esta tabla se divide en 3 ítems, los cuales son:

- Filtros
- Correas
- Aceites

Estos ítems, luego se dividen en una serie de repuestos, que corresponden a cada sección, especificando las horas de recambio.

Las celdas en blanco significan que no se debe realizar el recambio de ese repuesto en específico, para el intervalo de reemplazo correspondiente.

Cabe destacar que, el recambio de las 250 horas, es constante, esto quiere decir que cada 250 horas, siempre se le realizan esos ítems de cambio de acuerdo a la **tabla nº9**, y luego de las 5000 hrs de trabajo se vuelve a repetir las mantenciones partiendo por la primera.

Periodicidad y costo de las mantenciones preventivas.

Teniendo claro el panorama de los costos de repuestos y los ítems de cambio, se analizará las mantenciones hechas por la empresa, cabe decir que, si bien existen variaciones en cuanto a la fecha de realización, estos son mínimos y se ajustan a las holguras que recomienda el fabricante, por ende, se ajusta muy bien a la realidad la cual expone el fabricante.

A continuación, se expone cada mantención realizada por la empresa, esto incluye las horas de realización, los ítems de recambio, costo de los repuestos, valor mecánico. A continuación, se verá un ejemplo de las cartillas que se crearon para recoger toda esa información de cada mantención.

Tabla 10: Planilla de mantención preventiva.

REGISTRO DE MANTENCIONES PREVENTIVAS		
Modelo:	KOMATSU PC 300	
Patente:	BYFL18-8	
Horas De Registro:	265	
Fecha De Registro:	28-01-2015	
Numero De Registro	1	
Mantención Preventiva		
Ítems	PRECIO \$	
Motor		
Aceite De Motor 25L	\$	85.030
Filtro De Aceite	\$	27.761
Kit Filtro De Aire	\$	82.724
Correa Alternador		
Sistema De Enfriamiento		
Cambio Liquido Anticongelante 25L		
Sistema De Combustible		
Kit Filtro De Petróleo	\$	57.943
Sistema Hidráulico		
Cambio De Aceite Hidráulico 150 L		
kit Filtro Hidraulico		
Otros		
Filtro Aire Acondicionado	\$	36.676
Maquianria De Giro final T030 8L	\$	-
PTO 1L	\$	-
Mando Final 11L	\$	-
	\$	-
Mano De Obra		
Mecánico	\$	217.500
	Costo Total hr (x)	\$ 507.633

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

En esta tabla resumen, están todas las mantenciones realizadas por la empresa en la excavadora, cumpliendo fielmente lo que dice el fabricante, de esta tabla podemos extraer la periodicidad y el costo de las mantenciones preventivas.

Tabla 11: Registro de mantenciones preventivas de la excavadora.

NUM	Fecha de realización	HRS Mantención	Costo Total preventivo
1	28-01-2015	265	\$ 507.633
2	25-05-2015	498	\$ 507.633
3	29-07-2015	753	\$ 507.633
4	16-09-2015	986	\$ 507.633
5	27-10-2015	1123	\$ 592.030
6	01-12-2015	1326	\$ 507.633
7	22-01-2016	1556	\$ 512.189
8	20-03-2016	1789	\$ 512.189
9	12-04-2016	1993	\$ 511.613
10	26-05-2016	2156	\$ 516.305
11	28-07-2016	2301	\$ 512.189
12	10-08-2016	2526	\$ 849.130
13	04-12-2016	2758	\$ 512.189
14	30-01-2017	2995	\$ 512.189
15	02-03-2017	3102	\$ 516.099
16	28-04-2017	3356	\$ 516.099
17	02-06-2017	3589	\$ 516.099

18	16-01-2018	3801	\$ 529.891
19	28-02-2018	4006	\$ 620.762
20	05-03-2018	4258	\$ 529.891
21	19-04-2018	4596	\$ 529.891
22	25-05-2018	4754	\$ 529.891
23	28-06-2018	4965	\$ 529.891
24	02-03-2019	5126	\$ 1.064.701
25	29-06-2019	5360	\$ 538.323
26	26-05-2019	5612	\$ 538.323
27	05-08-2019	5820	\$ 538.323
28	25-09-2019	6101	\$ 550.752
29	29-10-2019	6350	\$ 538.323
30	14-12-2019	6601	\$ 538.323
31	28-01-2020	6841	\$ 546.947
32	04-03-2020	7060	\$ 559.710
33	24-04-2020	7298	\$ 546.947
34	29-05-2020	7546	\$ 923.630
35	05-07-2020	7740	\$ 546.947
36	19-08-2020	7996	\$ 546.947
37	25-09-2020	8236	\$ 559.710
38	02-11-2020	8485	\$ 546.947
39	08-12-2020	8744	\$ 546.947
40	09-01-2021	8990	\$ 568.717

41	29-02-2021	9223	\$ 582.324
42	28-03-2021	9562	\$ 568.717
43	04-05-2021	9802	\$ 568.717
44	02-06-2021	10003	\$ 1.100.804
45	25-07-2021	10150	\$ 568.717
46	28-09-2021	10350	\$ 568.717
47	06-02-2022	10598	\$ 615.397
48	07-03-2022	10769	\$ 615.397
49	12-04-2022	10865	\$ 615.397
50	25-05-2022	11002	\$ 1.131.761
51	25-06-2022	11256	\$ 615.397

(Fuente: SOTRAIN Ltda,2023.)

La Tabla anteriormente expuesta presenta un resumen de las mantenciones realizadas por la empresa, se realizaron 51 mantenciones preventivas, de que se obtuvo la maquinaria hasta la fecha.

Periodicidad y costos de las mantenciones correctivas.

Luego de analizar las mantenciones preventivas, es hora de ver las mantenciones correctivas

Tabla 12: Registro de mantenciones correctivas de la excavadora.

NUM	Fecha de realización	HRS Mantención Correctiva	Costo Total
1	12-08-2018	4168	\$ 414.949
2	10-05-2019	5124	\$ 244.490
3	05-06-2020	7590	\$ 312.502
4	12-01-2021	8994	\$ 433.656

5	05-06-2021	9423	\$ 244.490
6	16-07-2021	9654	\$ 4.779.500
7	16-09-2021	10165	\$ 470.500
8	05-02-2022	10560	\$482.500
9	04-03-2022	10652	\$ 314.174
10	10-04-2022	44624	\$ 4.767.500
11	22-05-2022	11001	\$ 259.150
12	20-06-2022	11129	\$ 339.950
13	26-07-2022	11164	\$ 2.567.500

(Fuente: SOTRAIN Ltda,2023.)

Se registran un total de 13 mantenciones correctivas, a lo largo de todo el periodo de uso.

A continuación, se presenta el detalle de las piezas de recambio en relación a las mantenciones correctivas.

Tabla 13: Piezas de fallo de la excavadora.

NUM	Fecha de realización	HRS Mantención Correctiva	Costo Total	Pieza de fallo
1	12-08-2018	4168	\$ 414.949	Diente
2	10-05-2019	5124	\$ 244.490	Manguera Hidráulica
3	05-06-2020	7590	\$ 312.502	Manguera Anticongelante
4	12-01-2021	8994	\$ 433.656	Batería
5	05-06-2021	9423	\$ 244.490	Manguera Hidráulica
6	16-07-2021	9654	\$ 4.779.500	Cadenas
7	16-09-2021	10165	\$ 470.500	Vidrio de la cabina

8	05-02-2022	10560	\$ 482.500	Vidrio de la puerta
9	04-03-2022	10652	\$ 314.174	Sellos Hidráulicos
10	10-04-2022	44624	\$ 4.767.500	Botella Hidráulica del brazo
11	22-05-2022	11001	\$ 259.150	Cantoneras de balde
12	20-06-2022	11129	\$ 339.950	Biela del balde
13	26-07-2022	11164	\$ 2.567.500	Botella Hidráulica del balde

(Fuente: SOTRAIN Ltda,2023.)

Luego de ilustrar, y tener un panorama completo de los costos de las mantenciones, se procederá a realizar los gráficos respectivos de cada mantención.

Etapa 2: Análisis de información.

Para esta etapa, se analizarán gráficamente todos los datos obtenidos anteriormente, en primer lugar se analizarán las mantenciones preventivas.

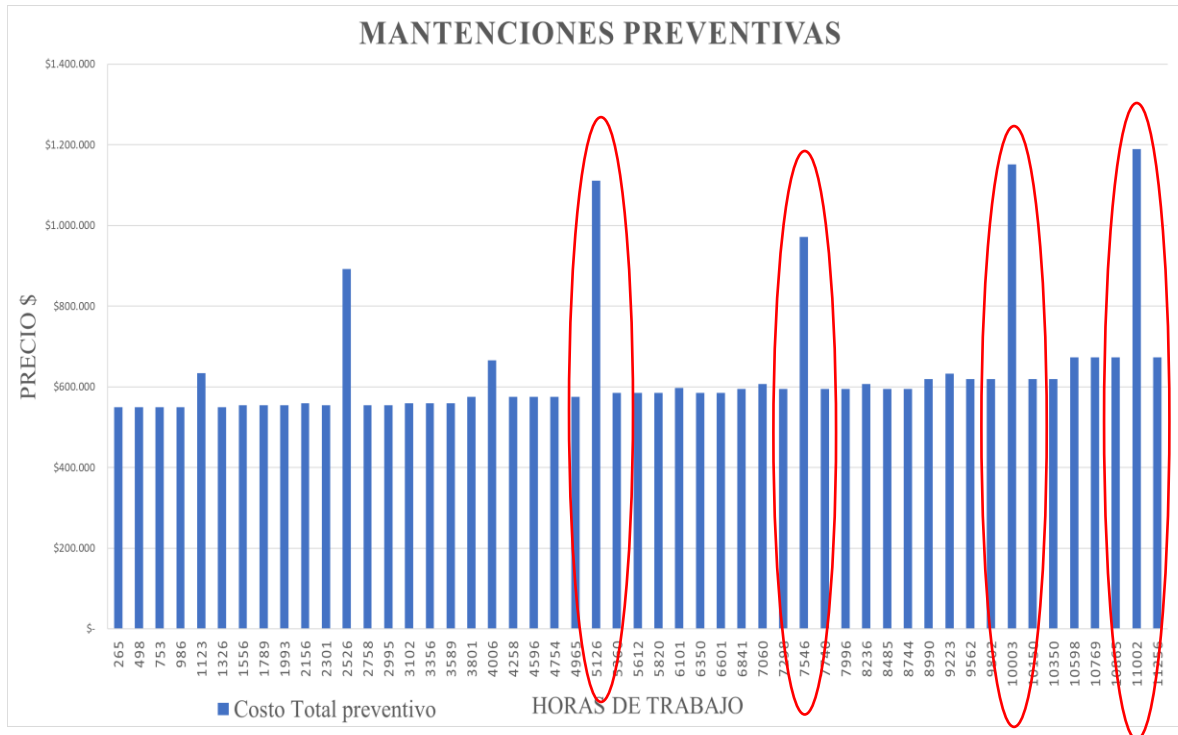


Figura 9: Gráfico de mantenciones preventiva de la excavadora.

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

Como se puede analizar, a las horas 5.000, 10.000 y 11.000, se presentan una elevación en los costos, esta alza se debe a que en esos periodos se produce un mayor cambio de repuestos que en otras mantenciones y es tal como lo indica el fabricante.

También se puede observar que a comienzo de la hora 10.000 los costos de mantención son más elevados. Es por esto que resulta interesante analizar estos periodos suponiendo una renovación en estos 3 periodos.

El siguiente grafico ilustra de manera grafica mente lo que sucede con las mantenciones correctivas a lo largo del periodo de uso.

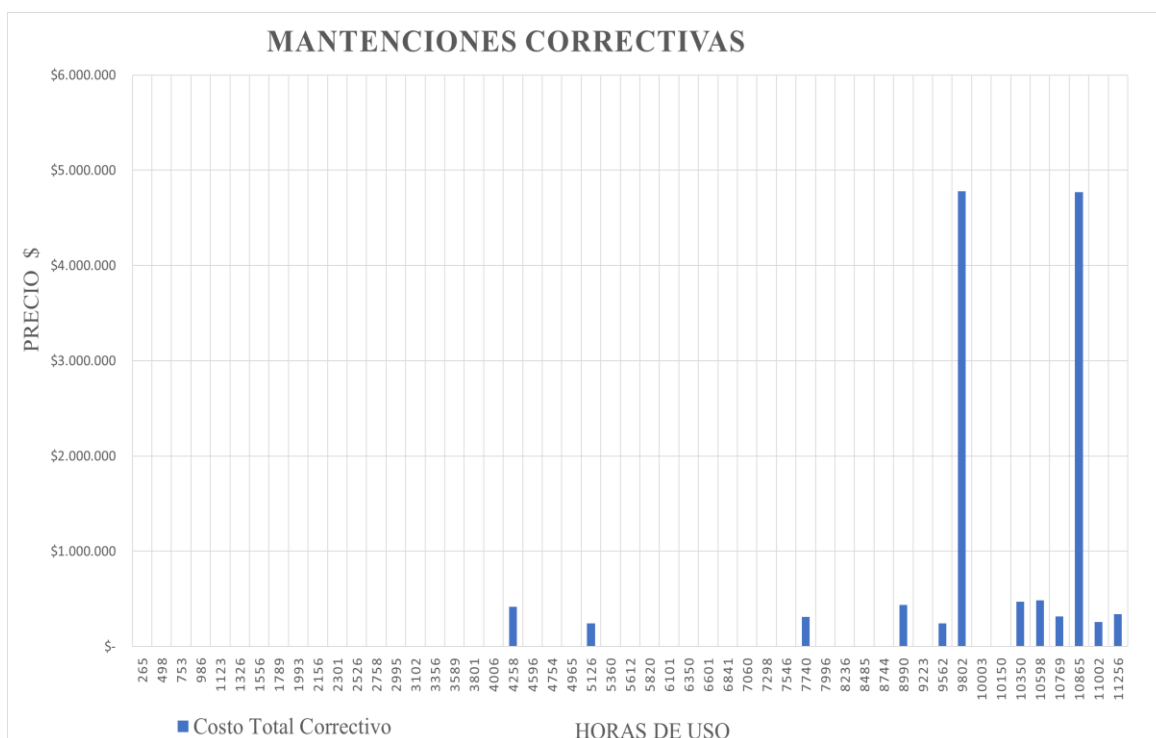


Figura 10: Grafico de mantenciones correctiva de la excavadora.

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

Este grafico representa las mantenciones correctivas, como podemos ver en un comienzo el costo de las mantenciones es bajo, esto quiere decir que la maquinaria tuvo pocas fallas en terreno, esto puede ser por diversas causas como tipo de suelo, experiencia del operador, condiciones del entorno, tipo de obra, etc. Todos estos factores se evaluarán al final y se relacionarán directamente con el rendimiento de la excavadora.

A continuación, se mostrará el grafico de los costos acumulados de ambas mantenciones que se le realizaron a la excavadora.



Figura 11: Grafico de mantenciones acumuladas de la excavadora.

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

La flecha de color azul, representa el momento de mayor variación de los costos según la gráfica.

De este grafico podemos ver que, en un comienzo de las horas de trabajo, el costo acumulado es menor, se mantiene creciente hasta llegar a las 10.000 horas de trabajo, donde se puede ver un aumento notable en ese periodo, es importante analizar qué ocurriría en ese momento para realizar una renovación.

Para hacer una proyección de los costos se proyectó la curva polinómica la cual arroja la siguiente ecuación:

$$y = 11238x^2 + 216429x + 2 * 10^6$$

$$R^2 = 0,9843$$

Ecuación 5: Costos de mantenciones de la excavadora.

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

Con esta ecuación es posible hacer una proyección de los costos en cuanto al tiempo que se requiera, donde:

x= Numero de la mantención.

y= Costo de la mantención.

Como se puede reflejar, el coeficiente de correlación es cercano a 1 positivo, lo que quiere decir que, cuando la variable “horas de trabajo” aumenta, la variable “costo total” también lo hace, comportándose en este caso de manera exponencial, y si se proyecta a futuro, los costos siguen en aumento, tal y como lo muestra la línea de tendencia.

Etapas 3: Creación de escenarios.

Luego de la información obtenida en las etapas 1 y 2, se va a comparar información relevante para así poder, determinar la renovación óptima de esta maquinaria en la empresa.

Para este análisis, se considerarán dos periodos entonces se analizará que sucedería si se obtiene una maquinaria nueva en comparación con mantener la misma maquinaria, en cuanto se podría vender, estos datos serán extraídos del caso estudio, donde veremos los costos asociados a cada periodo.

Como se expuso anteriormente, luego de tener un panorama completo, resulta necesario analizar los periodos en el cual se puede hacer una renovación, bajo la premisa que en las 5000, 7500, 10000 y 11.293 horas es donde se producen, más ítems de cambio según lo que expone el fabricante y también lo que se puede visualizar en la figura n°9.

Para determinar el periodo donde la maquinaria deja de ser rentable, en relación a los costos de las mantenciones, es necesario tener información sobre algunos parámetros en relación a lo que conlleva mantener una maquinaria pesada, los cuales son:

- Costos de mantenciones preventivas y correctivas
- valor residual
- Costo de renovación

Se tomarán los valores por cada periodo de uso de cada parámetro anteriormente expuesto de la maquinaria para analizar estos datos. Para la creación de escenarios, se obtendrán valores de venta de la maquinaria, este precio está fijado según lo que dice el mercado.

Valores de venta.

Resulta necesario conocer los valores de venta en cada periodo que tiene el equipo, esto tiene la finalidad de conocer la desvaloración que se obtiene producto del trabajo propio de la maquinaria, a continuación, se mostraran los valores de venta del equipo para saber comercialmente cuando costaba el equipo en cada periodo.

Valor venta 5000 horas

Esta circunstancia comprende como si la excavadora hubiese sido renovada a las 5.000 horas, entonces, se verá cuanto sale en el mercado un equipo en estas condiciones.



KOMATSU PC300 LC-8

De Carriles Procesadora / Cosechadora

Número de serie: PC300

Condición: usado

Precio de venta: CLP \$162.925.477

 [Calculadora Financiera](#)

Figura 12: Valor excavadora 5000 horas

(Fuente: Marketbook,2023.)

Este equipo tiene 5350 horas de uso, y se puede desprender que, ya transcurridas estas horas, el equipo tiene un valor de \$162.925.477 pesos.

Valor venta 7500 horas

Para esta circunstancia se tomarán las 7.500 horas de trabajo, entonces se analizará cuánto vale un equipo en relación a esas horas de trabajo.



2012 KOMATSU PC300 LC-8

Sobre Cadenas

Condición: usado

Cantidad de Cucharón: 2

Precio de venta: CLP \$97.755.283

CLP \$97.755.283 + GST = CLP \$112.418.576

(GST se aplica a los compradores en New Zealand)

(Precio Ingresado En: NZD \$195,000)

 [Calculadora Financiera](#)

 20

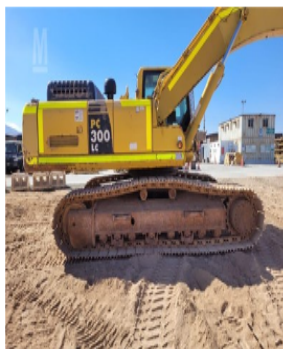
Figura 13: Valor excavadora 7500 horas

(Fuente: Marketbook,2023.)

Este equipo tiene 7520 horas de uso, y se puede desprender que, ya transcurridas estas horas, el equipo tiene un valor de \$97.755.283 pesos.

Valor venta 10000 horas

Esta circunstancia comprende las 10.000 horas de trabajo, el siguiente recuadro expresa cuanto sale en el mercado relación a las horas de trabajo.



26 1

2014 KOMATSU PC300 LC-8

Sobre Cadenas

Caballo de fuerza: 220 HP

ROPS TType: Cerrada

Número de serie: KMTPC191C02064083

Precio de venta: CLP \$63.559.322

Precios de alquiler: Llame para disponibilidad

 [Calculadora Financiera](#)

Excavadora Komatsu PC300LC-8 año 2014 con tercera línea hidráulica para accesorios, condición mecánica buena. 2014

Komatsu PC300LC-8 Crawler Excavator with hydraulic third line for accessories. Good mechanical condition. TEPAM RENTAL

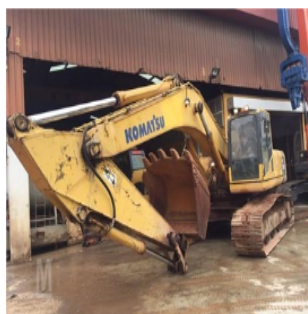
Figura 14: Valor excavadora 10.000 horas

(Fuente: Marketbook,2023.)

Este equipo tiene 9956 horas de uso, y se puede desprender que, ya transcurridas estas horas, el equipo tiene un valor de \$63.599.322 pesos.

Valor venta 11.293 horas

Esta circunstancia comprende como si la excavadora hubiese sido renovada a las 5.000 horas, entonces, se verá cuanto sale en el mercado un equipo en estas condiciones.



9

2008 KOMATSU PC300 LC-8

Sobre Cadenas

Número de serie: KMTPC191T53J30188

Condición: usado

contador de horas: Preciso / Verificado

Precio de venta: CLP \$35.593.220

 [Calculadora Financiera](#)

Actualizado: jue., 29 de junio de 2023 20:50

Figura 15: Valor excavadora 11.320 horas

(Fuente: Marketbook,2023.)

Este equipo tiene 11.320 horas de uso, y se puede desprender que, ya transcurridas estas horas, el equipo tiene un valor de \$35.593.220 pesos.

A continuación, se expondrán una tabla resumen donde se expone los valores de adquisición por cada periodo comparándolo con el valor de adquisición.

Tabla 14: Resumen de valores de venta de la excavadora.

		5.000	7.500	10.000	HORAS 11.293
Valor de venta	\$	162.295.477	\$ 97.755.283	\$ 63.559.322	\$ 35.593.220
Valor De Compra	\$	223.845.551	\$223.845.551	\$223.845.551	\$223.845.551
COSTO RENOVAR	\$	61.550.074	\$126.090.268	\$160.286.229	\$188.252.331

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

Como se puede evidenciar en la tabla anteriormente expuesto, el costo de realizar una renovación en un comienzo es bajo a diferencia de los otros periodos propuestos, que van siempre en aumento.

Por otra parte, resulta necesario estudiar el comportamiento que tiene el valor de venta de la excavadora, en conjunto con los costos acumulados de las mantenciones, y a si ver como varían ambas curvas.

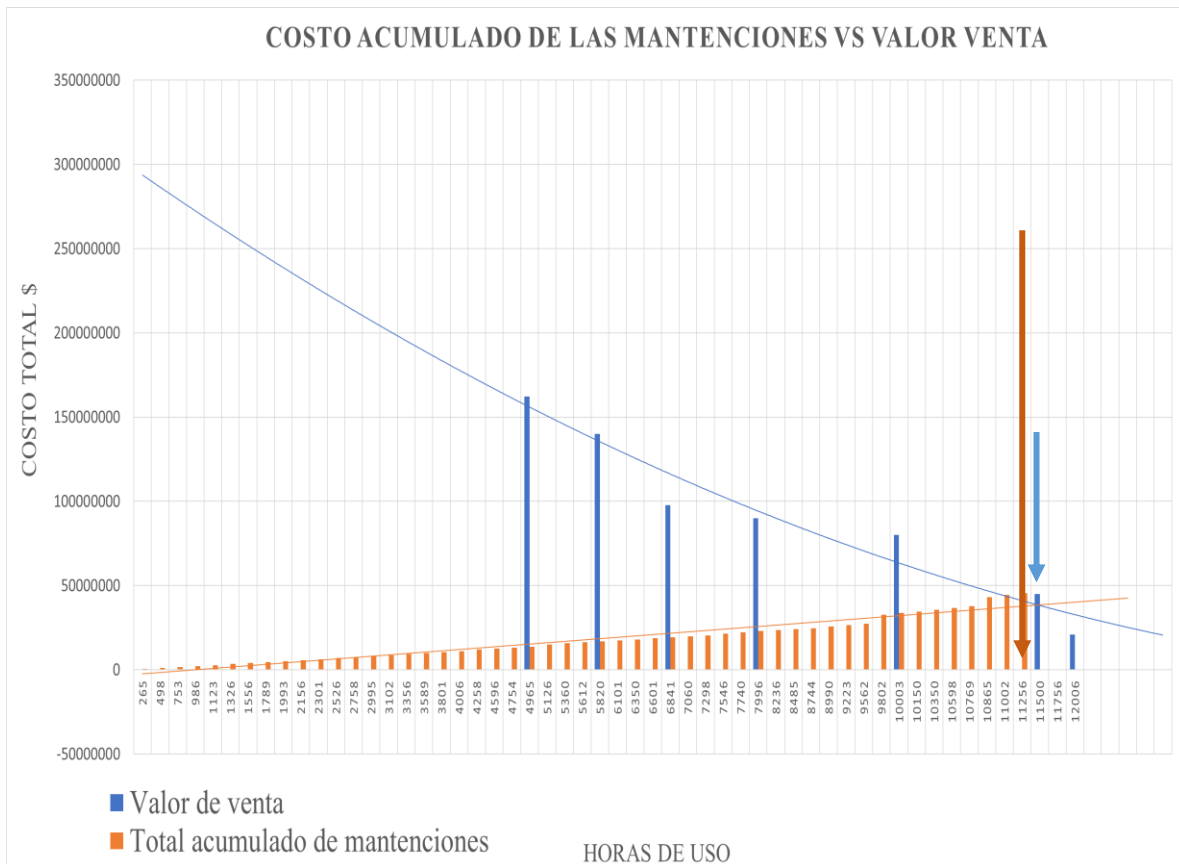


Figura 16: Gráfico de costos acumulados de mantenciones vs valores de venta.

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

En el grafico anterior, la flecha de color azul representa el cruce de las dos curvas en estudio, y la flecha de color naranja, representa el estado actual según las horas de trabajo que tiene la excavadora para el caso de estudio.

En este gráfico, se presentan dos curvas, una en relación al total acumulado de las mantenciones, y otra al valor de venta que tiene la excavadora a lo largo del periodo de uso, el costo acumulado de ventas tiene un comportamiento creciente, a diferencia del valor de venta que tiene un comportamiento decreciente, es por ello que resulta interesante averiguar el momento exacto donde se produce en cruce entre estas dos curvas, del grafico anteriormente expuesto se puede evidenciar que el cruce se produce en la hora 11.500, teóricamente esto representa alrededor de 6 años de trabajo, siendo este el momento más desfavorable en cuanto a los costos de las mantenciones y el valor de venta, por ninguna manera convendría renovar en este periodo.

Luego de este punto, el costo de las mantenciones, supera los valores de venta, por ende, por ningún motivo es rentable contar con la maquinaria luego de este momento.

Creación de escenarios.

Finalmente, una vez obtenidos todos los datos de los parámetros, se procederá a realizar un análisis donde se tomarán los periodos vistos en un principio. Cabe destacar que todos los resultados fueron extraídos de todo el desarrollo anteriormente expuesto.

Para comenzar esta evaluación, es necesario recordar que lo primordial son los costos de las mantenciones por cada periodo, entonces se analizara en qué momento se produce la mayor variación de los costos de las mantenciones. A continuación, se expresa una tabla resumen de todos los indicadores en las horas de trabajo:

Tabla de escenarios

Tabla 15: Escenarios de la excavadora.

	HORAS			
	5.000	7.500	10.000	11.293
Valor de venta	\$162.295.477	\$97.755.283	\$63.559.322	\$35.593.220
Porcentaje de diferencia entre periodos		-40%	-35%	-44%
Costo Acumulado De Las Mantenciones	\$ 15.145.660	\$21.432.014	\$33.828.812	\$50.480.907
Porcentaje de diferencia entre periodos		42%	58%	49%

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

En primer lugar, en cuanto al valor de venta, el momento donde se produce la mayor desvalorización es en el periodo de las 10.000 horas en adelante, por ende, luego de ese periodo el valor de venta o el valor económico de la excavadora será muy bajo comercialmente, luego, en relación a los costos acumulados de las mantenciones, el momento donde se produce la mayor variación es entre las 7.500 y 10.000 horas de trabajo, y también

queda reflejado en la figura **nº9** donde, se puede notar que a las 10.000 horas de trabajo es donde se produce la mayor variación en cuanto a los costos de mantenciones, por ende, el momento límite de renovar en relación a los costos de las mantenciones es a las 10.000 horas.

Una vez analizado la primera maquinaria en estudio, se procederá a analizar la segunda maquinaria.

3.3Motoniveladora

Etapa 1: Recolección de información.

En esta fase se expondrá todos los datos obtenidos por parte de la empresa, proveedores, entre otros. El segundo equipo a evaluar es una motoniveladora, a continuación, se mostrarán algunos detalles técnicos.

Aspectos técnicos.

Tabla 16: Aspectos técnicos de la motoniveladora.

REGISTRO DE MAQUINARIA		
Tipo de maquinaria: Motoniveladora		
Modelo: 770 D		
Año De Adquisición: 2015		
Horas Actuales De Trabajo: 14.345		
Ancho de la cuchilla: 3,66 m		
Altura de la cuchilla: 0,61 m		
Peso Neto: 15.780 KG		
Rendimiento: 3,5 km/hr		
Potencia Motor: 250 HP		
Vida Util Referente: 12.000hrs		
Consumo Combustible: 16,3 litros/hr		
Valor De Compra (2015): 244.173 USD + IVA		
Valor De venta actual (2023): 44.9444 USD		
	IMAGEN DE REFERENCIA	HOROMETRO 14.345 Hrs

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

En este recuadro se pueden apreciar las características técnicas de la maquinaria en estudio, a diferencia de la excavadora, esta maquinaria tiene como función principal estirar material es por ello que su rendimiento esta expresado en unidades de longitud.

Dentro de otros aspectos relevantes, está el valor de adquisición, el valor de venta actual, longitud cuchilla, vida útil, todo esto, con la finalidad de cumplir de la mejor manera a un proyecto, de acuerdo a las diferentes capacidades de cada equipo.

Tabla de periodicidad de las mantenciones según el fabricante

Una vez descritos los aspectos técnicos de la excavadora, se expondrá la tabla propuesta por el fabricante, la cual expone los intervalos de recambio de los repuestos para cada mantención preventiva y los repuestos que van en cada mantención.

Tabla 17: Periodicidad de las mantenciones preventivas de la motoniveladora.

JOHN DEREE 770D-770G-770GP																		
Item	Descripción	QTY	N° SAP	Intervalo de reemplazo														
				250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	4000	5000	6000
Filtros	Aceite De Motor	1	171739	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Filtro Combustible Primario	1	175607	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Filtro Final Combustible	1	175609	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Filtro Linea Combustible	1	702782	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Aire Primario	1	160873	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Aire Secundario	1	160874	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	A/C	1	156546	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Hidráulico Retorno	1	180625	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Transmision		155173	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Respiradero Hidr	1	177735				x				x				x	x	x	x
Otros	Empaquetadura	1	180624															x
	Correa Ventilador	1	160843				x				x				x	x	x	x
Correas	Correa De Alternador	1	180629				x				x				x	x	x	x
Aceites	Motor	25 L	(15W40DH1)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Maquinaria De Giro	8 L	(TO30)				x				x				x	x	x	x
	Mando Final	11 L	(TO30)				x				x				x	x	x	x
	Hidráulico	150 L	(HO56-HE)															x
	Refrigerante	25 L	(AF-NAC)												x			x

(Fuente: SALFA CORP,2023.)

Este recuadro muestra los items minimos que se deben considerar a la hora de hacer una mantencion preventiva a la maquiaria en estudio. Esta tabla se divide en 3 items, los cuales son:

- Filtros
- Correas

- Aceites

Para esta maquinaria se puede analizar que el ciclo de mantenciones corresponde a 6.000 horas de trabajo se vuelve a repetir el ciclo de recambio, por otra parte, al igual que la excavadora anteriormente expuesta, el mantenimiento de 250 horas, es constante, ósea que siempre se debe realizar.

Periodicidad y costos de las mantenciones preventivas.

Teniendo claro el panorama de los costos, se analizará las mantenciones hechas por parte de la empresa, a continuación, se expone de cada mantención realizada por la empresa, esto incluye las horas de realización, los ítems de recambio, costos de los repuestos, y valor mecánico. A continuación, se expondrá las cartillas que se utilizaron para recoger esta información.

Tabla 18: Planilla de mantención preventiva.

REGISTRO DE MANTENCIONES PREVENTIVAS		
Modelo:	JOHN DEERE 770D	
Patente:	BYFL18-8	
Horas De Registro:	257	
Fecha De Registro:	28-02-2015	
Numero De Registro	1	
Mantención Preventiva		
Ítems	PRECIO \$	
Motor		
Aceite De Motor 25L	\$	85.030
Filtro De Aceite	\$	17.622
Kit Filtro De Aire	\$	109.446
Correa Alternador		
Sistema De Enfriamiento		
Cambio Liquido Anticongelante 25L		
Sistema De Combustible		
Kit Filtro De Petróleo	\$	84.517
Sistema Hidráulico		
Cambio De Aceite Hidráulico 150 L		
kit Filtro Hidraulico		
Otros		
Filtro Aire Acondicionado	\$	36.187
Correa Ventilador	\$	-
Maquianria De Giro final T030 8L	\$	-
Mando Final 11L	\$	-
Empaquetadura	\$	-
Mano De Obra		
Mecánico	\$	217.500
	Costo Total hr (x)	\$ 550.302

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

La siguiente tabla muestra un resumen del total de las mantenciones a lo largo del periodo de uso. De la siguiente tabla se puede extraer la periodicidad y el costo de las mantenciones preventivas.

Tabla 19: Registro de mantenciones preventivas de la motoniveladora.

NUM	Fecha de realización	HRS Mantención	Costo Total preventivo
1	28-02-2015	257	\$ 550.302
2	25-04-2015	512	\$ 550.302
3	29-05-2015	764	\$ 550.302
4	16-07-2015	995	\$ 753.277
5	27-08-2015	1245	\$ 550.302
6	01-10-2015	1498	\$ 550.302
7	22-11-2015	1754	\$ 550.302
8	20-12-2015	2012	\$ 753.277
9	14-02-2016	2284	\$ 555.528
10	24-04-2016	2548	\$ 555.528
11	12-06-2016	2768	\$ 555.528
12	10-08-2016	3010	\$ 822.526
13	04-12-2016	3275	\$ 555.528
14	30-01-2016	3512	\$ 555.528
15	02-03-2016	3784	\$ 555.528
16	28-04-2016	4012	\$ 761.690
17	02-06-2017	4255	\$ 560.013
18	16-01-2017	4545	\$ 560.013
19	28-02-2017	4765	\$ 560.013
20	05-03-2017	5012	\$ 768.910

21	19-04-2017	5245	\$ 560.013
22	25-05-2017	5556	\$ 560.013
23	28-06-2017	5748	\$ 560.013
24	02-03-2017	6023	\$ 1.212.848
25	29-06-2018	6264	\$ 575.834
26	26-05-2018	6554	\$ 575.834
27	05-08-2018	6748	\$ 575.834
28	25-09-2018	6998	\$ 706.403
29	29-10-2018	7249	\$ 575.834
30	14-12-2018	7548	\$ 575.834
31	28-01-2018	7765	\$ 575.834
32	04-03-2018	8060	\$ 794.379
33	24-04-2019	8298	\$ 585.505
34	29-05-2019	8546	\$ 585.505
35	05-07-2019	8740	\$ 585.505
36	19-08-2019	8996	\$ 876.181
37	25-09-2019	9236	\$ 585.505
38	02-11-2019	9485	\$ 585.505
39	08-12-2019	9744	\$ 585.505
40	09-01-2019	9990	\$ 809.949
41	29-02-2020	10223	\$ 595.398
42	28-03-2020	10562	\$ 595.398
43	04-05-2020	10782	\$ 595.398

44	02-06-2020	11003	\$ 825.876
45	25-07-2020	11262	\$ 595.398
46	28-09-2020	11550	\$ 595.398
47	06-02-2020	11798	\$ 595.398
48	07-03-2021	11969	\$ 1.315.677
49	12-04-2021	12264	\$ 620.370
50	25-05-2021	12584	\$ 620.370
51	25-06-2021	12785	\$ 620.370
52	28-07-2022	13002	\$ 952.280
53	28-01-2022	13254	\$ 673.915
54	06-03-2022	13558	\$ 673.915
55	06-03-2022	13798	\$ 673.915
56	06-03-2023	14025	\$ 756.127
57	06-03-2023	14296	\$ 687.175

(Fuente: SOTRAIN Ltda,2023.)

En total se registran un total de 57 mantenciones preventivas a lo largo del periodo de uso.

Periodicidad y costos de las mantenciones correctivas.

Luego de analizar las mantenciones preventivas, es hora de analizar las mantenciones correctivas, que como se expuso anteriormente estas obedecen a fallas ocurridas en terreno.

Tabla 20: Registro de mantenciones correctivas de la motoniveladora.

NUM	Fecha de realización	HRS mantención Correctiva	Costo Total
1	12-08-2018	4180	\$ 414.949
2	10-05-2019	5125	\$ 244.490

3	05-06-2020	7595	\$ 312.502
4	12-01-2021	8899	\$ 2.182.747
5	05-06-2021	9443	\$ 244.490
6	16-07-2021	9675	\$ 506.500
7	16-09-2021	10097	\$ 470.500
8	05-02-2022	10560	\$ 482.500
9	04-03-2022	10652	\$ 251.674
10	10-04-2022	10860	\$ 508.740
11	22-05-2022	11985	\$ 8.078.488
12	20-06-2022	12271	\$ 3.000.000
13	26-07-2022	13558	\$ 4.767.500
14	26-07-2022	13879	\$ 267.965
15	26-07-2022	14002	\$ 497.408

(Fuente: SOTRAIN Ltda,2023.)

Se registran un total de 13 mantenciones correctivas, a lo largo de todo el periodo de uso, a continuación, se presenta el detalle de las piezas de recambio en relación a las mantenciones preventivas.

Tabla 21: Piezas de fallo de la motoniveladora.

NUM	Fecha de realización	HRS Mantención Correctiva	Costo Total	Pieza de fallo
1	12-08-2018	4180	\$ 414.949	Diente de desgarrador
2	10-05-2019	5125	\$ 244.490	Manguera Hidráulica
3	05-06-2020	7595	\$ 312.502	Manguera Anticongelante
4	12-01-2021	8899	\$ 2.182.747	Neumático

5	05-06-2021	9443	\$ 244.490	Manguera hidráulica
6	16-07-2021	9675	\$ 506.500	Cuchilla
7	16-09-2021	10097	\$ 470.500	Vidrio de la cabina
8	05-02-2022	10560	\$ 482.500	Vidrio de la puerta
9	04-03-2022	10652	\$ 251.674	Sellos hidráulicos
10	10-04-2022	10860	\$ 508.740	Inserto guía balde
11	22-05-2022	11985	\$ 8.078.488	Neumático
12	20-06-2022	12271	\$ 3.000.000	Biela de desgarrador
13	26-07-2022	13558	\$ 4.767.500	Botella hidráulica de la hoja
14	26-07-2022	13879	\$ 267.965	Reten Cilindro hidráulico
15	26-07-2022	14002	\$ 497.408	Terminal dirección hilo derecho

(Fuente: SOTRAIN Ltda,2023.)

Luego de ilustrar, y tener un panorama completo de los costos de las mantenciones, se procederá a realizar los gráficos respectivos de cada mantención.

Etapa 2: Análisis de información

Para esta etapa, se analizará gráficamente todos los datos obtenidos anteriormente, en primer lugar, se analizarán las mantenciones preventivas.

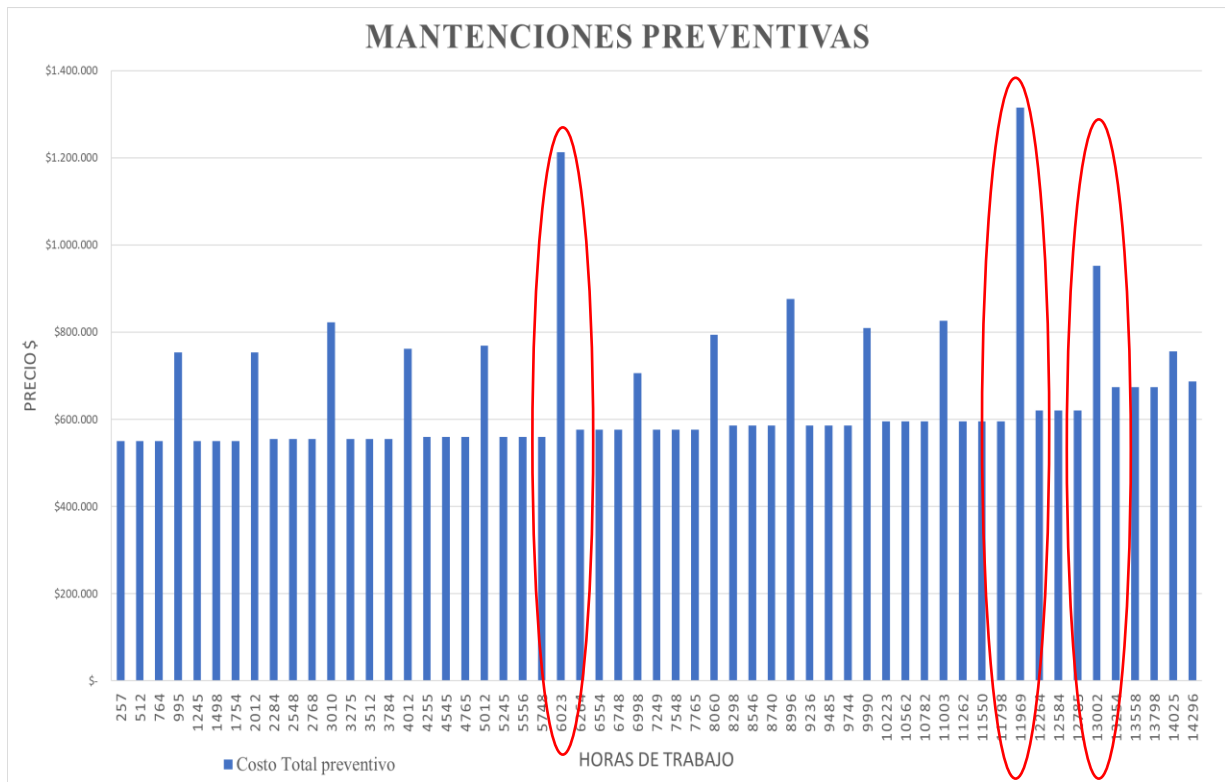


Figura 17: Grafico de mantenciones preventivas de la motoniveladora.

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

De este grafico se puede apreciar que las horas donde se producen los peaks son a las horas 6.000, 12.000 y 13.000. Esta alza se debe básicamente a la cantidad de piezas que se recambian para esas horas de trabajo, y también, la variación de los costos de las mantenciones, es por ello la causa de estos aumentos en los costos, el detalle de las piezas de recambio se puede encontrar en la tabla **n°16**

En el siguiente gráfico, se puede ver gráficamente lo que sucede con las mantenciones correctivas.



Figura 18: Grafico de mantenciones correctivas de la motoniveladora.

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

Este grafico representa las mantenciones correctivas, como podemos ver en un comienzo el costo de las mantenciones es bajo, o mejor dicho no se presentan fallas en terreno, por ende, en ese periodo de 0 a 4000 horas de trabajo, solo se realizaron mantenciones preventivas, donde, luego de ese periodo de uso, se comienzan a ver los primeros costos, en relación a fallas en terreno.

A continuación, se presenta el grafico de los costos acumulados de la motoniveladora.

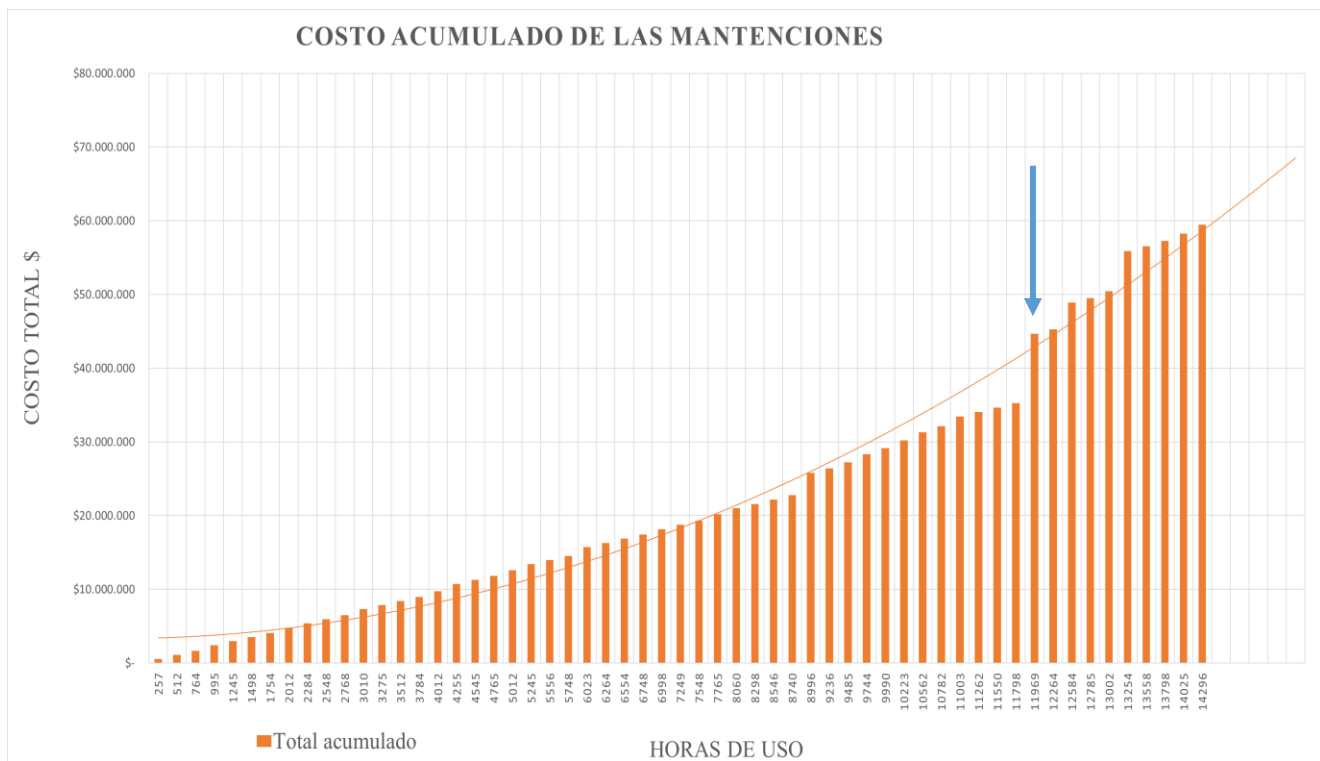


Figura 19: Grafico de mantenciones acumuladas de la motoniveladora.

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

De este grafico podemos ver que en un comienzo de las horas de trabajo el costo acumulado es menor, se mantiene creciente hasta llegar a las 12.000 horas de trabajo, donde se puede ver un aumento notable en ese momento, es importante analizar qué ocurriría en ese instante para realizar una renovación.

Para hacer una proyección de los costos se proyectó la curva polinómica la cual arroja la siguiente ecuación:

$$y = 16206x^2 + 46405x + 3 * 10^6$$

$$R^2 = 0,9846$$

Ecuación 6. Costos de mantenciones motoniveladora.

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

Con esta ecuación es posible hacer una proyección de los costos en cuanto al tiempo que se requiera, donde:

x= Numero de la mantención.

y= Costo de la mantención.

Como se puede reflejar, el coeficiente de correlación es cercano a 1 positivo, lo que quiere decir que, cuando la variable horas de trabajo aumenta, la variable costo total también lo hace, comportándose en este caso de manera exponencial.

Etapa 3: Creación de escenarios.

En esta etapa se propondrán los posibles escenarios donde dado todo el panorama anteriormente expuesto, se registraron los peaks más altos, por ende, se tomarán esos momentos como posibles casos de evaluación.

Como se expuso anteriormente, luego de tener un panorama completo, resulta necesario analizar los periodos en el cual se puede hacer una renovación, bajo la premisa que en las 6.000, 8.500, 10.000, 12.000 y 14.000 horas es donde se producen más ítems de cambio según lo que expone el fabricante y también lo que se puede visualizar en la figura n°18.

Para determinar el periodo donde la maquinaria deja de ser rentable, en relación a los costos de las mantenciones, es necesario tener información sobre algunos parámetros en relación a lo que conlleva mantener una maquinaria pesada, los cuales son:

- Costos de mantenciones preventivas y correctivas.
- Valor residual.
- Costo de renovación.

Se tomarán los valores por cada periodo obtenido de la maquinaria para analizar estos datos. Para la creación de escenarios, se obtendrán valores de venta de la maquinaria, este precio está fijado según lo que dice el mercado.

Valor de venta de la motoniveladora.

A continuación, se expondrán los valores de venta, algunos valores en relación a las horas no fueron posible encontrar en el mercado, es por ello que se realizaron cotizaciones internas para poder averiguar los valores que faltan.

Valor venta 6000 horas

Para esta circunstancia se tomarán las 6.000 horas de trabajo, entonces se analizará cuánto vale un equipo en relación a esas horas de trabajo.



2017 DEERE 770G
Motoniveladoras

ROPS: Cerrada
Número de serie: 1DW770GPVHD680673
Condición: usado

Cab w/ AC, Low Cab, EH Controls; Aux Hydraulics

Precio de venta: CLP \$167.394.114
[Calculadora Financiera](#)

Figura 20: valor venta motoniveladora 6.000 horas.

(Fuente: Marketbook,2023.)

Este equipo tiene 6.021 horas de uso, y se puede desprender que, ya transcurridas estas horas, el equipo tiene un valor de \$167.394.144 pesos.

Valor venta 8500 horas

En esta otra ocasión, se tomará en cuenta el valor de venta en relación a las 8.500 horas de trabajo.



2010 DEERE 770G

Motoniveladoras

ROPS: Cerrada

Número de serie: 1DW770GPJA0632116

Condición: usado

Numero de stock: TMR3873

Precio de venta: CLP \$104.514.686

[Calculadora Financiera](#)

MOTOCONFORMADORA MARCA John Deere 770G SERIE NUMERO 632116 AÑO 2010 EXCELENTES CONDICIONES DE TRABAJO. CON RIPPER PRECIO ESPECIAL LAB MONTERREY Y EN DLLS. + I V A

Actualizado: mar., 3 de oct. de 2023 10:14

Figura 21: Valor venta motoniveladora 8.500 horas.

(Fuente: Marketbook,2023.)

Este equipo tiene 8.555 horas de uso, y se puede desprender que, ya transcurridas estas horas, el equipo tiene un valor de \$104.514.686 pesos.

Valor venta 10.000 horas

En esta otra ocasión, se tomará en cuenta el valor de venta en relación a las 8.500 horas de trabajo.

Publicado 24 de Marzo de 2022 13:38

MOTONIVELADORA JOHN DEERE 770G AÑO 2013

\$ 76.500.000



Figura 22: Valor venta motoniveladora 10.000 horas.

(Fuente: PURAMAQUINA,2023.)

Este equipo tiene 10.020 horas de uso, y se puede desprender que, ya transcurridas estas horas, el equipo tiene un valor de \$76.500.000 pesos.

Valor venta 12.000 horas

En esta otra ocasión, se tomará en cuenta el valor de venta en relación a las 8.500 horas de trabajo.



1997 DEERE 770C
Motoniveladoras

ROPS: Cerrada
Número de serie: DW770CX561996
Condición: usado

Precio de venta: CLP \$54.138.424
[Calculadora Financiera](#)

LOW CAB, A/C, FRONT SCARIFIER, 12 FT BLADE, 14.00 TIRES, AIR SUSPENSION CLOTH SEAT

Actualizado: jue., 21 de sept. de 2023 16:54

Figura 23: Valor venta motoniveladora 12.000 horas.

(Fuente: Marketbook,2023.)

Este equipo tiene 12.250 horas de uso, y se puede desprender que, ya transcurridas estas horas, el equipo tiene un valor de \$54.138.424 pesos.

Valor venta 14.000 horas

En esta otra ocasión, se tomará en cuenta el valor de venta en relación a las 8.500 horas de trabajo.



DEERE 770
Motoniveladoras

ROPS: Cerrada
Número de serie: 24349
Condición: usado
Numero de stock: 24349

Precio de venta: CLP \$16.972.477
[Calculadora Financiera](#)

Randall Brothers
Holgate, Ohio, Estados Unidos de America 43527
[Información de Contacto del Vendedor](#)
Teléfono: +1 419-582-8066

JD 770 Motor Grader, Cab, 14.00-24 tires, 14' Blade, front ripper shanks, QUICK & EASY ONSITE LOW FIXED RATE FINANCING AVAILABLE. TRUCKING AVAILABLE ANYWHERE. IF YOU ARE PLANNING A TRIP TO LOOK AT A PIECE OF EQUIPMENT, PLEASE CALL FIRST TO CONFIRM THAT IT IS ON THE LOT AND STILL AV...

Actualizado: Today, 5 de oct. de 2023 11:09

[Contáctenos](#)
[Ver Detalles](#)

Figura 24: Valor venta motoniveladora 14.000 horas.

(Fuente: Marketbook,2023.)

Este equipo tiene 14.021 horas de uso, y se puede desprender que, ya transcurridas estas horas, el equipo tiene un valor de \$16.972.477 pesos.

A continuación, se presentará una tabla resumen de todos los escenarios, con sus respectivos valores de venta que tiene el equipo.

Tabla 22: Resumen de valores de venta de la motoniveladora.

	HORAS				
	6.000	8.500	10.000	12.000	14.000
Valor de venta	\$167.394.114	\$104.514.686	\$ 76.500.000	\$ 54.138.424	\$ 16.972.477
Valor De Compra	\$261.799.848	\$261.799.848	\$261.799.848	\$261.799.848	\$ 261.799.848
Costo de renovar	\$ 94.405.734	\$157.285.162	\$185.299.848	\$207.661.424	\$ 244.827.371

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

Como podemos visualizar, el costo de renovar a medida que aumentan las horas de trabajo el costo de realizar una renovación es más alto, por lo que se puede desprender que se comporta de manera creciente en el tiempo, esto se debe también a una desvalorización económica del equipo en el tiempo.

Por otra parte, resulta necesario estudiar el comportamiento que tiene el valor de venta de la excavadora, en conjunto con los costos acumulados de las mantenciones, y a si ver como varían ambas curvas.

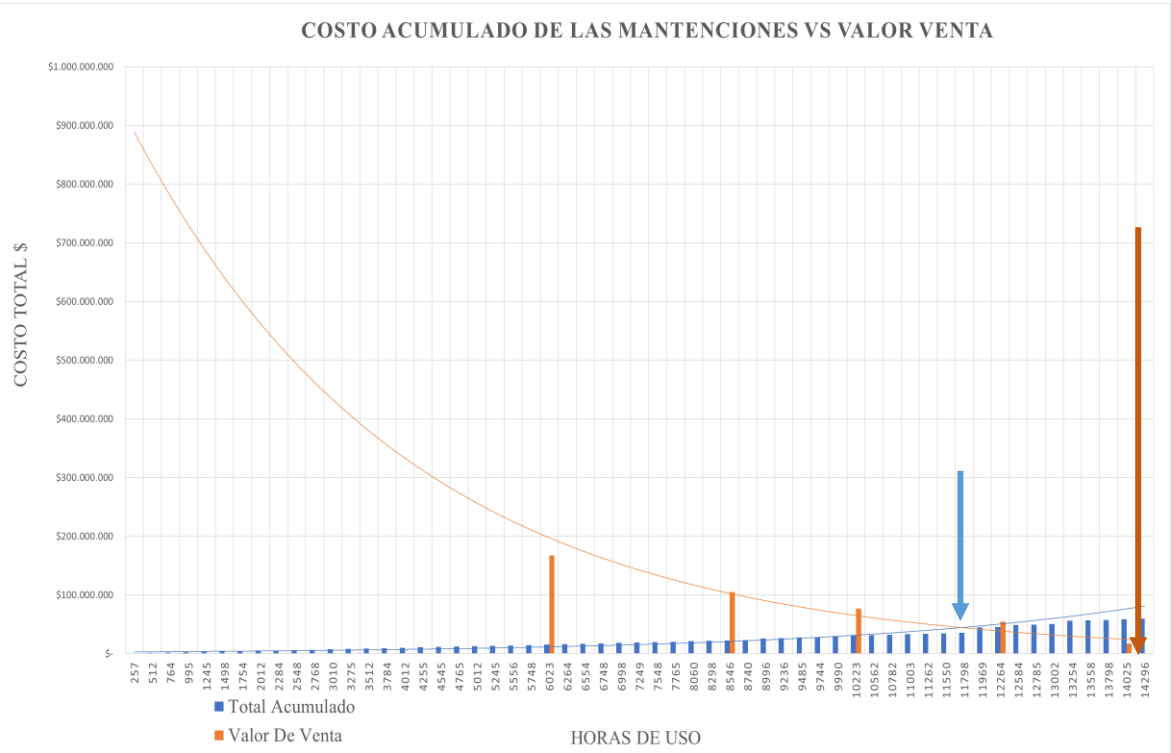


Figura 25: Grafico de costos acumulados de mantenciones vs valores de venta

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

En el grafico anterior, la flecha de color azul representa el cruce de las dos curvas en estudio, y la flecha de color naranja, representa el estado actual según las horas de trabajo que tiene la excavadora para el caso de estudio.

En este gráfico, se presentan dos curvas, una en relación al total acumulado de las mantenciones, y otra al valor de venta que tiene la excavadora a lo largo del periodo de uso, el costo acumulado de ventas tiene un comportamiento creciente, a diferencia del valor de venta que tiene un comportamiento decreciente, es por ello que resulta interesante averiguar el momento exacto donde se produce el cruce entre estas dos curvas, en la figura n°26 se puede evidenciar que el cruce se produce en la hora 11.798, teóricamente esto representa alrededor de 6 años de trabajo, siendo este el momento más desfavorable en cuanto a los costos de las mantenciones y el valor de venta, por ninguna manera convendría renovar en este periodo.

Una vez obtenidos los resultados, se procederá a seguir analizando el siguiente parámetro.

Creación de escenarios.

Luego de analizar cada componente anteriormente visto, se procederá a analizar cada escenario con su valor respectivo a cada parámetro.

Tabla de escenarios

Tabla 23: Escenarios de la motoniveladora.

	HORAS				
	6.000	8.500	10.000	12.000	14.000
Valor de venta	\$167.394.114	\$104.514.686	\$76.500.000	\$54.138.424	\$32.353.416
Porcentaje de diferencia entre periodos		-38%	-27%	-29%	-40%
Costo Acumulado De las Mantenciones	\$ 15.727.028	\$ 22.166.324	\$30.194.111	\$45.254.426	\$58.260.785
Porcentaje de diferencia entre periodos		41%	36%	50%	29%

(Fuente: Elaboración propia,2023.)

En primer lugar, en cuanto al valor de venta, el momento donde se produce la mayor desvalorización es en el periodo de las 12.000 horas en adelante, por ende, luego de ese periodo el valor de venta o el valor económico de la motoniveladora será muy bajo comercialmente, luego, en relación a los costos acumulados de las mantenciones, el momento donde se produce la mayor variación es a las 12.000 horas de trabajo, y también queda

reflejado en la figura **n°18** donde, se puede notar también el peak del costo de las mantenciones.

Análisis de rendimiento

En relación al rendimiento, dado que no se tiene información fidedigna en cuanto a los tiempos y cantidades que tienen relación a la maquinaria en estudio, no es posible evidenciar porcentajes de variaciones de rendimiento, pero si es importante recalcar que en base a la experiencia de la empresa y del personal, es posible afirmar que el rendimiento disminuye en el tiempo, de echo existe un elemento que es el generador de la mayoría de los movimientos que tiene la maquinaria, ese elemento se conoce como la bomba hidráulica, la cual con el tiempo se va desgastando, lo que hace que el movimiento o la respuesta que tiene la maquinaria frente a una acción es más lenta, por ende el rendimiento si disminuye en el tiempo, lo que genera menos producción.

La bomba hidráulica es la encargada de generar todos los movimientos de cualquier equipo que funcione en base a la hidráulica.

Ahora si bien dentro de una obra de construcción el rendimiento depende de muchos factores, los cuales entre ellos se destacan los siguientes:

- Experiencia y tipo de operador
- Tipo de material
- Condiciones del entorno

Todos estos factores influyen de manera directa en el rendimiento que tiene una excavadora.

Capítulo IV: Conclusiones y Comentarios.

La presente propuesta de renovación de maquinaria pesada en función de la rentabilidad para una empresa del rubro de movimiento de tierra, fue realizada con la idea de proponer un periodo de renovación de maquinaria pesada y que sirva de orientación o guía, para aquellas empresas que participan dentro de la industria de la construcción y que utilizan maquinaria pesada.

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, es posible concluir que, en términos generales y según los porcentajes analizados, queda en evidencia el periodo donde se produce el peak más alto en cuanto a los costos de las mantenciones, donde ese momento es crucial a la hora de pensar en realizar una renovación, ya que luego de ese periodo los costos van en aumento.

En el caso de la excavadora el momento donde se produce ese aumento es a las 10.000 horas de trabajo, que corresponde aproximadamente a 5 años de trabajo normales según lo desarrollado en el estudio. Antes de ese periodo los costos de las mantenciones aumentan gradualmente, esto se debe también a la periodicidad de mantenciones que tiene la excavadora según lo expuesto por el fabricante, no así, pasado el momento de las 10.000 horas de trabajo, la periodicidad de mantenciones aumenta por ende los costos también.

Finalmente se propone que, para la excavadora el periodo oportuno de renovación esta entre las horas 7.500 y 10.000, este periodo es el momento ideal de realizar una renovación, en relación a los costos de las mantenciones y los parámetros vistos en el estudio.

En segundo lugar, con relación a la motoniveladora se refleja que, en el momento de las 12.000 horas de trabajo, se produce el peak de los costos de las mantenciones y posterior a ese periodo, se refleja el mayor porcentaje de variación de desvalorización de la motoniveladora.

En relación a lo anterior, se propone que, para la motoniveladora, el periodo ideal de renovación esta entre las 10.000 y 12.000 horas de trabajo, en este periodo es ideal realizar una renovación.

Con esto se estaría cumpliendo con el objetivo principal de esta investigación, a continuación, se procederá a realizar algunos comentarios en base a los resultados obtenidos.

En primer lugar, para el caso de estudio, debido a las horas actuales de uso que ambas maquinas presentan, se debe realizar una renovación de ambas maquinas, de hecho, la motoniveladora se encuentra en el periodo donde los costos de las mantenciones son más altos que el valor de venta, por ende, se debe realizar una renovación de este equipo lo antes posible. El extender aún más la vida útil de la maquinaria, significara sin duda costos adicionales importantes en relación a las mantenciones correctivas y preventivas.

Cabe recalcar que, si bien este estudio propone un periodo de renovación para ambas maquinarias, esto no quiere decir que antes de este periodo si se pueda realizar una

renovación, de hecho, para realizar una renovación antes de este periodo va a depender de algunos factores que también se relacionan directamente con la maquinaria pesada y no deja de ser menos relevante como, por ejemplo, el impuesto verde, permisos de circulación y el pago de IVA a la hora de querer vender el equipo.

Cabe destacar que siempre es ideal renovar por equipo nuevo, ya que incluye nueva tecnología, y también produce que se disminuyan los costos asociados a las mantenciones, ya que, el ciclo de mantenciones se vuelve a repetir como de un comienzo y como se observaron en los gráficos, siempre al inicio de las horas de uso los costos de las mantenciones son más bajos, que en comparación a cuando aumentan las horas de trabajo.

En cuanto a la desvalorización, ambas maquinarias, presentan su mayor desvalorización en el último periodo de uso, lo cual comercialmente es muy poco rentable tener o contar con el equipo en ese periodo.

Finalmente, este estudio está pensado para la maquinaria que se utiliza en obras civiles, por ende, los periodos propuestos están basados principalmente para la maquinaria utilizada bajo esta condición.

Propuesta para futuras investigaciones

Se propone estudiar el comportamiento del rendimiento que tienen estos equipos a través de las horas de trabajo, con la finalidad de poder comparar el comportamiento en los diferentes parámetros mencionados.

Se propone estudiar los 3 tipos de maquinaria que faltan para realizar el movimiento de tierras, las cuales son:

- Cargador.
- Bulldozer.
- Retroexcavadora.

Anexos

A continuación, se presentarán algunas cotizaciones hechas por la empresa, con la finalidad de conocer los costos de cada repuesto.

Repuestos excavadora

DOCUMENTO RECIBIDO	KOMATSU CHILE S.A, IMPORTE Y VENTA DE MAQUINARIAS Y MOTORES AVDA AMERICO VESPUCIO 0631 LOTES 01 Y 02 LO ECHEVERS QUILICURA	RUT 96843130-7 FACTURA ELECTRONICA N° 512403	S.I.I. - XXXXXXXXXX				
Señor(es): Soc De Transportes Inostroza Ltda Giro: OTRO GIRO RUT: 77.054.500-5 Fecha: 21-07-2016							
Dirección: Parcela 690 Hacienda Reñaca Comuna: Viña del Mar							
DATOS DE PAGO			DATOS DE DESPACHO				
Forma	Días	Fecha Venc.	Patente	Chofer	Dirección destino	Tipo de Operación	
		20-08-2016					
ITEM			CANT	PRECIO	IND	DSCTO/REC	TOTAL
1 20Y-54-52221. CONJUNTO LIMPIAPARABRISAS			1,00	51.310	AF		51.310
2 20Y-54-52211.MOTOR LIMPIAPARABR(3149)			1,00	385.626	AF		385.626
3 600-185-4100.CONJUNTO FILTRO DE AIRE			1,00	33.741	AF		33.741

DOCUMENTO RECIBIDO	KOMATSU CHILE S.A, IMPORTE Y VENTA DE MAQUINARIAS Y MOTORES AVDA AMERICO VESPUCIO 0631 LOTES 01 Y 02 LO ECHEVERS QUILICURA	RUT 96843130-7 FACTURA ELECTRONICA N° 521219	S.I.I. - XXXXXXXXXX				
Señor(es): Soc De Transportes Inostroza Ltda Giro: OTRO GIRO RUT: 77.054.500-5 Fecha: 20-09-2016							
Dirección: Parcela 690 Hacienda Reñaca Comuna: Viña del Mar							
DATOS DE PAGO			DATOS DE DESPACHO				
Forma	Días	Fecha Venc.	Patente	Chofer	Dirección destino	Tipo de Operación	
		20-10-2016					
ITEM			CANT	PRECIO	IND	DSCTO/REC	TOTAL
1 07959-20001.VALVULA			1,00	41.283	AF		41.283

Komatsu Chile S.A.
96.843.130-7
Avda. Americo Vespucio 0631
Quilicura



Cotización : **0011653804**

Fecha de oferta : 10/08/2023
Vendedor :
Núm. Cliente : 0770545005
Numero Pedido : PC300LC-7E0 55922

Cliente : Soc De Transportes Inostroza Ltda
Fax : 1
Teléfono : 32871405
Atte. Sr. :

Estimados Señores |
De acuerdo a lo solicitado, sírvanse encontrar adjunto nuestra oferta por:

Item	Artículo	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total	Fecha Entrega	Comentario
10	600-319-3610	FILTRO COMBUSTIBLE S	1	39.336	39.336	Inmediata	
30	6742-01-4540	FILTRO ACEITE	1	38.804	38.804	Inmediata	
40	6754-79-6140	FILTRO COMBUSTIBLE	1	19.458	19.458	Inmediata	
50	600-185-6100	FILTRO AIRE CONJUNTO	1	116.746	116.746	Inmediata	

Moneda : Pesos
Tipo de Cambio : 0,00
Validez Oferta : 31/08/2023
Condición de pago : Contado al día
Dirección de Entrega : Parcela 690 Hacienda Reñaca

Sub-Total 214.344
IVA 19 % 40.725
Total Cotización 255.069

OBSERVACIONES:

Sujeto a Verificación de crédito
Sujeto a disponibilidad de stocks

Repuestos motoniveladora



Señor(a)
Sociedad De Transportes Inostroza

COTIZACION N° 22814802
Oportunidad ID: 575212

04 de Agosto de 2023
Página 1 de 2

Atención a: Isaías Inostroza
Presente:

Estimados señores
Junto con agradecer su preferencia al cotizarlos, tenemos el agrado de hacer llegar a Usted nuestra propuesta

Posc.	Disp.	Codigo	Descripcion	Cant.	Prec.Net	Desc	Total
010		07AT460799I	TERMINAL DIRECCION HILO DERECHO	1	310.787	10%	279.708
020		07AT460800I	TERMINAL DIRECCION HILO IZQUIERDO	1	305.015	10%	274.513
030	*	07T184082I	INSERTO GUIA DEL CIRCULO HD	15	191.416	10%	2.584.116
040		07T163748I	INSERTO LATERAL CIRCULO HD	6	136.146	10%	735.188
050	*	0719H2329I	PERNO 1 X5 1/2-UNC2A TORNAMESA	3	22.069	10%	59.586
060	*	07T188076I	GOLILLA 3/8X1 BASTIDOR	6	8.461	10%	45.689
070		07T239757I	INSERTO INF. CORREDERA PALA	8	162.099	10%	1.167.113
080		0719M7572I	PERNO M10X45 VARIOS USOS	12	1.224	OFE	14.688
090		0724M7239I	GOLILLA PERNO INSERTO PALA	12	322	OFE	3.859
100	*	07AH146557I	RETEN CILINDRO HIDRAULICO	2	28.036	10%	50.465
110		07DZ118283I	FILTRO ACEITE MOTOR	1	24.870	OFE	24.870
120		07RE531703I	FILTRO 1RIO COMBUSTIBLE 10M	1	53.672	OFE	53.672
130		07RE522688I	FILTRO FINAL COMBUSTIBLE	1	32.494	OFE	32.494
140		027005-2040V30I	ELEMENTO 2040 30 MICRAS	1	19.182	OFE	19.182
150		07RE51629I	FILTRO 1rio AIRE EXTERIOR	1	88.068	OFE	88.068
160		07RE51630I	FILTRO AIRE INTERIOR	1	42.576	OFE	42.576
170		07AT223493I	FILTRO LINEA COMBUSTIBLE	1	13.929	OFE	13.929

Condiciones de pago: 30 días
Orden de Compra a: Salinas y Fabres S.A. Rut: 91.502.000-3

Total Neto: 5.489.716
Total Impto. 19 %: 1.043.046
Total Final: 6.532.762

Bibliografía

- ANGELMENDIZABALA. (05 de Junio de 2023). *Angelmendizabala*. Obtenido de Elementos para determinación costo horario de los equipos y maquinaria: <https://angelmendizabal.com/activos/ejemplo-practico-para-calcular-el-costo-horario-de-maquinaria-pesada/>
- Armando, H. (1974). Influencia de los costos de la toma de decisiones para remplazo de maquinaria y equipo. (*Tesis de licenciatura*). Universidad de Sonora, Sonora.
- Cárdenas, E. (2006). *Administracion de contratos de movimiento de tierras*. Universidad Andres Bello, Chile.
- CATERPILLAR. (05 de Junio de 2023). *Caterpillar*. Obtenido de ¿ Que es el movimiento de tierras?: https://www.finning.com/es_CL/company/news-events/product-customer-stories/-que-es-el-movimiento-de-tierra-.html
- CChC. (16 de Julio de 2013). *Camara Chilena De La Construcción*. Obtenido de Certifican a trabajadores en manejo de maquinaria pesada: <https://cchc.cl/comunicaciones/noticias/38076-certifican-a-trabajadores-en-manejo-de-maquinaria-pesada>
- DocuSing. (11 de Octubre de 2022). *DocuSing*. Obtenido de ¿Qué es el arrendamiento financiero?: <https://www.docusign.mx/blog/arrendamiento-financiero#:~:text=El%20arrendamiento%20financiero%20es%20una,usuario%20se%20conoce%20como%20arrendatario>
- FILTERTEC. (28 de Novimebre de 2019). *Filtertec*. Obtenido de Cómo calcular el costo horario de tu maquinaria: <https://filtertec.mx/blog/2019/11/28/como-calcular-el-costo-horario-de-tu-maquinaria/>
- FILTERTEC. (29 de Agosto de 2022). *filtertec*. Obtenido de Factores que influyen en la productividad de tu maquinaria pesada: <https://filtertec.mx/blog/2022/08/29/factores-que-influyen-en-la-productividad-de-tu-maquinaria-pesada/>
- Giglio, P. (2021). SANY, CHILE.
- IDECONSA. (16 de Myo de 2018). *IDECONSA*. Obtenido de EL MOVIMIENTO DE TIERRAS, ETAPA FUNDAMENTAL EN OBRAS: <https://ideconsa.net/2018/05/16/movimiento-tierras-etapa-fundamental-las-obras/>
- IMCOTEC. (05 de Junio de 2023). *IMCOTEC*. Obtenido de ¿ Que hace un minicargador?: <https://imcotecmaquinaria.cl/que-hace-un-minicargador/>

- INFRASPEAK. (24 de Marzo de 2022). *Infraspeak*. Obtenido de ¿Como calcular la vida util de un activo?: <https://blog.infraspeak.com/es/como-calcular-vida-util-activo/#:~:text=La%20vida%20%C3%BAtil%20corresponde%20al,incluso%20despu%C3%A9s%20de%20este%20periodo>
- IPESA. (15 de Enero de 2023). *Ipesa*. Obtenido de Tipos de maquinaria pesada que debes conocer: <https://www.ipesa.com.pe/blog/5-tipos-de-maquinaria-pesada-que-debes-conocer/>
- Morales, E. (1987). Análisis de precio unitario, rendimiento, utilidad en maquinaria pesada. (*Tesis de licenciatura*). Universidad de Sonora, Sonora.
- ONUDC. (10 de Julio de 2012). *Oficina De Las Naciones Unidas Contra La Droga Y El Delito*. Obtenido de Operador de Maquinaria Pesada: https://www.unodc.org/documents/peruandecuador/TOR/084_-Tor_Operador_maquinaria_pesada_doc.pdf
- Pereira, C. (2020). ¿Cuándo renovar el equipamiento? Administrando los bienes de capital. (*Diseñador industrial*). Argentina.
- PRENSA. (4 de Agosto de 2021). *Prensa*. Obtenido de SANY supera las 100 unidades comercializadas en Chile y busca triplicar su presupuesto inicial en ventas durante el 2021: <https://mercadovial.tv/2021/08/04/sany-supera-las-100-unidades-comercializadas-en-chile-y-busca-triplicar-su-presupuesto-inicial-en-ventas-durante-el-2021/>
- PRENSA. (22 de Febrero de 2022). *Prensa*. Obtenido de Chile se consolida a nivel local y crece seis veces en ventas de maquinarias en 2021: <https://mercadovial.tv/2022/02/22/sany-chile-se-consolida-a-nivel-local-y-crece-seis-veces-en-ventas-de-maquinarias-en-2021/>
- Rodriguez, A. (1998). *¿Mantenimiento o renovación?* Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, la Habana.
- Structuralia. (21 de Marzo de 2018). *Structuralia*. Obtenido de Maquinaria empleada en operaciones de movimiento de tierras: <https://blog.structuralia.com/maquinaria-empleada-en-operaciones-de-movimiento-de-tierras>
- Toapanta, F. (2009). Diseño de un nplan de mantenimiento para el equipo camionero y vehiculos que dispone el gobierno regional de TENA, provincia de NAPO. (*Tesis de licenciatura*). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, RIOBAMBA.
- Young, D. (2022). Consejos de mantenimiento preventivo para retroexcavadoras. (*Especialista en aplicaciones de productos Caterpillar*). Caterpillar, Chile.