



UNIVERSIDAD **DE ATACAMA**

FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL

DISEÑO DE PLANIFICACIÓN EN MANTENCIÓN PREVENTIVO EN EMPRESA DE RENTA DE MAQUINARIA PESADA PARA MINERÍA

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos
para obtener el título de Ingeniería de Ejecución en Mantenimiento
Industrial

Profesor Guía: Alexander Börger Ferrari

Felipe Andrés Lazo Olivares.
Cristian Orlando Mercado Mori.

Copiapó, Chile 2022

DEDICATORIA

**A mis Padres
A mi Esposa
Hijos**

Felipe

**A mis Padres
A mi Pareja**

Cristian

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos, a la familia y amigos que siempre han estado a nuestro lado incondicionalmente.

A todas aquellas personas que nos apoyaron en los buenos y malos momentos y que siempre han confiado en nosotros.

A todos los profesores por transmitir sus conocimientos y guiar nuestra formación.

Al profesor guía, por su entrega y valiosa ayuda para poder llevar a cabo la Tesis.

Felipe y Cristian

RESUMEN

El presente documento, es un estudio sobre un plan de mantención preventiva y se aplica a una empresa de renta de maquinaria pesada para minería. El proyecto, busca ser un aporte con un instrumento que facilite y logre mejorar la planificación del mantenimiento en la organización, en aspectos tales como; nuevas pautas de mantenimiento, mejoramiento de tiempos de reparación, disminución de las reparaciones correctivas y un mejor control de repuestos. Será una opción válida como herramienta, para utilizarla en talleres y trabajos en terreno. Por lo anterior, el objetivo general en este proyecto es; Diseñar una Planificación de Mantención Preventivo en empresa Renta de Maquinaria Pesada para minería en la comuna de Huechuraba, Santiago, Chile. Como justificación del proyecto, se puede mencionar que es importante para las empresas, disponer de una planificación para mantención, y así, mantener siempre operativa la maquinaria. Hay que tener en cuenta, que la maquinaria pesada, son parte importante dentro de los procesos operacionales y de producción. En el desarrollo de la metodología, se encuentran; Investigación Teórica, Diagnóstico de Área de Mantención, Diseño Propuesta de Mejora, Estudio Económico. El proyecto entrega una solución viable a la problemática, a través de una planificación en la mantención preventiva, anticipándose a no poder contar con maquinaria pesada, por estar con fallas y no poder trabajar. Finalmente, se confirma la viabilidad económica de la propuesta, a través, de la técnica Beneficio/Costo, lo cual, se complementa de mejor manera, con los resultados del análisis de viabilidad técnica obtenida. El estudio arrojó resultados beneficiosos, que ratifican la planificación preventiva de mantenimiento para maquinaria pesada.

INDICE

Contenido	
INTRODUCCIÓN.....	8
OBJETIVOS	9
Objetivo General:.....	9
Objetivos Específicos:.....	9
a) Conocer los fundamentos teóricos del mantenimiento.....	9
CAPÍTULO I.....	10
METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	10
1.1 Etapas del Proceso	10
1.1.1 Investigación Teórica	10
1.1.2 Diagnóstico de Área de Mantención.....	10
1.1.3 Diseño Propuesta de Mejora	10
1.1.4 Estudio Económico	10
CAPÍTULO II.....	14
DESCRIPCIÓN.....	14
2.1 Generalidades.....	14
2.1.1 Análisis de la empresa CONPAX Maquinaria	14
CAPÍTULO III.....	19
DESARROLLO DEL TEMA	19
3.1. Marco Teórico.....	19
3.1.1 Conpax S. A.....	19
3.1.2 Tipos de Maquinaria Pesada en Conpax S. A.....	19
3.1.3 Mantenimiento.....	30
3.1.4 Análisis de Modos y Efectos de Fallas	39
3.1.5 Estrategias de Mantenimiento	42
3.1.6 Pérdidas por Tiempo Muerto en Maquinarias	43
3.1.7 Tiempos	44
3.1.8 Análisis de Criticidad	48
CAPÍTULO IV	60
DIAGNÓSTICO DEL TEMA.....	60
4.1 Desarrollo Diagrama de Causa Efecto	60
4.1.1 Evaluación del tipo de mantención a emplear	61
CAPÍTULO V	63
PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENCIÓN.....	63

5.1 Propuesta de Solución	63
5.1.1 Plan de Mantenimiento.....	63
5.1.2 Desarrollo de la Propuesta	63
5.1.3 Equipo de Trabajo.....	64
5.1.4 Espacio de Trabajo	64
5.1.5 Elementos de Protección Personal (EPP)	64
5.1.6 Prevención en el Trabajo	65
5.1.7 Horario de Trabajo	65
5.1.8 Estructura del Equipo de Trabajo	65
5.1.9 Organigrama del Equipo de Trabajo.....	66
5.1.10 Maquinarias existentes en Compax S. A.	67
5.1.11 Ficha de Control de Mantenimiento Preventivo para Maquinaria Pesada ..	67
5.1.12 Tiempos Muertos por Mantención Correctiva	68
5.1.13 Tiempo Muerto en Maquinaria Pesada Compax S. A.	69
5.1.14 Perdidas por Tiempo Muerto en Maquinaria Pesada.....	70
5.1.15 Propuesta de Valor	72
5.1.16 Registro para Indicadores de Desempeño	72
CAPÍTULO VI	74
ANÁLISIS ECONÓMICO	74
6.1 Evaluación de la Propuesta de Mejora.....	74
6.2 Factibilidad del Proyecto	74
6.2.1 Factibilidad Económica	74
6.2.3 Viabilidad Legal.....	74
6.2.4 Viabilidad Técnica	74
6.3 Infraestructura y Equipamiento	74
6.4 Costos directos	75
6.5 Costos indirectos	75
6.6 Costo Mano de Obra.....	75
6.7 Costo de Elementos Protección Personal (EPP).....	75
6.8 Activos	76
6.9 Análisis de Viabilidad Económica de la Propuesta de Mejora	76
6.10 Duración del Proyecto.....	76
6.11 Capacitación Personal Especializado	76
6.12 Ingresos - Costo (I - C).....	77
CONCLUSIONES	80
NOMENCLATURA GENERAL.....	82
BIBLIOGRAFÍA.....	83

ANEXOS 84
ANEXO A..... 84
ANEXO B..... 85

INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de mantenimiento preventivo, se puede señalar, que se trabaja desde tiempos remotos, obteniendo una mejor disponibilidad de los equipos. Hoy en día, a nivel mundial, la producción en las empresas es alta, debido al buen manejo de planes de mantención en los equipos que se utilizan.

La relevancia del tema en las empresas de renta de maquinaria pesada para minería es muy importante, debido a que permite el cumplimiento de metas impuestas en la planificación y ejecución de los distintos trabajos en las faenas. Por todo lo anterior, existe una forma práctica de asegurar la disponibilidad de la maquinaria pesada a niveles altos, cercanos al 90%, a través, de un buen plan de mantención preventivo y posterior control.

El objeto del estudio, tiene como propósito diseñar una planificación de mantención preventiva para Conpax, empresa de renta de maquinaria pesada en minería de la comuna de Huechuraba, Santiago, Chile, que frente a la problemática, como; el ineficiente o nula planificación de mantención en maquinaria pesada, y cuyo resultado final, son tiempos muertos sin producción, dejando sin disponibilidad los equipos, se plantea la necesidad de conocer con mayores detalles, aspectos vinculados a la mantención de maquinaria pesada, haciendo énfasis, en la mantención preventiva, en los tiempos muertos y disponibilidad de los equipos.

La recolección de la información se realizará mediante reuniones con los encargados de la mantención de los equipos.

A partir de estas conversaciones, se obtendrán antecedentes, tales como; tipos de maquinaria pesada, modelos, años de antigüedad, trabajo que realizan, horas de trabajo diario y acumulado, planes de mantención, tiempos muertos, entre otros. Se analizan los datos obtenidos con tablas de porcentajes.

OBJETIVOS

Objetivo General:

“Diseñar una Planificación en Mantenimiento Preventiva en empresa Conpax de Renta de Maquinaria Pesada para minería en la comuna de Huechuraba, Santiago, Chile”.

Objetivos Específicos:

- a) Conocer los fundamentos teóricos del mantenimiento.
- b) Elaborar diagnóstico actualizado de la mantención, aplicado en los equipos de la empresa Conpax.
- c) Proponer una planificación en mantención preventiva de la maquinaria pesada, garantizando un óptimo funcionamiento de estos.
- d) Evaluar la viabilidad económica de la propuesta, que muestre los principales resultados que obtendría la empresa al colocarlo en marcha.

CAPÍTULO I

METODOLOGÍA DE TRABAJO

1.1 Etapas del Proceso

Las etapas que se realizan en este estudio son las siguientes:

1.1.1 Investigación Teórica

Es esta etapa, el objetivo, es investigar la empresa Conpax, y en su totalidad el tema de mantención en maquinaria pesada, como eje principal del proyecto, lograr conocer los planes de mantenimiento en maquinaria pesada, disponibilidad de equipos, tiempos muertos, y otros.

1.1.2 Diagnóstico de Área de Mantención

Se analiza el área de Mantención, se utiliza para esto el Diagrama Causa/Efecto, FMECA. Con estos análisis, se puede identificar las causas que explican los problemas existentes, y para su efecto utilizarlos como un instrumento para gestionar, orientando a decidir en post por una mejora operacional.

1.1.3 Diseño Propuesta de Mejora

En esta etapa, se presenta la propuesta de mejora y los costos que conlleva a estas, con el fin de optimizar la gestión en mantención de los procedimientos del área operacional. Se consideran para este estudio, temas importantes como plan de mantenimiento, prevención, tiempos operacionales, disponibilidad de maquinarias, asignación de recursos, formación de equipos de trabajo, etc.

1.1.4 Estudio Económico

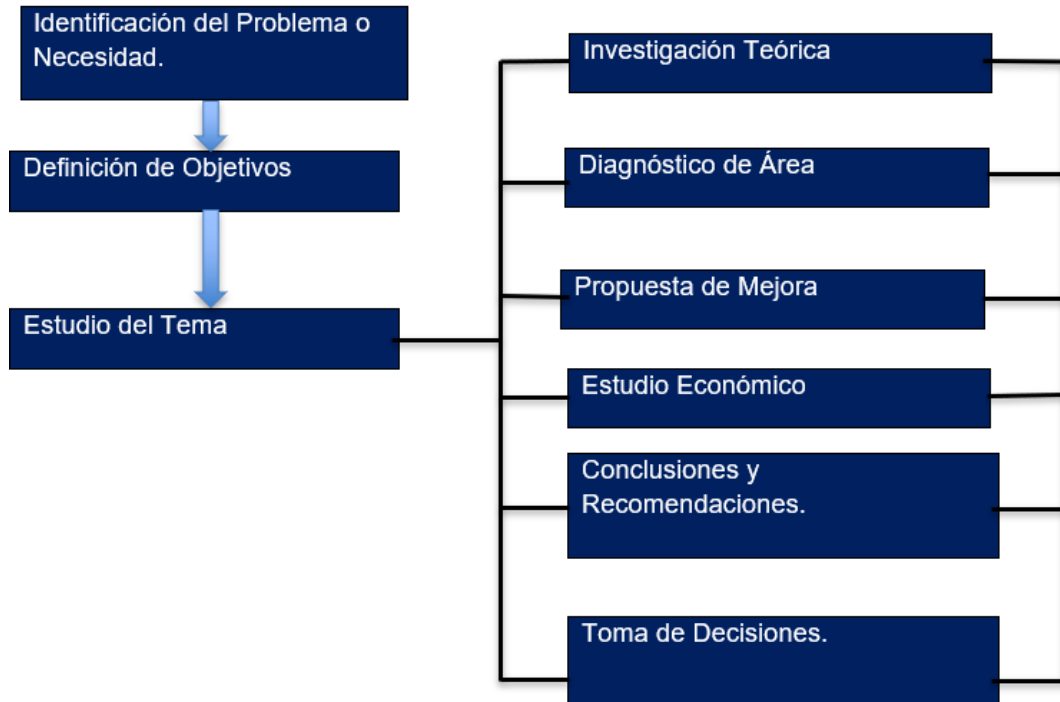
En esta etapa, se considera el análisis Beneficio / Costo del proyecto. En términos prácticos, se concluirá finalmente la viabilidad económica de la propuesta de mejora, en base al estudio de las etapas antes realizadas. A continuación en la Tabla N°1.1, se aprecia la Metodología por Objetivo Específico y herramientas de gestión:

Tabla N° 1.1 Metodología por Objetivo Específico

Objetivos específicos	Metodología para el logro del objetivo.	Herramientas de gestión para el logro de los objetivos.
a) Conocer los fundamentos teóricos del mantenimiento.	Síntesis de la bibliografía del tema para el estudio. Además, elección de las investigaciones y bibliografía que existen sobre el tema.	- Literatura en general, material bibliográfico relacionado con el tema. - Internet.
b) Elaborar diagnóstico actualizado de la mantención, aplicado en los equipos de la empresa Conpax.	Se determina el sistema en mantención y analiza el plan de mantenimiento de maquinaria pesada. Con este análisis, se puede identificar las causas que explican los problemas existentes y para su efecto utilizarlos como un instrumento para gestión, orientando a tomar una decisión en post para una mejora operacional.	Se utiliza para esto el Diagrama Espina de Pescado o Causa Efecto.
c) Proponer una planificación en mantención preventiva de la maquinaria pesada, garantizando un óptimo funcionamiento de estos.	En esta etapa, se presentan las propuestas de mejora, con el fin de optimizar el mantenimiento de maquinaria pesada por medio de una planificación en mantención preventiva. Se consideran en este estudio, temas importantes como; tipos de maquinarias, asignación de recursos, formación de grupos de trabajo, pérdida de tiempo, planificación, producción, maquinaria disponible, etc.	Una vez hecho el diagnóstico, se llega a conclusiones y propuestas de soluciones. Cada análisis propondrá, a través de conclusiones, las soluciones de gestión.
d) Evaluar la viabilidad económica de la propuesta, que muestre los principales resultados que obtendría la empresa en colocarlo en marcha.	Se hará un estudio para conocer todos los costos asociados al proyecto y sus beneficios.	-Análisis Beneficio / Costo.

A continuación en la Figura N°1.1, se aprecia el Diagrama o Esquema del Proyecto para Realizar:

Figura N° 1.1 Diagrama o Esquema del Proyecto para Realizar



Elaboración Propia.

A continuación en la Tabla N°1.2, se aprecia el Cronograma del proyecto:

Tabla N° 1.2 Cronograma

ACTIVIDADES	Sema na 1	Sema na 2	Sema na 3	Sema na 4	Sema na 5	Sema na 6	Sema na 7	Sema na 8	Sema na 9
Se busca la bibliografía del tema para el estudio. Se realizan visitas a la Biblioteca de la ciudad y a distintos sitios en Internet.									
Se interpreta y se sintetiza la bibliografía del tema para el estudio. También, se seleccionan y analizan las investigaciones y bibliografía que existe.									
Objetivo específico a: Conocer los fundamentos teóricos del Mantenimiento.									
Objetivo Específico b: Elaborar diagnóstico actualizado de la mantención, aplicado en los equipos de la empresa Compax.									
Objetivo Específico c: Proponer una planificación en mantención preventiva de la maquinaria pesada, garantizando un óptimo funcionamiento de estos.									
Objetivo Específico d: Evaluar la viabilidad económica de la propuesta, que muestre los principales resultados que obtendría la empresa en colocarlo en marcha.									
Se interpretan y analizan los resultados relacionados con el diseño del estudio, valoración de datos estadísticos y tablas.									
Se llevan a cabo las conclusiones del estudio.									
Se redacta el documento final del estudio. En esta actividad, se redacta el documento final de la Investigación.									
Se publica y difunde el estudio realizado.									
PREPARACIÓN DEL ESTUDIO									
REALIZACIÓN DEL ESTUDIO									
DIFUSIÓN DEL ESTUDIO									

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN

2.1 Generalidades

El permanente crecimiento de Conpax y principalmente en los últimos años, le ha permitido aumentar de forma sostenida la cantidad de contratos y el número colaboradores, logrando posicionarse como una empresa referente en el mercado. Conpax ha ejecutado para sus clientes una cantidad relevantes de obras específicas.

2.1.1 Análisis de la empresa CONPAX Maquinaria

2.1.1.1 Historia

Conpax se fundó en 1986 un 19 de marzo, siendo sus socios Francisco Cerda T. Georg Andresen F. y Geraldo Palma E. Ingenieros Civiles, egresados de la Universidad de Chile, junto a Jorge Sanhueza de profesión, Contador.

La expertiz de sus socios y la técnica empresarial, marcan el camino hacia el éxito, pero siempre pensando en una organización mediana con servicios personalizados, teniendo claro que frente a un mercado competitivo y exigente, se necesita el cumplimiento de plazos y calidad. Inicialmente, se firmaron contratos con el Ministerio de Obras Públicas (MOP) y luego con privados en áreas como la minería, construcción, riego y energía, logrando una alta capitalización en equipos.

En el año 1997, comienza a reordenarse la empresa en su patrimonio y organización, de esta manera nace Conpax maquinaria. Actualmente, hay varias empresas que pertenecen a Conpax S. A. en diferentes áreas como; desarrollo subterráneo, minería, energía, montaje industrial, inmobiliarias y concesiones.

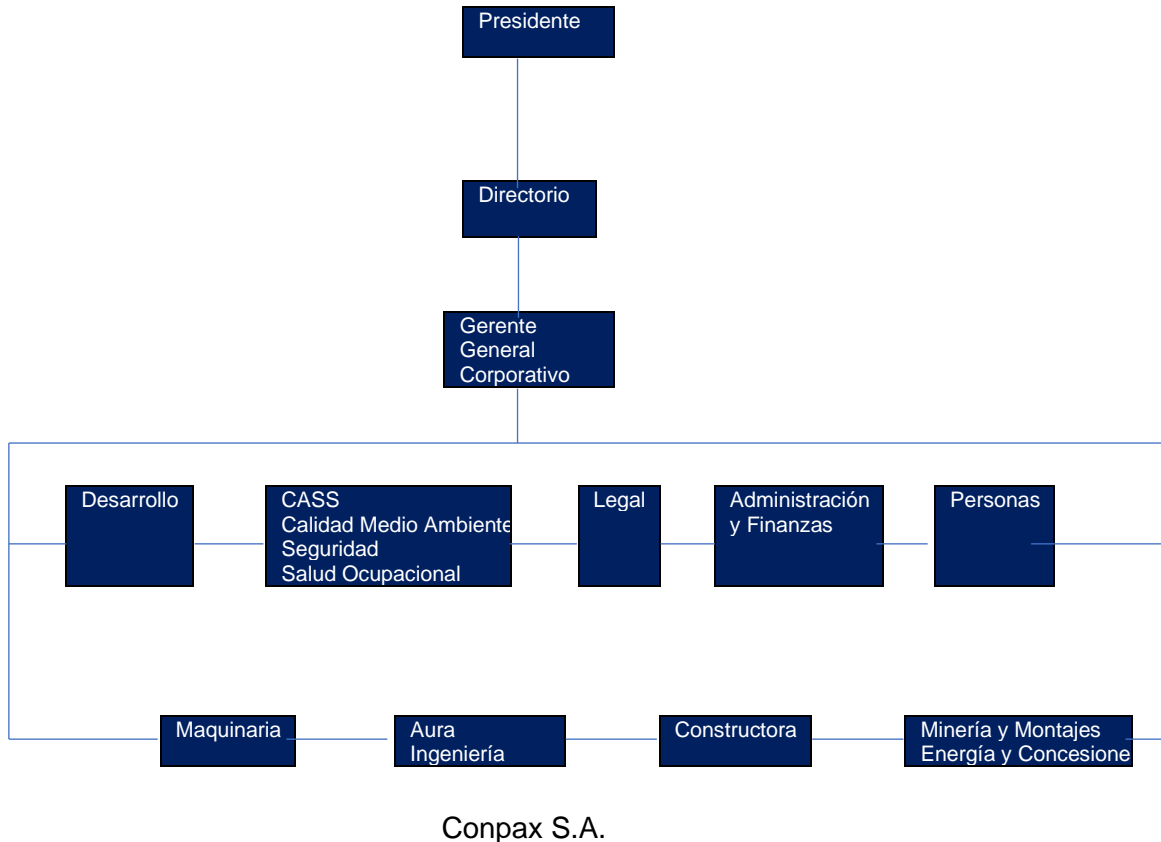
En el año 2009, se incorporan tres directores de reconocida trayectoria en el ámbito industrial, iniciando un gobierno corporativo. El 2011 se incorpora un gerente general corporativo, quién lidera la segunda etapa de reorganización.

Conpax a la fecha, ha firmado alrededor de doscientos contratos en diferentes especialidades, cumpliendo, además, un servicio de post venta, algunos de sus clientes son: CODELCO, SERVIU, MOP, METRO, LUMINA COOPER, ENDESA, COLBÚN, TRANSELEC, YAMANA, GENER, SQM, AMSA, CAP, entre otras empresas.

También, se ha asociado estratégicamente con diferentes empresas extranjeras y nacionales, potenciando su capacidad frente a contratos de concesiones y especialidades.

La facturación de Conpax en 2017 fue de USD 230 millones. Cuenta con 300 trabajadores de planta de un total de 3.000 colaboradores, de ellos 80 profesionales. Además, 120 equipos de maquinaria pesada, lo que permite trabajar en diversas obras. Empresas Conpax S. A. tiene un patrimonio de USD 80 millones.

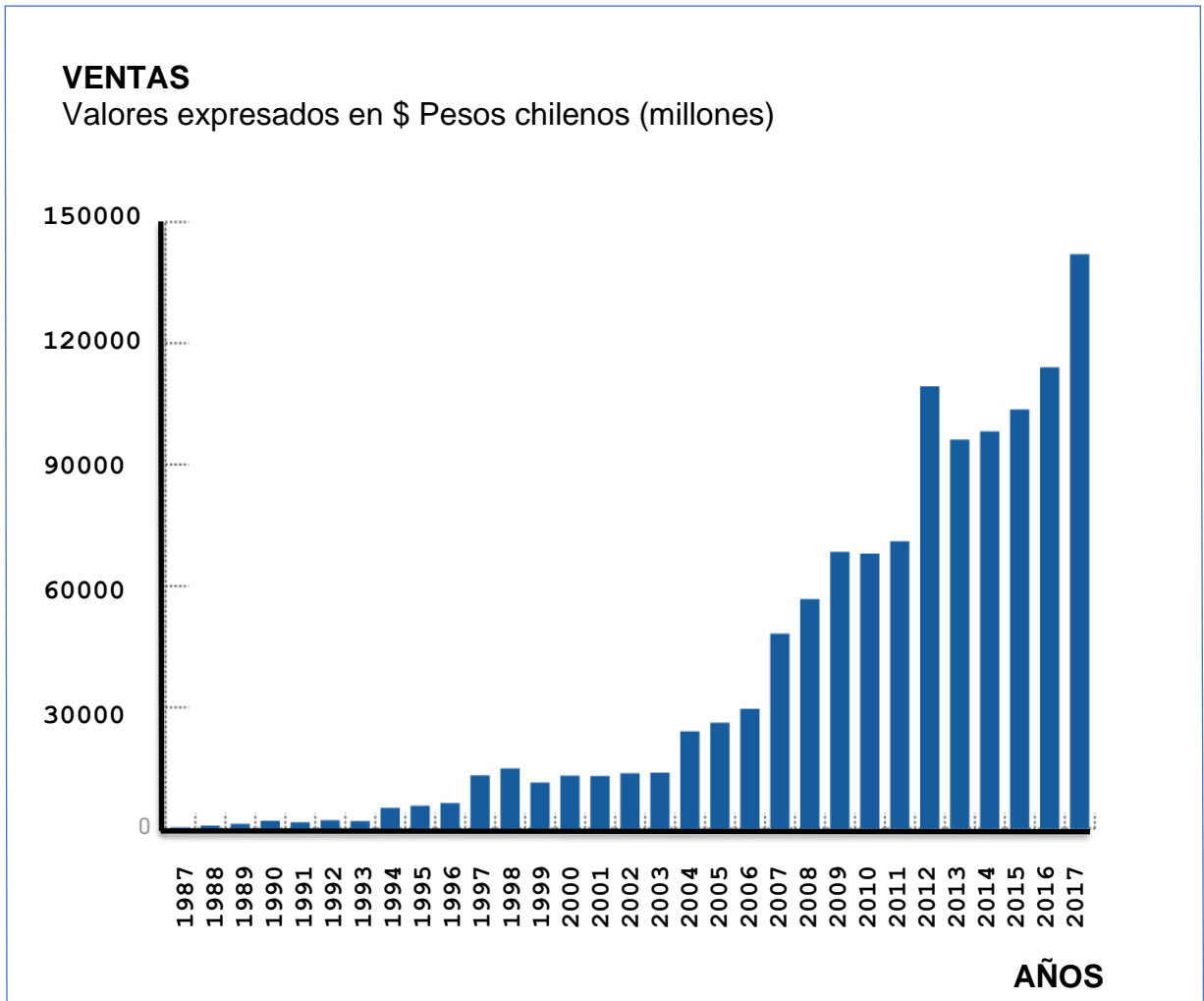
Figura N° 2.1 Organigrama Conpax.



2.1.1.2 Patrimonio y Ventas de Conpax

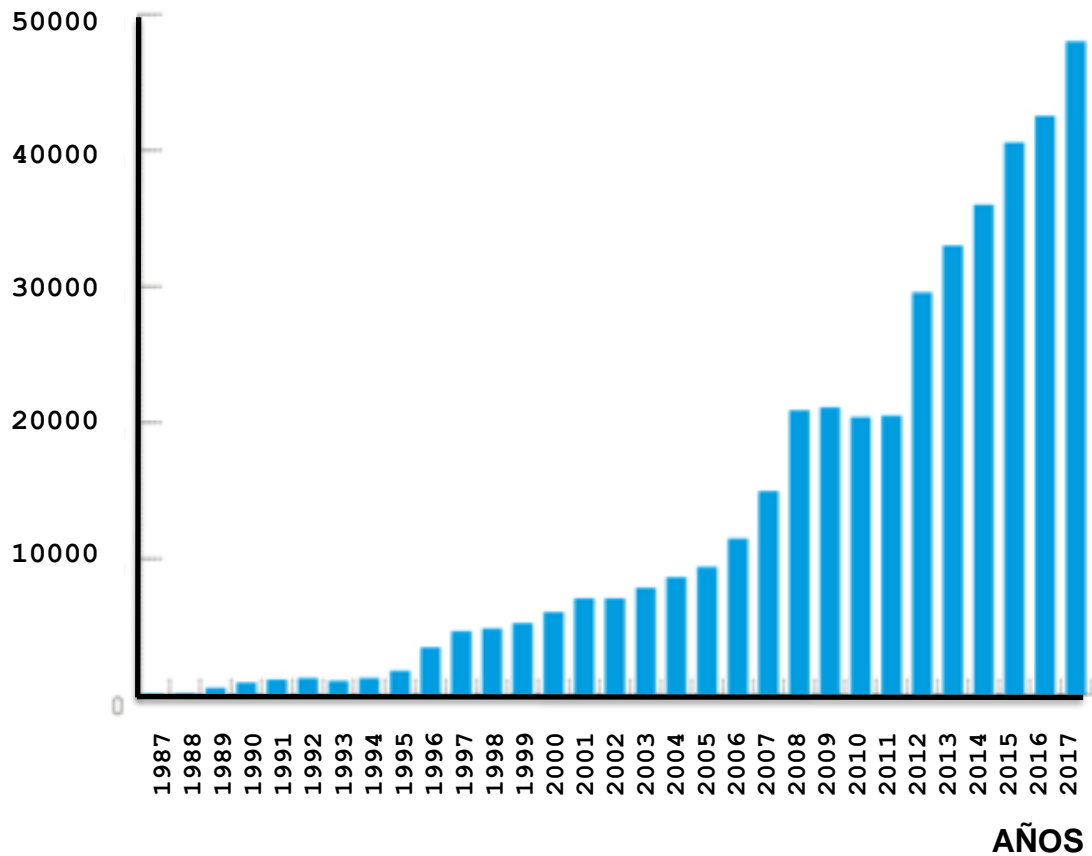
Se presenta en la figura N°2.2 un gráfico con información del patrimonio y ventas de Conpax reflejadas en la cantidad de millones de pesos hasta el año 2017.

Figura N° 2.2 Patrimonio y Ventas.



PATRIMONIO

Valores expresados en \$ Pesos chilenos (millones)



Conpax S. A.

Se aprecia el primer gráfico en donde el nivel de ventas de la empresa llega a \$150.000 millones en el año 2017. Además, se puede ver el segundo gráfico en donde el patrimonio de la empresa llega a \$50.000 millones en el año 2017.

2.1.1.3 Valores, Visión y Misión de Conpax

- Desarrollar efectivamente un liderazgo en el área de la construcción, con innovación en búsqueda de mercado, metodologías nuevas de trabajo y administración.
- Trabajar en un ambiente seguro que motive el crecer de los colaboradores que pertenecen a la empresa.
- Garantizar los plazos, precio y calidad, rentabilizando los proyectos e invirtiendo en tecnología.

- Ser partícipe activo del desarrollo del país, trabajando en las diferentes obras públicas o privadas.
- Aportar en la construcción de infraestructuras en distintas áreas como; energía eólica, minería, industrial, eléctrica.
- Lograr la satisfacción de las necesidades de los clientes.
- Establecer un compromiso de los colaboradores con los Valores, Visión y Misión de la empresa.

2.1.1.4 Sistema de Gestión Integrado Conpax

Es una organización muy importante con presencia en el mercado del país en la ejecución de proyectos de ingeniería y construcción, debido a esto, debe dar garantía del cumplimiento de los objetivos planteados por cada cliente, respetar el medioambiente, seguridad y salud ocupacional, logrando compatibilizar los proyectos en desarrollo. Para dar cumplimiento a lo anterior, se plantean algunos principios básicos:

- a) Usar metodología en estudios de administración de contratos y propuestas.
- b) Planificar y llevar a cabo la totalidad de las actividades sin poner en peligro la seguridad y salud ocupacional de los empleados y subcontratistas.
- c) Sustentar la seguridad, cuidado del medio ambiente y calidad es el objetivo para cumplir de los trabajadores constituyéndose en un hábito en el trabajo.
- d) Lograr comprometerse a cumplir con todos los requisitos que la ley solicite y también requisitos que se suscriban con terceros.
- e) Promover el crecimiento de los colaboradores junto con la organización.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Marco Teórico

3.1.1 Conpax S. A.

Empresa de equipos o maquinarias, que desarrolla su trabajo en concordancia con el medio ambiente y la comunidad, además, se basa en el respeto, trabajo en equipo, manteniendo buenas relaciones con los clientes, trabajadores, y junto a esto, optimizar constantemente los procesos productivos, comunicación oportuna y directa con los clientes y seriedad al momento de programar despachos.

Figura N° 3.1 Maquinaria Pesada.



Conpax S. A.

3.1.2 Tipos de Maquinaria Pesada en Conpax S. A.

A continuación, se presentan diferentes tipos de maquinaria pesada utilizada por Conpax en sus distintos trabajos.

Figura N° 3.2 Maquinaria Pesada.



Conpax S. A.

Figura N° 3.3 Maquinaria Pesada.



Conpax S. A.

Figura N° 3.4 Maquinaria Pesada.



Conpax S. A.

3.1.2.1 Excavadora

Se le denomina pala excavadora o excavadora, a un equipo que se mueve a través de orugas o neumáticos que tiene una estructura que gira hasta 360° interrumpidamente y para cualquier lado. Realiza trabajos como; descargar, girar, elevar, cargar todo tipo de materiales por medio de la cuchara que está unida a un brazo pluma, manteniendo el chasis o estructura sin movimiento.

3.1.2.1.1 Partes de las Excavadoras

- a) Chasis: Es una estructura que se puede desplazar por medio de neumáticos u orugas. Lleva estabilizadores como apoyo, cuando usa ruedas. (Anexo A).
- b) Corona de giro: Su función es apoyar la estructura sobre el chasis, esto permite girar 360° cuando el chasis permanece sin movimiento. Cuenta con dientes exteriores e interiores en contacto con un piñón tiene motor hidráulico independiente y freno.
- c) Estructura: Soporta gran parte de la excavadora como; cabina, bombas, válvulas, contrapeso, motores, etc.
- d) Cuchara: Cuchara o cucharón es la pieza encargada de penetrar en el suelo para realizar su trabajo de excavación. Con la cuchara, la excavadora arranca los materiales que arrastra y los deposita en su interior con un movimiento de abajo hacia arriba.
- e) Energía motriz: Cuenta con motor diésel, eléctrico o diésel – eléctrico.

f) Sistemas de accionamiento: Mayormente tiene cilindros hidráulicos, pero también hay por cilindros neumáticos, cables, cabestrantes, transmisiones mecánicas, etc.

3.1.2.1.2 Tipos de Excavadora

Hay dos tipos de excavadoras que se diferencian por su conjunto en el diseño de cuchara, brazo y pluma lo que determina su forma de trabajar:

a) Excavadora frontal o pala de empuje:

Su característica es tener la cuchara para arriba y cuenta con una altura de descarga mayor. Es muy útil en minería, al momento de cargar materiales sobre la cota de trabajo.

b) Retroexcavadora:

Cuenta con una cuchara que mira hacia abajo, llega a cotas mucho más bajas, se utiliza en construcción de cimentaciones, desmontes, zanjas, etc. Generalmente, se habla de pala mixta como retroexcavadora.

Se utiliza para movimientos de tierra de un metro cúbico de peso con la pala en traslado corto de material.

Actualmente hay distintos tipos de excavadoras con respecto a su uso, miniexcavadoras y excavadoras de 16 hasta 45 toneladas de operación.

Se relaciona a las excavadoras solo con movimiento de tierras en el área de la construcción, pero hoy en día, se trabaja en el sector de la metalurgia, minería, agrícola, rellenos sanitarios, limpieza de canales de agua tratadas, etc. Lo anterior es posible debido a que se adaptan accesorios como; fresadoras, martillos hidráulicos que son de mucha utilidad en los túneles y minería.

3.1.2.1.3 Características de Excavadoras

Las excavadoras y retroexcavadoras son maquinarias que se utilizan en variados trabajos relacionados con la excavación. Se las usa cuando el material que se excavará se ubica en la cota inferior del suelo, donde se apoyan los dos equipos.

Con respecto a las que son muy chicas, con $\frac{3}{8}$, $\frac{1}{2}$ y $\frac{5}{8}$ yd³ de capacidad, pueden hacer trabajos en alcantarillados y líneas de agua, por medio de cables, también, realizan excavaciones y cimentaciones y urbanizaciones en general.

Además, se encuentran en el mercado, máquinas excavadoras más grandes, con $2^{1/2}$ a 3 yd^3 de capacidad.

Es una maquinaria que tiene una profundidad grande y que se destaca por una mayor productividad. Por lo anterior, se puede decir que estos equipos se han ganado su lugar en los diferentes trabajos de excavación y también trabajos en la cantera con manejo de materiales. Por ejemplo, han desplazado a cargadores con llantas, a las dagas y palas que ejecutan su trabajo con menos eficiencia que las excavadoras de mayor capacidad.

3.1.2.1.4 Operación de Excavadora

Con respecto a su manejo y a sus partes básicas de la excavadora, es decir, a todos los detalles de la operación, se destaca el rango de acción de mucha amplitud. Puede realizar movimientos más eficientes, siendo también, más económica.

El alcance de una retroexcavadora hidráulica, por dar un ejemplo, tiene una capacidad de 1 a 3 yd^3 , lo que significa un alcance de 10 a 15 metros de profundidad. El levante de la carga fluctúa entre 4 a 7 metros. (Anexo B).

Otro punto para considerar en relación con la excavadora y retroexcavadora es el área donde realiza su trabajo. Por ejemplo, el área donde se excava está ubicada bajo la cota del suelo donde se apoya la maquinaria. De igual forma, se limita por el alcance que tiene la pluma, el brazo de excavación y cucharón. No se debe olvidar también, el área de vaciado.

Se encuentra la misma, oponiéndose a la anterior que se menciona, sobre el piso. Con respecto a las limitaciones que posee, el alcance horizontal está fuera del área donde se trabaja la excavación, sin mover la maquinaria del lugar.

Es importante señalar que la máquina excavadora y la retroexcavadora, deben ser montadas sobre orugas o sobre llantas neumáticas para que puedan realizar el proceso de “propulsión”. Las más frecuentes, son las maquinarias que se montan sobre orugas.

Se permite con esto, lograr transportar grandes volúmenes de carga con un mínimo de desplazamiento. La operación de las excavadoras se divide en varios pasos a seguir, y que tienen que ver con la capacidad del equipo, el alcance que se quiere obtener y que no siempre está en concordancia con el alcance del equipo que se está

utilizando en ese momento, la profundidad requerida en la excavación, la altura requerida para descargar el material, y finalmente, el giro necesario que realiza la maquinaria.

Por otro lado, las máquinas excavadoras (figura 3-5) tienen ventajas al momento de realizar una excavación, sin embargo, existen otros factores que intervienen levemente en los trabajos, aportando a la eficiencia de la maquinaria y colaborando con las capacidades de estas.

Con respecto a los factores que influyen a su manera en el proceso, se puede mencionar al peso y tipo de material que se descarga, al exceso de material en el cucharón (produce mucho daño y afecta las operaciones), el contenido de humedad y ángulo de reposo.

Todos son factores externos, que influyen en la operación, pero a menor medida y no afectan de manera importante, pero sí afectan los factores que inciden de manera directa.

Los siguientes son los factores: el acarreo, el factor de eficiencia en la operación, el tamaño del cucharón de la maquinaria, el factor de profundidad del corte, el factor de facilidad de carga, el factor de giro y el rendimiento relacionado a los horarios.

Figura N° 3.5 Máquinas Excavadoras .



Conpax S.A.

3.1.2.2 Miniexcavadora

a) Kubota U27-4

Esta maquinaria tiene una gran cabina dentro de la categoría a la que pertenece, mayor visión, entrada más ancha, ubicada a menos distancia del suelo, se puede salir y entrar con facilidad, por eso puede realizar trabajos más duros, es, además, resistente y compacta, lo que permite la ejecución de tareas más complejas en espacios pequeños.

Figura N° 3.6 Kubota U27-4



Ubaristi, S.A.

b) Equipadas con aire acondicionado y doble línea auxiliar de serie Kubota KX080-4

La miniexcavadora Kubota KX080-4, respetuosa del medio ambiente, tiene la potencia que se necesita por su motor diésel con inyección directa por el Sistema Cammon (CRS), también, un silenciador con Filtro de Partículas Diésel (DPF), Sistema Eco Plus y variadas funciones. La fuerza de excavación resalta entre las excavadoras de ocho toneladas con 8.195 kg.

Figura N° 3.7 Kubota KX080-4



Ubaristi, S.A.

3.1.2.3 Cargador Frontal

En estos días, existe en el mercado una gran gama de maquinarias, se debe al movimiento continuo del área de la construcción y minería, extendiendo y consolidándose en los últimos años.

Por otro lado, los cargadores frontales, son maquinarias de acarreo y carga en distancias pequeñas, y las retroexcavadoras son utilizadas en trabajos de excavación. Los dos equipos, se usan en distintos sectores económicos como la minería y construcción. En un proyecto minero, se utilizan en la edificación de la unidad minera, instalación del campamento, transporte de material a los camiones o volquetes mineros.

La capacidad, modelo y tecnología de estas maquinarias, son una solución eficiente para la industria frente a la problemática de carga de material y acarreo, pues se logra disminuir los costos y aumentar la producción.

3.1.2.3.1 Funciones de Cargador Frontal / Retroexcavadora

Los cargadores tienen una función básica que es proveer de material a los camiones mineros, y para definir el cargador frontal ideal para cumplir la tarea, se deben

considerar tres variables; capacidad del cucharón o cuchara, la potencia y el peso de operación.

También, hay que tener presente que estas maquinarias poseen una estructura robusta, una larga vida útil, seguridad y comodidad del operador, mejoras continuas que facilitan la operación, tecnología para detectar problemas en el equipo y sistemas que mejoran el rendimiento de combustible.

Por otro lado, las retroexcavadoras, son equipos que cumplen dos funciones; la de excavadora y cargadora, porque realiza la carga con el cucharón frontal y ejecuta la excavación con el cucharón posterior, nunca lleva a cabo las dos acciones al mismo tiempo. Por lo anterior, se usa en mantenimiento de caminos, accesos a plantas mineras y en la construcción.

Figura N° 3.8 Cargador Frontal sobre neumáticos



Ubaristi, S.A.

Una pala mecánica o pala cargadora, es una maquinaria que se utiliza frecuentemente en minería, construcción de edificios, carreteras, túneles, autopistas, presas hidráulicas y otras obras que involucren el movimiento de tierra o rocas, con grandes superficies y volúmenes.

Existen diferentes tipos; de tipo frontal, sobre neumáticos, de tipo retroexcavadora, sobre orugas, etc.

Se utiliza para alejar o separar objetos pesados del área de construcción y trasladar grandes cantidades de material en un mínimo de tiempo. Se conoce también por payloader.

3.1.2.3.2 Tipos de Cargador

Las mini cargadoras, no ocupan mucho espacio y son muy versátiles al momento de usarlas. El cazo o balde es de un metro cúbico aproximadamente.

- a) Tamaño pequeño, cuentan con un balde con capacidad de carga de un metro cúbico.
- b) Tamaño mediano, cuentan con un balde con capacidad de carga mayor de un metro hasta tres metros cúbicos.
- c) Tamaño grande, cuentan con un balde con capacidad de carga entre tres metros hasta cinco metros cúbicos.
- d) Tamaño Especial, se fabrican a pedido para trabajar en mineras, cuentan con un balde con capacidad de carga mayor de cinco metros hasta diez metros cúbicos.

Figura N° 3.9 Pala Cargadora con orugas.



cat.com

e) Con neumáticos, se trasladan rápidamente y se operan fácilmente en cualquier terreno, en la nieve y rocas, se le colocan cadenas metálicas tipo malla para protección de las cubiertas.

f) Con movimiento de orugas o cadenas, se usan para trabajar en terrenos demasiados escarpados y rocosos.

g) Con motores eléctricos, se utilizan en lugares cerrados donde no hay ventilación, como interiores de minas, porque estos equipos no emiten gases por combustión, como sucede con los motores de explosión.

h) Con motores a explosión, son la mayoría de los equipos que están presentes en el mercado, hay a caballo vapor (CV), también, se le llama a la potencia del motor HP.

i) Con motores neumáticos, se usan en minería, los que cuentan con sistemas hidráulicos en cantidad, para ser utilizados en el interior de los yacimientos, ya que no emiten monóxido de carbono, por funcionar con aire sus motores.

j) Articuladas, permite que la maquinaria pueda doblarse en la mitad, y el giro y espacio de retroceso, sea menor.

3.1.2.3.3 Usos

a) Construcción de caminos.

b) Movimientos de tierra.

c) Explotación de yacimientos mineros.

d) Carga de minerales.

e) Basurales.

f) Reconstrucción de costas de ríos y arroyos.

g) Limpieza de canales, ríos y arroyos.

h) Despeje de nieve.

i) Limpieza de residuos.

j) Construcción en obra civil.

k) Demolición de infraestructuras.

3.1.3 Mantenimiento

Son acciones cuyo fin u objetivo, es lograr la disponibilidad del equipo o maquinaria, todo el tiempo que se necesite. Las acciones, se combinan en acciones administrativas y acciones técnicas. (García, 2003).

En el área de la Ingeniería, se divide en dos especialidades; Ingeniería en mantención mecánica e Ingeniería en mantención industrial. La Ingeniería, reconoce como mantenimiento a; actividades de mediciones, comprobaciones, ajustes, reparaciones y reemplazos, que se necesitan para la reparación o mantención de un equipo o maquinaria que funciones, de tal manera, que esta pueda seguir cumpliendo sus funciones.

3.1.3.1 Objetivos del Mantenimiento

En el área de mantenimiento, intentan asegurar cuatro objetivos que son básicos para el buen funcionamiento del departamento, estos son; disponibilidad, fiabilidad, vida útil y costo, a esto se le debe sumar una correcta gestión del mantenimiento.

El departamento o área de mantención en la empresa, debe dar cumplimiento de los cuatro objetivos que marcan y rigen su trabajo:

- a) Cumplir un valor determinado de disponibilidad.
- b) Cumplir un valor determinado de fiabilidad.
- c) Asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto, al menos acorde con el plazo de amortización de la planta.
- d) Conseguir todo ello ajustándose a un presupuesto dado, normalmente el presupuesto óptimo de mantenimiento para esa instalación.

3.1.3.2 Objetivo de Disponibilidad

La disponibilidad de la maquinaria pesada se puede definir como la proporcionalidad del tiempo que dicha maquinaria, ha permanecido en disposición para realizar los trabajos requeridos, independientemente que lo haya hecho o no, por razones ajenas a su estado técnico.

El objetivo más importante del mantenimiento es poder asegurar que la maquinaria pesada, estará disponible para trabajar o producir una cantidad mínima de horas en el año o un periodo determinado.

Pensar que obtener la mayor disponibilidad posible, es totalmente un error, se habla de un 100% disponible, puede ser muy caro, con valores muy altos para el presupuesto inicial, no es rentable. Por lo anterior, basta lograr el objetivo de disponibilidad con el coste impuesto en la planificación.

Un indicador, es la disponibilidad, que entrega algunas alternativas de interpretación y cálculo. Poder definir la fórmula de cálculo de la disponibilidad, tiene un vital papel, para decidir, si el área de mantención de la empresa realiza su trabajo de forma correcta, o se hace necesario hacer modificaciones para el logro de mejoras.

Los factores más importantes que se toman en cuenta, para calcular la disponibilidad, son los siguientes:

- Número de horas totales de producción.
- Número de horas de indisponibilidad total para producir, que pueden ser debidas a diferentes tipos de actuaciones de mantenimiento:
 - a) Intervenciones de mantenimiento programado que requieran parada de planta.
 - b) Intervenciones de mantenimiento correctivo programado que requieran parada de planta o reducción de carga.
 - c) Intervenciones de mantenimiento correctivo no programado que detienen la producción de forma inesperada, y que, por tanto, tienen una incidencia en la planificación ya realizada de la producción de energía.
- Número de horas de indisponibilidad parcial, es decir, número de horas que la planta está en disposición para producir, pero con una capacidad inferior a la nominal debido al estado deficiente de una parte de la instalación, que impide que ésta trabaje a plena carga.

Con respecto a los valores aceptables de disponibilidad, en muchas empresas, se logran objetivos de disponibilidad sobre el 92% de forma sostenida, pero no de forma continua, en periodos de un año o más. Este objetivo es muy ambicioso, siempre que el cálculo se realice, de acuerdo, a la fórmula propuesta por la IEEE 762 (2006). Las empresas, intentan lograr objetivos entre los 92% y 50% cuando las condiciones o situaciones son más exigentes.

Hoy en día, hay variadas fórmulas de cálculo de este indicador. Es de importancia destacar, que la IEEE 762 (2006), estableció la norma específica explicada

anteriormente, que se refiere a la disponibilidad en una empresa. Evitando interpretaciones parciales, que de alguna forma, pudieran obtener beneficios, tanto, contratistas y propietarios.

3.1.3.3 Objetivo de Fiabilidad

“Es útil tener presente que la fiabilidad es una cuestión relativa a la calidad de los datos, mientras que la validez se refiere a la calidad de la inferencia” (Zumbo, 2007).

“El estudio de la fiabilidad parte de la idea de que la puntuación observada en una prueba es un valor concreto de una variable aleatoria consistente en todas las posibles puntuaciones que podrían haber sido obtenidas por una persona en repeticiones del proceso de medida en condiciones semejantes” (Haertel, 2006).

La fiabilidad, es un indicador que mide la capacidad de una empresa, para hacer cumplir su plan de producción prevista. Esto quiere decir; al cumplimiento de la producción planificada y comprometida con los clientes.

El no cumplir o no poder dar cumplimiento a los contratos, puede llegar a multas o penalizaciones económicas, por eso la importancia de tener en cuenta y medir este valor, al momento de diseñar la gestión del mantenimiento de la empresa y de la maquinaria pesada, en este caso.

Los factores más importantes que se toman en cuenta, para calcular la fiabilidad, son los siguientes:

- a) Horas anuales de producción, tal y como se ha detallado en el apartado anterior.
- b) Horas anuales de parada o reducción de carga, debidas exclusivamente a mantenimiento correctivo no programado.

Como se puede ver, no se considera el cálculo de este objetivo, tampoco, las horas con dedicación al mantenimiento preventivo programado, que se supone que habrá parada de maquinaria, ni el tiempo dedicado al mantenimiento correctivo programado.

Para calcular correctamente y de forma coherente este factor, se debe siempre definir, cual es la diferencia entre mantenimiento correctivo programado y no programado.

En algunas empresas, es muy común, que frente a un desperfecto detectado, y cuya reparación puede posponerse para 48 horas más, es considerado una mantención correctiva programada, por lo tanto, no computa para el cálculo de fiabilidad.

La detención de una maquinaria pesada por una intervención, por un tiempo inferior a las 48 horas, se considera mantenimiento correctivo no programado, por lo tanto, su duración se considera al momento del cálculo de fiabilidad.

El objetivo del mantenimiento intenta que este parámetro, siempre esté por sobre el valor establecido en el diseño técnico económico de la empresa, su valor generalmente es alto, sobre el 90%. El área de mantenimiento con una buena gestión debería mantener este porcentaje, sin ningún problema.

Figura N° 3.10 Mantención en Maquinaria Pesada.



Aiep.

3.1.3.4 Vida útil de las Maquinarias

El tercer objetivo de mantenimiento es poder asegurar una larga vida útil para la maquinaria. Es decir, la maquinaria pesada, debe presentar un desgaste acorde a la planificación, de tal manera, que ni la disponibilidad, fiabilidad y el coste de mantenimiento, queden fuera de sus objetivos planteados por un largo tiempo, generalmente, acorde con los plazos de amortización de la maquinaria. (Gonzales, 2009).

Se considera una vida útil para la maquinaria pesada de veinte a treinta años aproximado, en donde las horas de trabajo de los equipos junto con los objetivos de mantención deben estar siempre dentro de los valores establecidos.

Se entiende que un mantenimiento con mala gestión, con baja proporción de horas con dedicación de labores de prevención, con un presupuesto bajo, con poco personal y medios, que se basa en reparaciones provisorias, conlleva a una rápida degradación del área de mantención. Una característica del departamento de mantención con mala gestión es su aspecto visual.

3.1.3.5 Cumplimiento de Presupuesto

Los objetivos de disponibilidad, fiabilidad y vida útil, no se consiguen a cualquier precio. El área de mantención debe obtener los objetivos establecidos, ajustando los costes a lo indicado en el presupuesto inicial y anual. Como ya se mencionado, se debe calcular este presupuesto, con mucho cuidado, porque si el presupuesto es menor a lo requerido, los resultados pueden ser nefastos y disminuye la vida útil del equipo. Por otra parte, contar con un presupuesto elevado con respecto a las necesidades de la maquinaria, permite una cuenta de gastos general negativa

3.1.3.6 Tipos de Mantenimientos

Se puede decir que existen dos tipos de mantenimientos y que se diferencian entre sí, en su carácter de tareas que tienen. Los tipos de mantenimientos son:

a) Mantenimiento Correctivo.

Son diferentes tareas con el fin de corregir los defectos que van apareciendo en las distintas maquinarias, y que el operador comunica al departamento de mantención.

Figura N° 3.11 Mantenimiento Correctivo.



sanati

b) Mantenimiento Preventivo.

Este tipo de mantenimiento tiene por objetivo principal, lograr un nivel de horas de trabajo determinado en las maquinarias, con programación de intervenciones en sus puntos sensibles en los momentos más oportunos.

Tiene un carácter sistemático, se interviene, aunque la maquinaria no presente algún problema.

Figura N° 3.12 Mantenimiento Preventivo en Maquinaria Pesada



sanati

- Mantenimiento Predictivo.

Su objetivo es conocer y entregar la información del estado y operatividad de las maquinarias, mediante los valores de variables representativas.

Para realizar este tipo de mantenimiento, se necesita la identificación de variables físicas como; vibración, temperatura, consumo de energía, etc., y cuya variación señale los problemas que están apareciendo en la maquinaria.

Este tipo de mantenimiento usa mucho la tecnología, requiere de medios, conocimientos técnicos, matemáticos y físicos avanzados.

- Mantenimiento cero horas (overhaul).

Conjunto de tareas, donde su objetivo es la revisión de maquinarias con intervalos programados, antes de que se presenten algunas fallas, cuando la fiabilidad de la maquinaria ha bajado de manera apreciable y que es arriesgado hacer conjeturas con respecto a la capacidad productiva del equipo. Esta revisión consiste en dejar la maquinaria a cero horas de funcionamiento, como si el equipo es nuevo, se reemplazan o se reparan todas las piezas sometidas a desgaste.

Se quiere asegurar con mucha probabilidad, un buen tiempo funcionando, programado en un principio.

Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

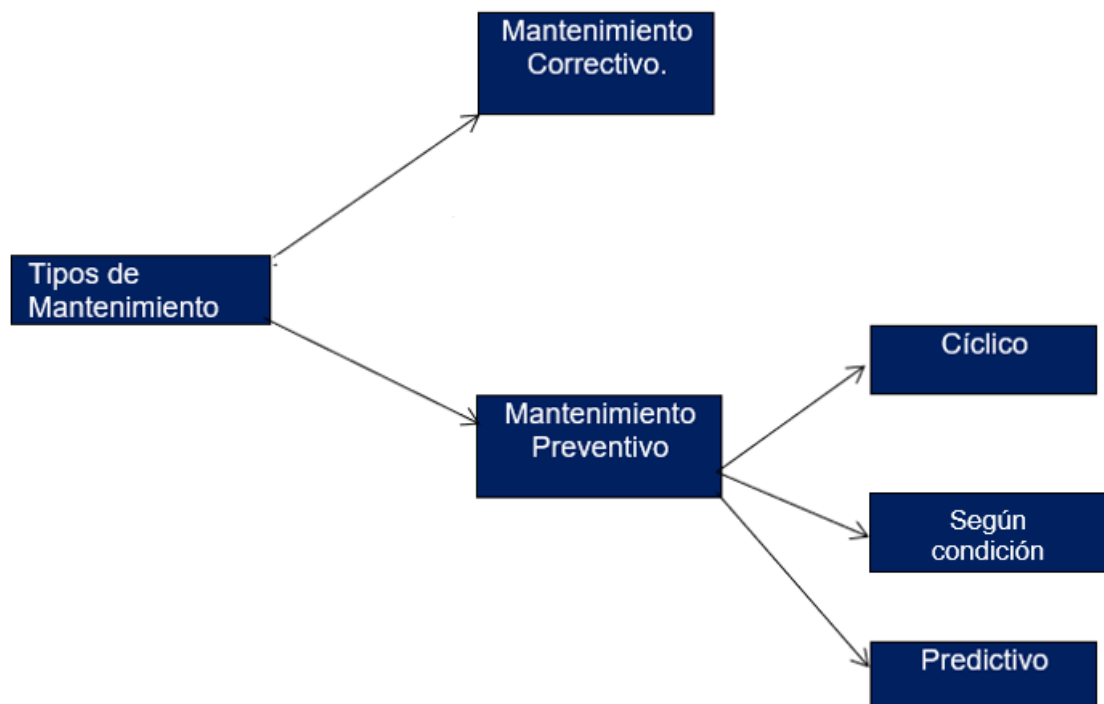
- Mantenimiento en uso.

Este tipo de mantenimiento es básico y es ejecutado por el operador, tiene que ver con algunas tareas como; inspecciones visuales, lubricación, toma de datos, reapriete de tornillos y limpieza, no se necesita mayor formación, solo una capacitación básica.

Este mantenimiento, es la base del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

A continuación en la figura N°3.13 se aprecia Esquemas tipos de mantención:

Figura N° 3.13 Esquema tipos de mantención.



Elaboración Propia.

3.1.3.7 Ventajas del Mantenimiento Preventivo

Considerando que existen ventajas en el mantenimiento preventivo, a continuación, algunas ventajas importantes:

a) Sin duda, se reducen porcentualmente los riesgos de error y fugas, que son mucho menos probables, por ejemplo; riesgos de error como; la vibración, el par motor, el choque, las fallas por fatiga, la contracción y la expansión termal, también, fugas por derrame de aceite o sustancias peligrosas.

b) En comparación con otro tipo de mantenimiento, el coste es mucho menos elevado, especialmente frente a los fallos no planificados, que se reducen considerablemente con esta técnica.

c) Se reducen los paros imprevistos, lo que aumenta la productividad y los tiempos de trabajo constante.

d) Permite un mayor control sobre la producción y facilita la planificación de planes, instalación de nuevos dispositivos, aplicaciones de nuevas técnicas, etc.

3.1.3.8 Costos del Mantenimiento

Se debe tener absoluta claridad y es primordial saber, lo que cuesta mantener los equipos o maquinarias en buen estado y funcionando al 100%.

Al momento de la planificación, se debe considerar los costos asociados de mantención de los activos en buenas condiciones y que puedan operar. A esto se le denomina costo de mantenimiento y su buena gestión depende de los recursos con que se cuenta. (Gómez, 2006).

Siempre cuando se compra un activo, en este caso una maquinaria pesada, se deben considerar los costos asociados al mantenimiento, lo que incluye tenerla, mantenerla, operarla y repararla. Si los costos de mantención son muy elevados, se puede considerar arrendar la maquinaria pesada, solo por el tiempo necesario.

En algunos casos las empresas, no consideran estos costos como inversión, tratan de evitarlos, porque los ven como una carga, reflejando una actitud totalmente errónea.

Los costos asociados al mantenimiento no son evitables. Se pueden disminuir, a través, de estrictos análisis de datos. Por ejemplo; En la experiencia de la empresa

Soventto Ingeniería de la ciudad de Copiapó (2020) señala que una maquinaria pesada, por mantenimiento representa entre un 10 % a un 15% en tiempo operacional. Pero si se considera una programación de mantención preventiva, se consigue reducir entre un 2% y 5%, generando mejor productividad y mayores ganancias.

Estos costos directos, se relacionan claramente con las inspecciones, revisiones, controles y reparaciones que requieren las maquinaria o equipos.

El autor Alberto Mora, en su libro; Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control, indica que; se puede reconocer cuatro tipos de costos de mantenimiento.

a) Directos

Se relacionan con las revisiones, inspecciones, controles y también reparaciones que necesitan las maquinarias de la empresa. Son pequeñas mientras los equipos están en buenas condiciones.

b) Indirectos

Son costos que no se vinculan de forma directa con algún proceso específico de la organización. Ejemplo; los gastos que genera el almacenar repuestos o un taller. Se aconseja en este caso, prorratear los costos y así poder determinar qué equipos necesitan más mantenimiento y cuáles son los procesos, y se mide en horas/hombre.

c) Costos generales

A través de estos costos, la empresa sostiene áreas de apoyo y otras que no tienen relación con la producción. Ejemplo; los costos de administración en relación con las tareas de mantenimiento.

d) Costos de tiempos perdidos

Son los costos que derivan de las fallas de las maquinarias, como; las paradas de producción, pérdida de efectividad, demora en el tiempo del cumplimiento del trabajo, etc.

Establecer los costos de mantenimiento, significa prever lo que ocurrirá con las maquinarias a futuro y es muy importante llevarlo a cabo. Una adecuada y correcta planificación, genera ahorros importantes para la empresa y esto se traduce finalmente en ganancias.

“El departamento de mantenimiento no debe limitarse solamente a la reparación de equipos, sino que debe tratar de disminuir los costos al realizar un mantenimiento efectivo, a través de la reducción de costos generados por mantener el recurso humano capacitado, almacenes y repuestos, con el fin de desarrollar una óptima gestión de mantenimiento” (De Bona, 1999).

3.1.4 Análisis de Modos y Efectos de Fallas

El procedimiento se lleva a cabo solo a las maquinarias más críticas, debido al tiempo que se necesita, recursos físicos, costo y dedicación de parte de los maestros. Antes de realizar el A.M.E.F. se confecciona una tabla con cuatro columnas; Función Estándar, Falla Funcional, Modo de Falla y Efectos de Falla.

En la primera columna, se define cuál es la función que debe cumplir la maquinaria dentro del sistema productivo. Como ejemplo; una bomba, y su función es bombear agua con un caudal fijo, se puede hallar que verificar la función estándar, se encuentren varias, pero es necesario mencionarlas a todas.

En la segunda columna se mencionan las posibles fallas funcionales en su totalidad que pueda tener la maquinaria, las fallas son parciales o totales.

En la tercera columna se detalla cuál es el motivo de la falla, sin aclarar las causas técnicas, pero sí nombrando las alternativas que pueden crear la falla funcional.

En la cuarta columna, con los modos de falla totalmente claros, se identifican todos los efectos de fallas que pudieron ser los causantes de los modos de fallas.

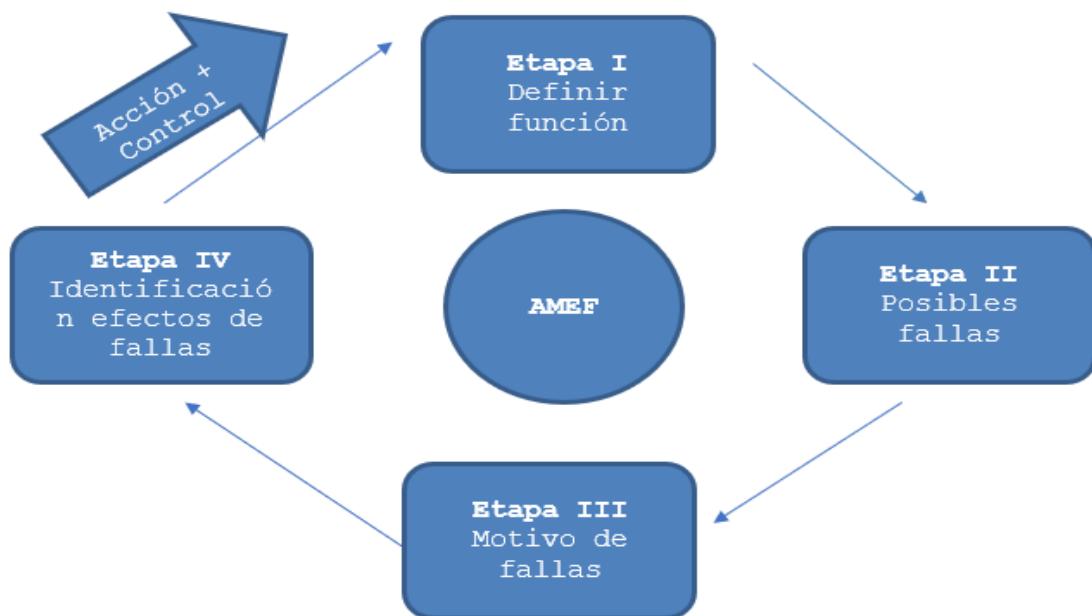
En la Tabla N°3.1 se encuentra el método de Análisis de Modos y Efectos de Fallas.

Tabla N° 3.1 Análisis de Modos y Efectos de Fallas

Función Estándar	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla
Se define cuál es la función que debe cumplir la maquinaria dentro del sistema productivo.	Se mencionan las posibles fallas funcionales en su totalidad que pueda tener la maquinaria, las fallas son parciales o totales.	Se detalla cuál es el motivo de la falla, sin aclarar las causas técnicas, pero sí nombrando las alternativas que pueden crear la falla funcional.	Se identifican todos los efectos de fallas que pudieron ser los causantes de los modos de fallas

En la figura N°3.14 se encuentra el análisis de modo y efecto falla.

Figura N° 3.14 Análisis de Modo y Efecto Falla.



Elaboración Propia.

3.1.4.1 Deficiencias en el Proceso

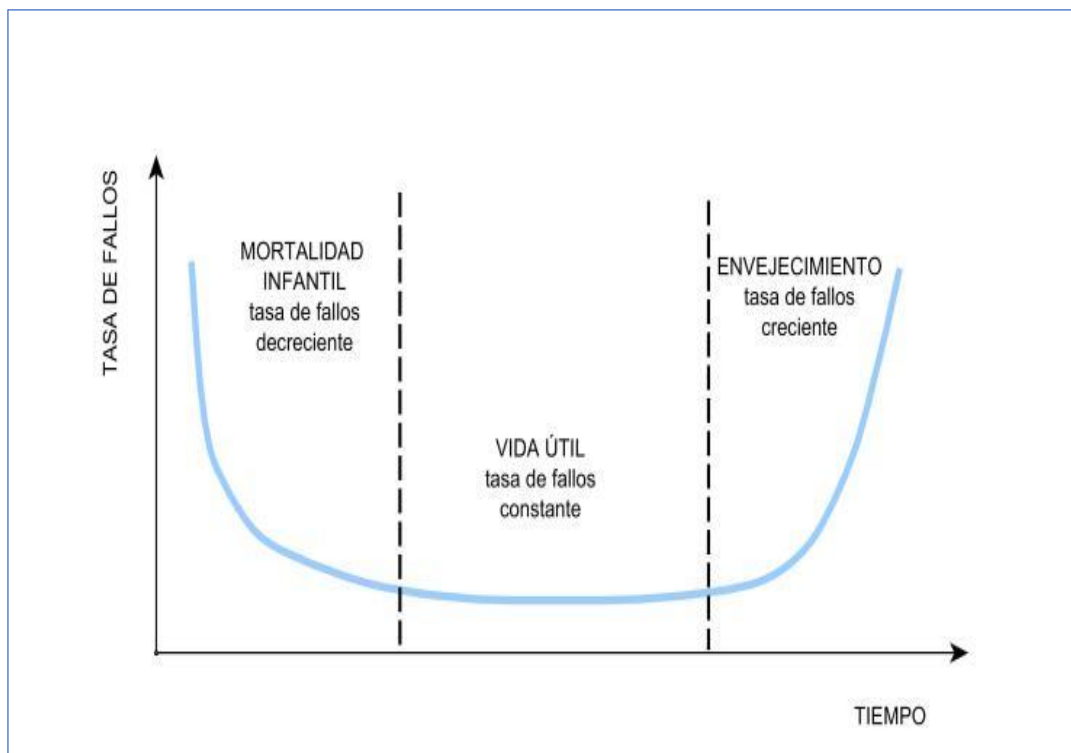
Los fallos se generan por deterioro natural de la maquinaria y esto se debe por el tiempo transcurrido.

El análisis de la curva de la bañera es una forma de graficar las fallas durante la vida útil de una maquinaria, se denomina de esta manera porque tiene forma de bañera cortada a lo largo.

- a) Mal diseño y selección del material.
- b) Imperfecciones del material, fabricación y proceso.
- c) Errores en el montaje y servicio.
- d) Errores en mantenimiento, calidad y reparación.
- e) Sobrecargas y factores ambientales.

En la figura N°3.15 se encuentra la curva de la bañera.

Figura N° 3.15 Curva de la bañera



3.1.5 Estrategias de Mantenimiento

En todo lugar donde funcionen o trabajen maquinarias o equipos se requiere de distintas estrategias de mantenimiento. De acuerdo con esto, existen tareas de tipo correctivo, pasando al segundo lugar las tareas de tipo preventivo. En cambio, en otros lugares o faenas, las tareas de mantenimiento son de tipo predictivo o condicional, siendo minoritarias las de carácter correctivo o sistemático. Conocer, (1999).

También, hay otros lugares en donde se necesitan revisiones sistemáticas, cuando recién se realizan las tareas de carácter condicional y además las averías, son una consecuencia no deseada que se intenta disminuir a toda costa.

Además, existen instalaciones en donde se usa como base de mantenimiento a las revisiones grandes que se realizan cada algún tiempo, en forma general con periodicidad superior o anual. Hay instalaciones en donde se les solicita mayor disponibilidad para producir, fiabilidad en la predicción de la producción y un mínimo de número de desperfectos.

Determinar cualquiera de las políticas mencionadas se le conoce como Estrategia de Mantenimiento, y cuya definición es; decisión que toman los responsables de la gestión en la instalación para dirigir el mantenimiento, logrando que varias tareas sirvan de base en las actividades de mantenimiento, y las otras tareas estén sujetas a ese tipo básico de tareas. Por lo anterior, existen cinco estrategias de mantenimiento:

- a) Estrategia correctiva: la base del mantenimiento es la reparación de desperfectos.
- b) Estrategia condicional: se dirige la diligencia de mantenimiento a través de algunas pruebas y observaciones.
- c) Estrategia sistemática: el mantenimiento está basado en la ejecución de varias intervenciones programadas en todo el año en toda la maquinaria existente en la faena.
- d) Estrategia de alta disponibilidad: se busca mantener operativa la instalación con el fin de producir el mayor tiempo posible, las tareas de mantenimiento se agrupan en periodos de tiempo que afecten muy poco a la producción.
- e) Estrategia de alta disponibilidad y fiabilidad: Junto con confiar en el buen estado de la instalación a la ejecución de tareas de mantenimiento, se necesita desarrollar distintas técnicas en otros campos, como; análisis de averías, ingeniería, etc, para dar garantía de forma simultánea una alta disponibilidad y fiabilidad de las previsiones de producción.

3.1.6 Pérdidas por Tiempo Muerto en Maquinarias

Se les denomina objetivos a las seis pérdidas. Los objetivos están relacionados con la maquinaria de manera indirecta o directa, dan lugar a la disminución de eficiencia del sistema productivo, fundamentalmente en tres aspectos:

- a) Tiempos muertos o de detención del sistema productivo.
- b) Funcionamiento de menor velocidad a la capacidad de la maquinaria.
- c) Mal funcionamiento de las operaciones en una maquinaria o productos defectuosos

3.1.6.1 Pérdidas por Fallas

Sus causas son por defectos en las maquinarias que necesitan algún tipo de reparación. Las pérdidas radican en tiempos muertos, costos de los repuestos y mano de obra necesaria para la reparación. La magnitud de la falla se mide por el tiempo muerto producido.

3.1.6.2 Pérdidas de cambio de Modelo y Ajuste

Sus causas son por cambios en las condiciones de operación, el comenzar una corrida de producción, al abordar un nuevo turno de los colaboradores de la empresa. Las pérdidas radican en tiempo muerto, cambio de herramientas o molde, ajuste de las maquinarias y calentamiento. Su magnitud se mide por el tiempo muerto.

3.1.6.3 Pérdidas debido a Paros Menores

Sus causas son por interrupciones a las maquinarias, tiempo de espera o atoramientos. No se registran estas pérdidas generalmente, se usa el porcentaje de utilización (100% menos el porcentaje de utilización), en este tipo de pérdida no se daña la maquinaria.

3.1.6.4 Pérdida de Velocidad

Sus causas son por disminución de la velocidad de operación, porque a velocidades mayores, ocurren frecuentemente paros menores y defectos de calidad.

3.1.6.5 Pérdidas de Defectos de Calidad y Retrabajos

Son productos que están fuera de los defectos y especificaciones, causados en las operaciones normales, los productos son eliminados o retrabajados. Estas pérdidas

radican en el trabajo necesario para componer el costo del material desperdiciado o el defecto.

3.1.7 Tiempos

3.1.7.1 MTBS: Mean Time Between Shudowns (Tiempo Medio entre Paradas)

Es un indicador que muestra el tiempo promedio que la maquinaria trabaja antes de detenerse por motivos mecánicos. Entrega información sobre la correcta gestión del mantenimiento porque esto proporciona un adecuado MTBS.

Para un periodo determinado, el MTBS se calcula dividiendo el número de horas trabajadas en dicho periodo y el número de paradas por motivos mecánicos que tuvo la maquinaria en el mismo periodo.

Las horas del horómetro son las horas trabajadas (Service Meter Unit o SMU) y el número de paradas no considera las paradas operativas. Un alto MTBS es indicativo de que la maquinaria tiene una baja frecuencia de fallas y que está más tiempo de producción que en el taller.

3.1.7.2 MA: Mechanical Availability (Disponibilidad Mecánica)

Se define la disponibilidad mecánica como la relación entre las horas trabajadas y las horas usadas en reparación. Considerando un periodo determinado, se calcula dividiendo el número de horas trabajadas entre la suma de horas trabajadas y las horas usadas en las detenciones mecánicas.

En este indicador no se muestra lo que ocurrió en el intervalo de medición, por lo tanto, no es confiable para la medición de gestión de mantenimiento. Pero, si se divide el numerador y el denominador entre el número de detenciones por motivos mecánicos (incluye las detenciones no programadas y programadas) que tuvo la maquinaria en el periodo de cálculo, se tiene lo siguiente (Duffuaa, Raouf y Dixon, 2007).

$$MA = \frac{MTBS}{MTBS + MTTR} \quad (Ec. 3.1)$$

Dónde sus variables son:

MA = Mechanical Availability (Disponibilidad Mecánica)

MTBS = Mean Time Between Shudowns (Tiempo Medio entre Paradas)

MTTR = Mean Time To Repair (Tiempo medio para reparar)

Se analiza la disponibilidad mecánica en conjunto con los indicadores MTBS y MTTR. Se recomienda para este indicador el valor de un 90%.

3.1.7.3 MTBFS: Mean Time Between Failures Shutdowns (Tiempo Medio entre Paradas por Fallas)

Es muy importante para el área de operaciones y de producción, medir el tiempo que la maquinaria está operativa (no precisamente al 100% de su capacidad), por lo que se utiliza el concepto del tiempo medio entre paradas por fallas, que el tiempo medio entre fallas.

El tiempo medio que la maquinaria trabaja entre paradas por fallas, se entiende de forma diferente y por esto, es necesario la definición del indicador MTBFS; Mean Time Between Failures Shutdowns o Tiempo Medio entre Paradas por Fallas, marcando diferencia del indicador MTBF (Duffuaa, Raouf y Dixon, 2007).

$$MTBFS = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{N}^\circ \text{ Paradas por fallas}} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

Dónde sus variables son:

MTBFS = Mean Time Between Failures Shutdowns o Tiempo Medio

Horas trabajadas = Tiempo trabajado

Nº Paradas por fallas = Cantidad de paradas por fallas

Un MTBFS con alto valor señala que el trabajo de programación y planeamiento (incluye la correcta gestión del monitoreo de condiciones) es llevada de forma adecuada y contrariamente, un valor bajo indica que las fallas no son detectadas a tiempo y la maquinaria debe detenerse de manera imprevista.

3.1.7.4 MU: Machine Utilization (Utilización de Máquina)

Con este indicador se mide el porcentaje de utilización de la maquinaria comparado con la disponibilidad para trabajar de la maquinaria o al tiempo programado. Entrega datos sobre el correcto uso del tiempo de los activos de la organización. Un valor alto de este indicador señala que la maquinaria se está usando todo el tiempo disponible en trabajos de producción. Un bajo valor de la utilización de la maquinaria señala que existe un incorrecto planeamiento del uso de las maquinarias en terreno.

3.1.7.4.1 Porcentaje de Reparaciones Programadas

Este porcentaje se calcula dividiendo la cantidad de reparaciones programadas con la cantidad de reparaciones efectuadas en la maquinaria (no programadas y programadas). Las reparaciones programadas son las que están consideradas en el plan de servicios que se harán. Las reparaciones no programadas son las que no están consideradas desde el inicio del planeamiento de los servicios (Duffuaa, Raouf y Dixon, 2007).

$$\%RP = \frac{\text{Número de reparaciones programadas}}{\text{Número total de reparaciones}} \quad (\text{Ec. 3.3})$$

Dónde sus variables son:

%RP = Porcentaje de Reparaciones Programadas

Número de reparaciones programadas = Cantidad de reparaciones programadas

Nº total de reparaciones = Cantidad total de reparaciones

3.1.7.5 MTTR: Mean Time To Repair (Tiempo Medio para Reparar)

Se muestra en este indicador el tiempo promedio que se tardan las intervenciones o reparaciones a la maquinaria por motivos mecánicos. Es el tiempo que la maquinaria se encuentra bajo estado de reparación (inoperativa para el trabajo).

Entrega datos sobre la correcta gestión del taller y planeamiento, incluye, además, el área de logística y otras áreas relacionadas con los recursos que se necesitan para llevar a cabo lo servicios.

Para un determinado periodo el MTTR se calcula dividiendo las horas totales utilizadas para reparaciones en un periodo y el número de paradas que la maquinaria tuvo por motivos mecánicos en dicho periodo. No se toman en cuenta las paradas operativas (Duffuaa, Raouf y Dixon, 2007).

$$MTTR = \frac{\text{Horas en reparaciones}}{\text{Número de paradas}} \quad (\text{Ec. 3.4})$$

Dónde sus variables son:

MTTR = Mean Time To Repair (Tiempo medio para reparar)

Horas en reparaciones = Tiempo en reparaciones

Nº de paradas = Cantidad de paradas

El horómetro no corre cuando se interviene la maquinaria, se consideran las horas solares (de reloj). No se debe confundir con horas maquinaria, tampoco con horas-hombre. El valor alto de MTTR señala que se invierten hartas horas en reparación de la maquinaria por mala gestión. Un valor bajo de MTTR señala que no se realizan los trabajos de mantenimiento como debieran ejecutarse. Dentro de las prácticas correctas de mantenimiento se recomienda que el valor promedio del indicador MTTR fluctúe entre 3 a 6 horas.

3.1.7.6 MTBF: Mean Time Between Failures (Tiempo Medio entre Fallas)

Es el tiempo promedio o medio que la maquinaria trabaja sin presentar alguna falla. Se expresa este indicador con la siguiente fórmula (Duffuaa, Raouf y Dixon, 2007).

$$MTBF = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{N}^\circ \text{ de fallas presentadas}} \quad (\text{Ec. 3.5})$$

Dónde sus variables son:

MTBF = Mean Time Between Failures (Tiempo Medio entre Fallas)

Horas trabajadas = Tiempo trabajado

Nº de fallas presentadas = Cantidad de fallas presentadas

Este indicador (MTBF) dependerá de algunas áreas de la organización, porque la causa de las fallas presentadas podría ser por repuestos con defectos, mala operación, fallas del producto original, malas reparaciones realizadas, etc, por lo que es necesario efectuar un mayor análisis para establecer la causa de la falla que originó el problema.

3.1.7.7 MR: Maintenance Ratio (Razón de Mantenimiento)

Es la relación de las horas-hombre utilizadas en el mantenimiento de las maquinarias en relación con las horas de trabajo de estas (Duffuaa, Raouf y Dixon, 2007).

$$MR = \frac{\text{Horas - Hombre}}{\text{Horas trabajadas máquina}} \quad (\text{Ec. 3.6})$$

Dónde sus variables son:

MR = Maintenance Ratio (Razón de Mantenimiento)

Horas - Hombre = Tiempo trabajado por personal

Horas trabajadas máquina = Tiempo trabajado por máquina

Tomando en cuenta solo el personal técnico este indicador debe estar entre 0.2 y 0.3, para el personal administrativo se considera 0.15 a 0.2. En los servicios de una maquinaria el MR muestra la correcta utilización de horas-hombre. Un valor alto se debe a una incorrecta gestión del mantenimiento, de mano de obra o que la maquinaria tiene muchas fallas frecuentes debido a una mala operación.

3.1.8 Análisis de Criticidad

Este análisis es un método utilizado y que accede a establecer jerarquías entre los siguientes elementos:

- a) Instalaciones.
- b) Sistemas.
- c) Equipos.
- d) Elementos de un equipo.

Acorde con su total impacto del negocio, conseguido del producto de la frecuencia de fallas por la severidad de su ocurrencia, sumando sus daños al personal, efectos en la población, pérdida de producción, impacto ambiental y daños en la instalación.

También, afirma el tomar decisiones para la administrar esfuerzos en la ejecución de proyectos de mejora, gestión de mantenimiento, riesgos y rediseños basados en el impacto en la confiabilidad actual.

3.1.8.1 Definiciones:

Acción/recomendación: Es lo que se asigna para realizar un trabajo o algunas tareas para resolver una causa identificada en la investigación de un problema o falla.

Activo: Palabra contable para todo recurso con valor, flujo de caja, ciclo de vida. Puede ser físico, financiero intangible, humano. Por ejemplo; equipos, plantas, centros de trabajo, personal, etc.

Afectación: Condiciones y limitaciones que se aplican debido a la ley por el uso de un bien fiscal, particular o predio, para destinación parcial o total de obra de utilidad pública.

Análisis de Criticidad de Modo de Falla y Efectos: Método que permite cuantificar el impacto o consecuencias de las fallas de los componentes de un sistema, también, la frecuencia con que se presentan para establecer los trabajos de mantenimiento en las áreas que crean mayor repercusión en la funcionalidad, riesgos, confiabilidad y costos totales con el objetivo principal de eliminarlas o mitigarlas por completo.

Causa de Falla: Condiciones relacionadas con la manufactura, diseño, uso, instalación y mantenimiento que hayan llevado a una falla.

Confiabilidad Operacional: Capacidad que tiene un activo y que es representado por su tecnología, gente y procesos para cumplimiento de sus funciones o el propósito que se espera de este, bajo un contexto operacional determinado y dentro de sus límites de diseño.

Consecuencia: Es el resultado de un evento, con una o más consecuencias y son expresadas de forma cuantitativa o cualitativa. Por esto, los modelos utilizados para calcular se deben considerar los impactos de higiene, seguridad, costos de reparación, ambiente e imagen de la empresa.

Consecuencia de una falla: Su definición es en función a los aspectos que son de importancia mayor para el operador, como; el económico, ambiental y de seguridad.

Contexto Operacional: Conjunto de factores que tienen relación con el entorno, incluyen el impacto ambiental, tipo de operación, niveles de seguridad, existencia de redundancias y estándares de calidad.

Criticidad: Indicador proporcional al riesgo que permite establecer las prioridades de procesos, jerarquía, equipos y sistemas, generando una estructura facilitadora de toma de decisiones efectivas y acertadas, accediendo a direccionar los recursos y esfuerzos a los trabajos donde es necesario e importante administrar el riesgo y optimizar la confiabilidad.

Defecto: Causa inmediata de una falla; fallas ocultas en sistemas de seguridad, mal ajuste, desalineación, etc.

Efecto de falla: Describe lo que sucede cuando aparece un modo de falla.

Falla: Término de la habilidad de un ítem para realizar una función necesaria.

Falla funcional: Cuando el ítem no cumple con su función con respecto con el parámetro que el usuario necesita.

Jerarquización: Ordenamiento de trabajos con respecto a su prioridad.

Modo de falla: Forma por la cual una falla se observa. De forma general se describe como sucede y su nivel de impacto en la operación del equipo. Efecto por el cual una falla se observa en un ítem fallado. Hechos que pueden haber causado cada estado de falla.

Mecanismo de falla: Proceso químico, físico u otro que produjo un deterioro hasta llegar a la falla.

Prioridad: Importancia relativa de un trabajo en relación con otros.

Riesgo: Probabilidad de tener una pérdida y se expresa de la siguiente manera:

$$R(t) = P(T) \times C \quad (Ec. 3.7)$$

Dónde sus variables son:

$R(t)$ = es el riesgo en función del tiempo.

P_f = es la probabilidad de ocurrencia de un evento en función del tiempo.

C = sus consecuencias.

3.1.8.2 Descripción de la Metodología de Análisis de Criticidad.

Para establecer la Criticidad de un equipo o unidad se usa una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla.

Se representa en un eje la frecuencia de fallas y las consecuencias o impactos en el otro eje, los cuales incurrirá el equipo o unidad en estudio si le sucede una falla.

A continuación en la Tabla N° 3.2 se presenta la Matriz de Criticidad con categoría de frecuencia y consecuencia:

Tabla N° 3.2 Matriz de Criticidad

Categoría de Frecuencia	5	M	M	A	A	A
	4	M	M	A	A	A
	3	B	M	M	A	A
	2	B	B	M	M	A
	1	B	B	B	M	A
Categoría de Consecuencias	1	2	3	4	5	
Matriz de Criticidad						

La Matriz de Criticidad se presentan los niveles de criticidad identificándose con letras y colores:



Criticidad Baja color verde



Criticidad Media color amarillo



Criticidad Alta color rojo

Esta matriz cuenta con un código de colores que accede a la identificación de mayor o menor intensidad de riesgo en relación con el Valor de Criticidad de la instalación, equipo o sistema en análisis.

¿Qué elementos se deben considerar para determinar la criticidad?

Se determina de forma cuantitativa, multiplicando la frecuencia o probabilidad de ocurrencia de una falla por la suma de las consecuencias de esta, se establecen rasgos de valores para homologación de los criterios de evaluación.

$$Criticidad = Frecuencia \times Consecuencia \quad (Ec. 3.8)$$

Dónde sus variables son:

Criticidad = Nivel de impacto e importancia que tiene una máquina, equipo o dispositivo en los procesos de una organización.

Frecuencia = Probabilidad de ocurrencia de una falla

Consecuencia = Suma de las consecuencias de la falla

3.1.8.3 Pasos del Análisis de Criticidad

Para llevar a cabo el Análisis de Criticidad se deben seguir los siguientes pasos:

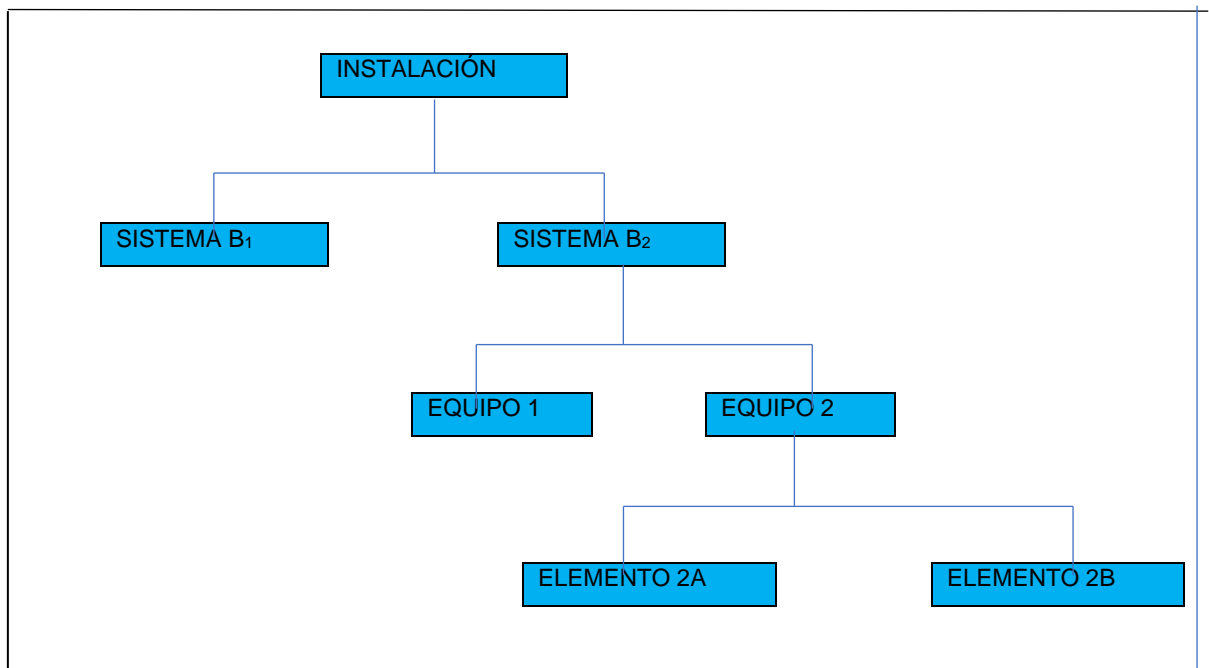
3.1.8.3.1 Primer Paso: Definir el Nivel de Análisis

Se deben precisar los niveles en donde se realizará el análisis: instalación, sistema, equipo o elemento, con respecto a las necesidades o requerimientos de jerarquización de los activos:

A continuación la figura N°3.16 donde se presentan los Niveles de Análisis para Evaluar Criticidad: (Moreu de León, Sánchez, 2002)

Niveles de Análisis para Evaluar Criticidad

Figura N° 3.16 Niveles de Análisis para evaluar la Criticidad.



Para llevar a cabo el análisis se necesita la siguiente información:

- a) Relación de las instalaciones. Tipos de instalaciones.
- b) Relación de sistemas y equipos por instalación. Diferentes tipos de sistemas y equipos.
- c) Ubicación y servicio. Área geográfica, región. Filosofía de operación de la instalación y equipo.
- d) Diagramas de Flujo de Proceso (DFP).
- e) Registros disponibles de fallas funcionales o eventos no deseados.
- f) Frecuencia de ocurrencia de las fallas o los eventos no deseados estimadas en el análisis.
- g) Registros de los impactos en producción. Porcentaje de pérdida de producción debido a la falla del equipo, sistema, elemento o instalación en estudio, costos relacionados y producción diferida.
- h) Registro de los impactos en la seguridad de los procesos.

3.1.8.3.2 Segundo Paso: Definir la Criticidad

Para la estimación de la frecuencia de la falla y el impacto total o consecuencia de las fallas se lleva a cabo usando criterios y rangos preestablecidos:

Estimación de la frecuencia de la falla: Por cada equipo puede haber más de un modo de falla, el de mayor impacto en el proceso es el más representativo. La frecuencia de ocurrencia del evento se determina por el número de eventos por año.

A continuación, la tabla N°3.3 presenta los criterios para estimar la frecuencia. Se usa el Tiempo Promedio entre Falla (TPEF) o la frecuencia de falla en número de eventos por año, utilizar base de datos genéricos, sino se tiene la información.

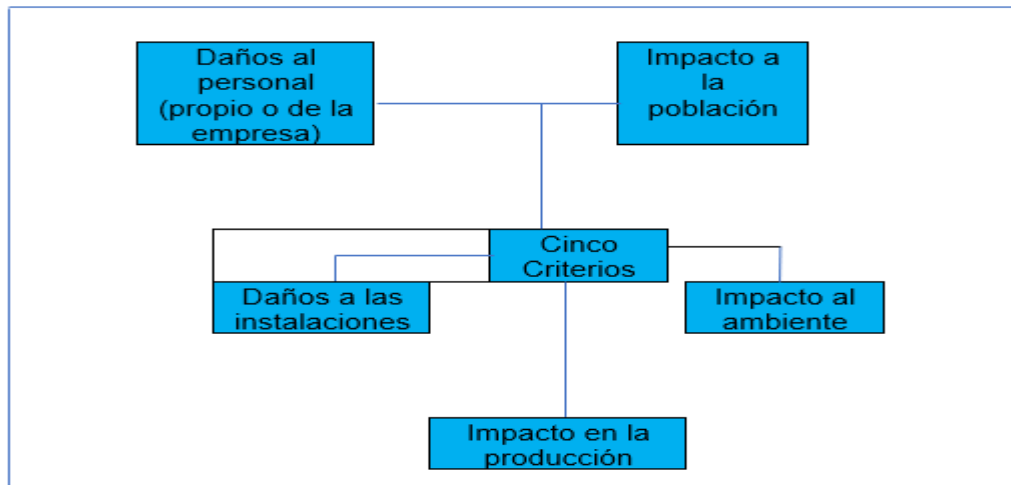
Tabla N° 3.3 Criterios para estimar la Frecuencia

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en años	Número de fallas por año	Interpretación
5	$TPEF < 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurran varias fallas en un año.
4	$1 \leq TPEF < 10$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurran varias fallas en 10 años, pero es poco probable que ocurra en 1 año.
3	$10 \leq TPEF < 100$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurran varias fallas en 100 años, pero es poco probable que ocurra en 10 años.
2	$100 \leq TPEF < 1000$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es probable que ocurran varias fallas en 1000 años, pero es poco probable que ocurra en 100 años.
1	$TPEF \geq 1000$	$0.001 \leq \lambda$	Es probable que ocurran varias fallas en 1000 años.

Se utilizan los siguientes rasgos preestablecidos y criterios para la estimación de las consecuencias o impactos de la falla.

En la figura N° 3.17 se aprecian los Criterios y rasgos para estimar las consecuencias de las fallas.

Figura N° 3.17 Criterios y rasgos para estimar las consecuencias de las fallas.



bibing.us.es

El impacto al ambiente, a la población y los daños al personal se categorizan tomando en cuenta los criterios que se señalan en la tabla Categoría de los Impactos.

Los Impactos de Producción (IP) ponderan las consecuencias que los eventos no deseados crean sobre el negocio. El criterio será evaluado considerando los factores, como; Producción Diferida, Tiempo Promedio para Reparar (TPPR).

Costos de Producción (combustible y aceite)

$$IP = (\text{Producción Diferida} \times \text{TPPR} \times \text{Costo unitario del producto}) \quad (\text{Ec. 3.9})$$

Dónde sus variables son:

IP = Impactos de Producción

Producción Diferida = Cantidad de producción que se deja de obtener a causa del mantenimiento

TPPR = Tiempo Promedio para Reparar

Costo unitario del producto = Costo del producto por unidad

El valor resultante permite categorizar el IP con respecto a los criterios de la tabla Categoría de los Impactos. Los impactos relacionados a Daños de las Instalaciones (DI) se evalúan considerando los factores siguientes:

- a) Equipos Afectados.
- b) Costos de Reparación.
- c) Costos de Reparación de Equipos.

$$DI = (\text{Costos de reparación} + \text{Costo de reposición de equipos}) \quad (\text{Ec. 3.10})$$

Dónde sus variables son:

DI = Daños de las Instalaciones

Costos de reparación = Cuanto cuesta la reparación

Costo de reposición de equipos = Cuanto cuesta reponer otro equipo

El valor resultante permite categorizar el DI con respecto a los criterios de la tabla N° 3.4; Categoría de los Impactos.

Tabla N° 3.4 Categoría de Impactos.

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)	Daños a la instalación (USD)
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad.	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	Mayor de 50 MM	Mayor de 50 MM
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Incapacidad parcial, permanente, daños o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad.	Daños irreversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales.	De 15 a 50 MM	De 15 a 50 MM
3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Requiere suspensión laboral.	Puede resultar en hospitalización de al menos 3 personas.	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada.	De 5 a 15 MM	De 5 a 15 MM
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	Puede resultar en heridas o enfermedades que requieran tratamiento médico o primeros auxilios.	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 500 mil a 5 MM	De 500 mil a 5 MM
1	Sin impacto en el personal de la empresa.	Sin efecto en la población.	Sin daños ambientales, ni violación de leyes y regulaciones.	Hasta 500 mil	Hasta 500 mil

En la tabla Categoría de los Impactos, el valor que se ubica en la columna Categoría se asigna a las consecuencias, y se emplea para realizar el cálculo del nivel de criticidad.

La consecuencia o impacto total de una falla se establece con la suma de los valores de las categorías que corresponden a cada criterio o columna multiplicado por el valor de la categoría obtenida de la tabla que determina la frecuencia de ocurrencia de falla.

3.1.8.3.3 Tercer Paso: Cálculo de Nivel de Criticidad

Se utiliza la siguiente fórmula para establecer el Nivel de Criticidad:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia} \quad (\text{Ec. 3.11})$$

Dónde sus variables son:

Criticidad = Nivel de impacto e importancia que tiene una máquina, equipo o dispositivo en los procesos de una organización.

Frecuencia = Probabilidad de ocurrencia de una falla

Consecuencia = Suma de las consecuencias de la falla

Para estas variables se usan los valores preestablecidos como categorías de las tablas; Categoría de los Impactos y Categoría de las Frecuencias de Ocurrencias, respectivamente.

Cuando se obtiene el valor de la criticidad, se procede a buscar en la Matriz de Criticidad diseñada para PEP, con el fin de establecer el nivel de criticidad con respecto a los valores y la jerarquización establecidos.

A continuación la tabla N° 3.5 se presenta la Matriz de Criticidad – PEP:

Tabla N° 3.5 Matriz de Criticidad - PEP

Frecuencia	5	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12
	4	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5
	3	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8	8	9	9	10
	2	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7
	1	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8	0
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Impacto																						



Criticidad Baja color verde: $5 \leq \text{Criticidad} \leq 29$



Criticidad Media color amarillo: $30 \leq \text{Criticidad} \leq 49$



Criticidad Alta color rojo: $50 \leq \text{Criticidad} \leq 125$

3.1.8.3.4 Cuarto Paso: Análisis y Validación de los Resultados

Se analizan los resultados obtenidos para definir las acciones a seguir para disminuir los impactos asociados a los modos de falla identificados que originan la falla funcional.

El análisis final permite validar los resultados que se obtuvieron, con el objetivo de detectar alguna posible desviación que necesite la reevaluación de la criticidad.

3.1.8.3.5 Quinto Paso: Definir el Nivel de Análisis

El resultado que se obtiene de la frecuencia de ocurrencia por el impacto accede a jerarquizar los sistemas o procesos, componentes, equipos, problemas, basado en la criticidad. El cuál es el objetivo de la Aplicación de la Metodología.

La identificación de los activos más críticos y la valoración del nivel de criticidad permite orientar los esfuerzos y recursos a las áreas que más lo necesiten, también, dirigir las acciones para mitigar el riesgo en elementos subsistemas, tomando en cuenta su impacto en el proceso.

3.1.8.3.6 Sexto Paso: Determinar la Criticidad

Con esto se accede a completar la metodología, sin formar parte de esta. Cuando se evalúa un activo se obtienen frecuencias de ocurrencias altas, las recomendaciones de las acciones a seguir para llevar la criticidad de un valor más tolerable se orientan a disminuir la frecuencia de ocurrencia del evento. Si el valor de criticidad es originado por valores altos en alguna de las categorías de consecuencias, se deben orientar las acciones a la mitigación de los impactos que el evento pueda generar (falla funcional o modo de falla).

Se recomiendan algunas acciones a seguir, se incluyen aplicar diferentes metodologías de Confiabilidad, con el fin de:

- a) Identificar las causas raíz de los eventos no deseados y proponer acciones que las eliminen, a través, del Análisis Causa Raíz (ACR).
- b) Mitigar las consecuencias y efectos de los modos de falla y frecuencia de las fallas, a través, de aplicaciones de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) e Inspección Basada en Riesgo (IBR).
- c) Validar y/o complementar los resultados, a través, del análisis RAM.

3.1.8.3.7 Séptimo Paso: Sistema de Seguimiento de Control

Después de seleccionar las acciones de mejora en las frecuencias de ocurrencia de los eventos y la acción de mitigar los impactos, se crea y establece el Seguimiento y Control para dar garantía en el monitoreo de la ejecución de las acciones seleccionadas y el cumplimiento de las recomendaciones que sean consecuentes de AC.

Los objetivos de Seguimiento y Control son:

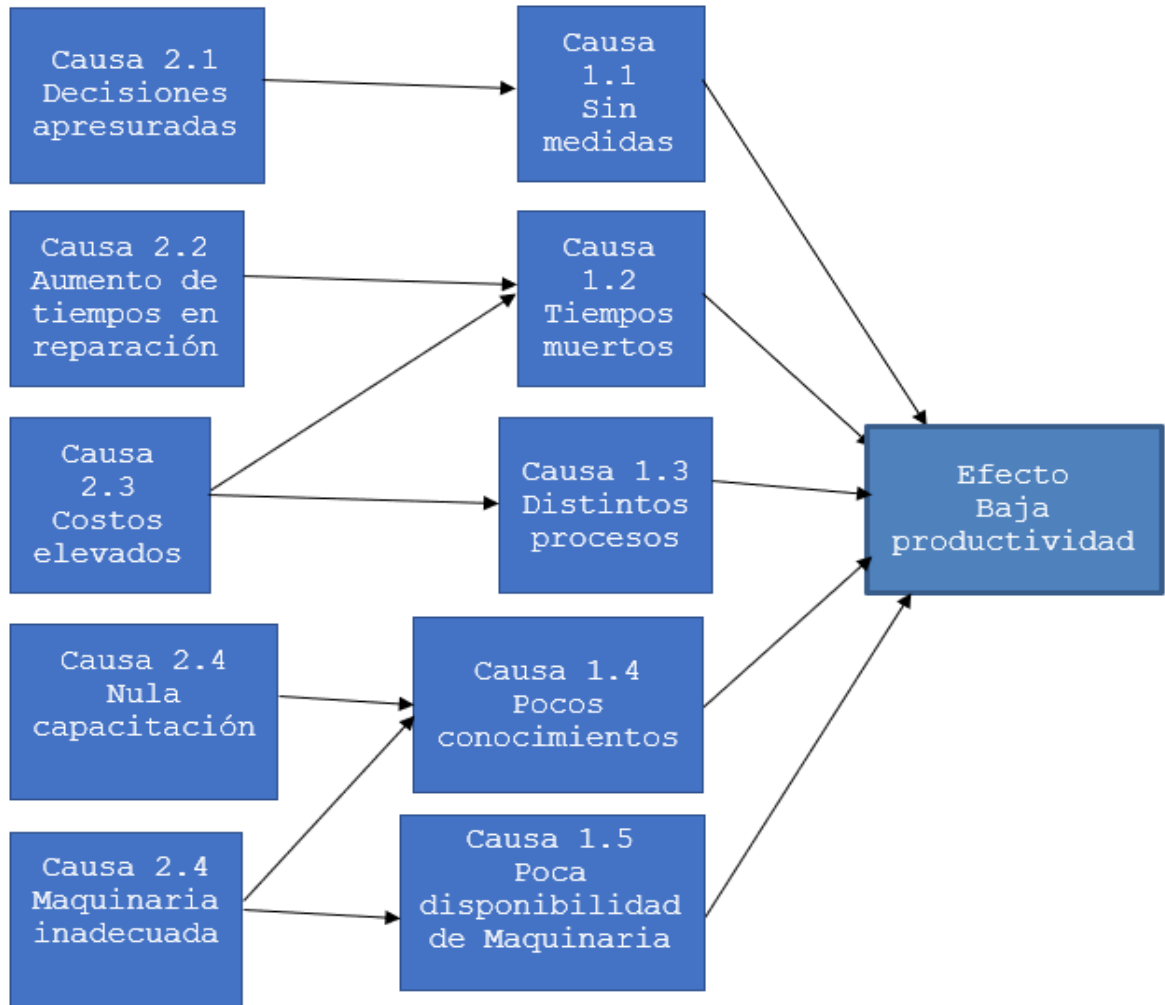
- a) Asegurar la continuidad en el tiempo de la aplicación de los planes de acción que resultan de la aplicación de la Metodología Análisis de Criticidad.
- b) Promover la cultura del dato en todos los niveles de la organización.
- c) Monitorear las mejoras o cambios que se derivan de la aplicación de las acciones originadas como resultados de los análisis para establecer, se necesita un nuevo análisis.

CAPÍTULO IV

DIAGNÓSTICO DEL TEMA

4.1 Desarrollo Diagrama de Causa Efecto

Figura N° 4.1 Diagrama de Causa Efecto .



Elaboración Propia

➤ Efecto

El problema, es el ineficiente o nula planificación de mantenimiento para los equipos, y cuyo resultado final, son baja productividad, disminución de ventas, poco personal, tiempos muertos sin producción, dejando sin disponibilidad la maquinaria, etc., en donde no se tiene establecido, un programa o plan de mantención.

- Causa
- Medidas

En el área de operaciones, se encuentran con el problema de no poder contar con los diferentes equipos o maquinaria pesada, debido a que simplemente, no funcionan, la mayor parte de dichas fallas mecánicas, no presentaban daños generalizados de carácter graves, por ende, todas son factibles de reparar a bajo costo.

- Tiempos

La reparación de la maquina pesada, cuando dejan de funcionar, genera un aumento considerable de tiempo, a una solución definitiva. No se sabe, cuál será la falla o que pieza se romperá, tampoco se sabe, cuánto tiempo llevará arreglar la maquinaria afectada.

- Procesos

Dentro de los procesos, se encuentra un diagnóstico deficiente y poco asertivo del daño y reparación de maquinaria pesada, elevando considerablemente los costos asociados para la empresa.

- Conocimientos

La causa, es que se emitieron informes técnicos, con orden de cambio de piezas para las maquinarias pesadas dañadas, la mayor parte de la maquinaria pesada, no presentaban daños generalizados de carácter graves, por ende, todas eran factibles de reparar a bajo costo. Los profesionales y mecánicos de la maquinaria pesada, no se encuentran en condiciones de reparar los equipos dañados por cualquier falla.

- Maquinaria

La causa, es que este tipo de maquinaria tiene problemas mecánicos muy seguidos, frente a cualquier tipo de trabajo, lo que genera desconfianza al momento de utilizar la maquinaria pesada.

4.1.1 Evaluación del tipo de mantención a emplear

De acuerdo con el Diagrama de Causa Efecto, el efecto, señala que el problema es el ineficiente o nula planificación de mantenimiento para los equipos, y cuyo resultado

final, son tiempos muertos sin producción, dejando sin disponibilidad la maquinaria, etc., en donde no se tiene establecido, un programa o plan de mantención.

Por lo tanto, se deben tomar nuevas medidas operacionales, que no estaban consideradas en la planificación inicial, como; establecer una programación de mantenimiento para los equipos, con una mirada preventiva y no correctiva o reactiva. Los tiempos, utilizados en mantenimiento de las distintas maquinarias pesadas, siempre son menores, con respecto a los tiempos utilizados en las reparaciones.

Una planificación urgente de nuevos procesos operacionales, en el sector de mantención y reparación de maquinaria pesada. Además, se hace necesario entregar las herramientas básicas para la mantención, evaluación de daños y posterior reparación de la maquinaria pesada, por medio de una planificación de mantenimiento, que incorpora evaluar y reparar la falla.

También, se debe contemplar una estricta programación de mantenimiento, lo que permitirá mantener disponibilidad de la maquinaria pesada, cuando sean requeridas por la empresa, para algún tipo de trabajo.

Finalmente, es necesario, la formación de nuevos equipos de trabajo, con conocimientos en mecánica, mantención y reparación de maquinaria pesada, que sean capaces de trabajar en mantener la disponibilidad de la maquinaria pesada, el mayor tiempo posible.

CAPÍTULO V

PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENCIÓN

5.1 Propuesta de Solución

5.1.1 Plan de Mantenimiento

El área temática del estudio estará enfocada en el sector de la mantención de maquinaria pesada, donde el campo de interés será el establecer una Planificación Preventiva de Mantenimiento para Equipos o Maquinaria Pesada en la empresa Conpax S. A.

Con respecto a la investigación, es descriptiva, permite de buena manera, conocer el tema que interesa en su área. El estudio es transversal e investigativo y por la obtención de la información, también, es prospectiva.

Para justificar la elección de esta propuesta de solución, se señala que, el eje u objetivo general de este estudio es diseñar un plan de mantención preventiva de los equipos, como; maquinaria pesada.

Con la información y datos recogidos, se puede establecer los tiempos de vida o duración de las distintas piezas de los equipos y anticiparse a las fallas, logrando una disposición de la maquinaria en un 90%.

Lo anterior, permitirá poder cumplir con la planificación y ejecución de todos los trabajos en terreno, mayor disponibilidad en horas de trabajo de la maquinaria y por ende, mejor producción.

Se realizó un análisis, a través, del Diagrama Causa – Efecto, se analizaron temas como; conocimientos, hombre, maquinaria, procesos, tiempos y medidas. Con este análisis, se puede identificar las causas que explican los problemas existentes, y para su efecto, utilizarlos como una herramienta de gestión, orientando a la toma de decisiones en post de una mejora operacional, pensando siempre, en una programación de mantenimiento preventivo.

5.1.2 Desarrollo de la Propuesta

La propuesta de mejora tiene que ver con, entregar una planificación de mantenimiento preventivo para equipos como maquinaria pesada, y además, que sirva como herramienta y lograr una disponibilidad mayor de la maquinaria en la empresa.

Por lo anterior, se requiere asignar nuevos recursos de parte de Conpax, para formar un equipo de trabajo, que deberán investigar y confeccionar una planificación de mantenimiento que logre disponer de la maquinaria pesada en un mayor tiempo.

El presente estudio, será un gran aporte al área de operaciones, a través, del mejoramiento en la gestión de mantención y reparación de maquinaria pesada.

5.1.3 Equipo de Trabajo

Se forma un equipo de trabajo, integrada por los siguientes profesionales:

- a) Ingeniero Mecánico (01)
- b) Ingenieros Electromecánicos (02)
- c) Técnicos Electromecánicos con especialidad en Maquinaria Pesada (02)
- d) Ayudantes (2)

5.1.4 Espacio de Trabajo

Este estudio se realizará en Conpax S. A, con dirección comercial en la comuna de Huechuraba, Santiago, Chile, en este lugar se trabaja y repara la maquinaria pesada o equipos.

5.1.5 Elementos de Protección Personal (EPP)

Todas las actividades relacionadas con el estudio se llevarán a cabo en terreno. Las acciones siempre involucran algunos riesgos, por lo que se debe prevenir antes de realizarlas. Para esto, se aplican las normas, procedimientos y reglamentación existente, para evitar accidentes.

Recomendaciones Generales

Se debe usar en forma correcta los elementos de protección personal EPP, son un recurso para utilizar y proteger la integridad física de los trabajadores:

- ❖ Casco de seguridad: Protege la cabeza de cualquier golpe, por caída de material u objetos.
- ❖ Zapatos de seguridad: Protegen los pies de golpes por caída de material.
- ❖ Tapones: No permiten escuchar ruidos fuertes, protegiendo la audición.
- ❖ Lentes de seguridad: Protegen a los ojos de cuerpos extraños.

- ❖ Guantes: Impiden daños en las manos por manipular materiales cortantes, duros o punzantes.

5.1.6 Prevención en el Trabajo

Mantener ordenado y limpio el área de trabajo, esto es básico como condición de seguridad.

Al levantar materiales con su cuerpo, debe hacerlo de forma correcta:

- + Debe flectar bien las piernas.
- + Mantener la espalda derecha.
- + Tomar el material y acercarlo a su cuerpo.
- + Levantar el material usando las piernas.
- + No correr, solo camine y por áreas demarcadas.

Recomendaciones específicas:

- Mantener despejadas todas las zonas donde se transite.
- Tener claro la ubicación de extintores y capacitarse para usarlos.

5.1.7 Horario de Trabajo

Turno:

Lunes a viernes.

08:00 horas a 17:00 horas.

5.1.8 Estructura del Equipo de Trabajo

La Organización contempla para cumplir con los objetivos, la colaboración del siguiente personal:

- Ingeniero Mecánico (01). Encargado y responsable de todas las actividades operacionales como; plan de mantenimiento, planificación, recolección de información, diagnóstico y reparación, registro de actividades etc. y las tareas en general que ejecute el equipo de trabajo.
- Ingenieros Electromecánicos (02). Supervisar todas las actividades operacionales, como; plan de mantención, reparación de maquinarias, registro de actividades etc.

c) Técnicos Electromecánicos con especialidad en Maquinaria Pesada (02). Realizar todas las actividades operacionales como, mantención de maquinaria pesada, además, reparación de todas las fallas de la maquinaria pesada, registro de actividades, etc.

d) Ayudantes (02). Ayudar a los profesionales y técnicos, a realizar todas las actividades operacionales, como; mantención, constatación de daños de la maquinaria pesada y reparación de los equipos, registro de actividades, etc.

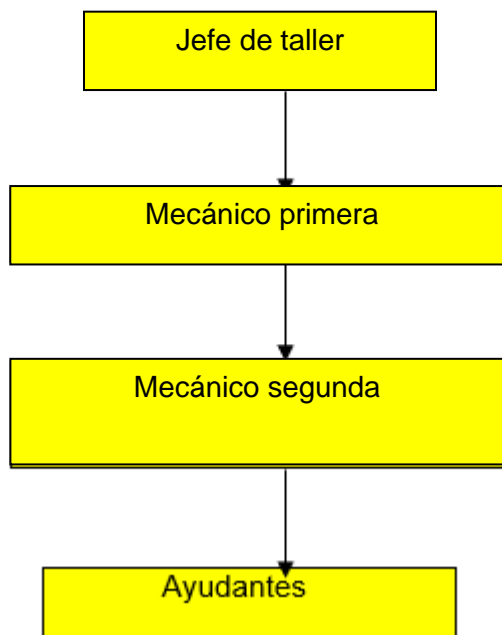
Evaluación en Terreno

Será realizada por un equipo disciplinario, compuesto por; Ingeniero Electromecánico y Técnico Electromecánico con especialidad en Maquinaria Pesada, con tiempo limitado para evaluar, con capacidad para trabajar bajo presión, con experiencia y capacitación en Maquinaria Pesada para la optimización de disponibilidad de los equipos.

5.1.9 Organigrama del Equipo de Trabajo

Se presenta en la figura N° 5.1 organigrama del equipo de trabajo responsable en ejecutar las labores de Mantención Preventiva en Conpax.

Figura N° 5.1 Organigrama del equipo de trabajo.



Elaboración Propia.

5.1.10 Maquinarias existentes en Conpax S. A.

En la Tabla N° 5.1 se presentan tipos de equipos utilizados en Conpax con su respectiva marca y modelo.

Tabla N° 5.1 Maquinarias existentes en Conpax S. A.

Tipos de Equipos	Marca	Modelo
Excavadora	Caterpillar	320 BL
Excavadora	Liugong	225C
Excavadora	jcb	220
Cargador frontal	Caterpillar	962G
Cargador frontal	Caterpillar	966F
Cargador frontal	Caterpillar	966G
Cargador Frontal	Caterpillar	932
Cargador Frontal	Case	821
Miniexcavadora	kubota	

5.1.11 Ficha de Control de Mantenimiento Preventivo para Maquinaria Pesada

Este documento, será utilizado en toda la maquinaria pesada existente en la empresa Conpax S. A., otorgando una jornada completa de trabajo para su evaluación, por cada equipo evaluado. La maquinaria pesada, se agendará, de acuerdo, a las horas de trabajo que tenga cada una. (Zegarra, 2015).

Tabla N° 5.2 Ficha Control de Mantenimiento Preventivo para Maquinaria Pesada.

Fecha:	Equipo:		
Horas de trabajo:	Evaluador:		
Cambio / Revisión	OK	Cambio/Reparación	Daño
1. Aceite de motor y filtros			
2. Filtro de aire			
3. Niveles de fluido			
4. Fugas mayores de aceite			
5. Pernos rotos en llantas			
6. Tuercas en llantas			
7. Batería, conexiones, fluidos			
8. Cardán, crucetas			
9. Correas, tensión			
10. Pernos del eje oscilante, movimientos			
11. Bocines y pines, sueltos			
12. Frenos			
13. Controles de desgaste excesivo			
14. Luces			
15. Radiador			
16. Cucharón			
17. Pernos de montaje de transmisión y motor			
18. Pernos de montaje del eje			
19. Tubo de escape			
20. Engrase de acoples			
21. Sistema de supresión de incendios			
22. Extintores			
23. Estanque de combustible			
24. Tablero en cabina			

5.1.12 Tiempos Muertos por Mantención Correctiva

Tiempos muertos: Se define como el tiempo en que la maquinaria pesada no se encuentra trabajando. Existen causas que se consideran inevitables, un ejemplo sería por un desperfecto en la maquinaria pesada. Se aconseja establecer la medición de la duración y frecuencia; demasiado tiempo muerto breve, es perjudicial de igual forma que un tiempo muerto amplio.

5.1.13 Tiempo Muerto en Maquinaria Pesada Conpax S. A.

En la Tabla N°5.3 se presentan tipos de equipos utilizados en Conpax con su respectiva marca, serie y frecuencia.

Tabla N° 5.3 Tiempo Muerto en Maquinarias existentes en Conpax S. A.

Tipos de Equipos	Marca	Modelo	Frecuencia x mes
Excavadora	Caterpillar	320 BL	Alta (4)
Excavadora	Liugong	225C	Alta (4)
Excavadora	jcb	220	Media (2)
Cargador Frontal	Caterpillar	962G	Media (2)
Cargador Frontal	Caterpillar	966F	Media (2)
Cargador Frontal	Caterpillar	966G	Media (2)
Cargador Frontal	Caterpillar	932	Media (2)
Cargador Frontal	Case	821	Alta (4)
Miniexcavadora	kubota		Baja (1)

5.1.13.1 Actividades para realizar en el Mantenimiento Correctivo:

- Se debe realizar limpieza en el área del arreglo, antes de empezar la reparación.
- Trabajar en un local con ventilación. Nunca limpiar las piezas con gasolina.
- Retirar las llaves de contacto, enganchar y bloquear la maquinaria pesada y poner indicaciones a través de letreros, señalando “no manipular los mecanismos”, antes de empezar las reparaciones
- Entre maestros, se deben conocer y coordinar los trabajos, si varios mecánicos trabajan en la misma maquinaria pesada
- Quitar el tapón del radiador, pero antes debe enfriar el motor.
- Retirar el tapón de vaciado, pero antes disminuir la presión del circuito hidráulico, de igual forma, al momento de vaciar el aceite y ver que no se queme.
- Al elevar el brazo y cuchara, se inmovilizará antes de comenzar el trabajo.
- Se deben liberar los gases del tubo de escape fuera del recinto.

- El motor debe estar parado al momento de tensar las correas del motor.
- Antes de dar arranque al motor, se debe revisar que no quedó alguna herramienta sobre él.
- Usar zapatos de seguridad y guantes.
- Se debe realizar mantenimiento en los neumáticos.
- Colocar los estabilizadores para cambiar una rueda,
- No permanecer enfrente de la misma sino en el lateral cuando se esté inflando una rueda
- No se debe realizar trabajos de soldadura y tampoco cortar sobre un neumático inflado.

Análisis de la maquinaria pesada:

a) La maquinaria, debe ser analizada completamente, antes de comenzar a trabajar.

b) Los análisis deben ser renovados constantemente y cuando la ocasión lo amerite:

- ❖ Cuando se presenta una falla en el material; en dispositivos de seguridad, instalaciones o en la maquinaria.
- ❖ Cuando se produzca un accidente o simplemente por prevención.
- ❖ Cuando se realiza una prueba de tolva.
- ❖ Cuando se realice mantenimiento del motor de acuerdo con las especificaciones técnicas.
- ❖ Los análisis debe realizarlos el personal competente y dejar registro del nombre y cargo de quién los efectuó en un libro de registro de seguridad.

5.1.14 Pérdidas por Tiempo Muerto en Maquinaria Pesada

Estas pérdidas, se pueden encontrar de forma indirecta o directa en relación con la maquinaria, y permiten disminuir la eficiencia en la producción en tres puntos relevantes:

- Tiempos de paro o muertos de la producción.
- Capacidad menor de las maquinarias, trabajando a velocidad reducida.
- Repuestos con fallas u operaciones de la maquinaria funcionando a media máquina.

Pérdida por fallas

Esto se debe a problemas con la maquinaria que necesitan reparación. Las pérdidas, son tiempo muerto, más la mano de obra necesaria y el valor de los repuestos. La manera de medir la magnitud de la falla es a través, del tiempo muerto causado.

5.1.14.1 Pérdida de ajuste y cambio de modelo

Se debe a cambios en las condiciones de operación, por ejemplo; comenzar de otra manera la corrida de producción, empezar un nuevo turno de trabajo. Estas pérdidas se reflejan en tiempo muerto; cambio de herramientas, moldes, ajuste de maquinaria, calentamiento del equipo. La manera de medir la magnitud de la falla es a través, del tiempo muerto causado.

5.1.14.2 Pérdida por paros menores

Se deben a interrupciones a los equipos, tiempo de espera, atoramientos. No es posible registrar directamente estas pérdidas, para esto se usa el porcentaje de utilización (100% menos de utilización), no se daña la maquinaria en este tipo de pérdida.

5.1.14.3 Pérdida de velocidad

Se producen por disminución de velocidad en la operación, esto se debe por velocidades más altas, suceden defectos de calidad y paros pequeños constantemente.

5.1.14.4 Pérdida por retrabajos y defectos de calidad

Son repuestos de mala calidad y que tienen las especificaciones técnicas correctas, se producen en las operaciones normales, se eliminan o se retrabajan. Estas pérdidas son el trabajo necesario para el arreglo o el valor del material desperdiciado.

5.1.14.5 Pérdida por mantenimiento correctivo

Son correcciones menores a los equipos para mantenerlos operativos. Necesitan una reconstrucción o revisión completa, porque a veces es aconsejable realizar correcciones para disminuir costos en la operación, servicio prestado y no extenderlo aún más.

Para estas correcciones, se necesitan que las personas tengan capacitación o especialidad en el tema, de igual manera, deben ser supervisados por ingenieros,

distribuidor y usar el manual del fabricante. Lo anterior, permitirá mantener la potencia de la maquinaria y no disminuir su funcionamiento.

5.1.15 Propuesta de Valor

La forma de validar esta propuesta es a través de la empresa Conpax con una planificación inicial de mantenimiento preventivo con énfasis en programas que garanticen la confiabilidad de la maquinaria pesada y la seguridad de su funcionamiento, además, el aumentar la capacidad de la maquinaria para que pueda funcionar cuando se la necesite, con un aumento de la capacidad de trabajar sin causar daños materiales ni laborales.

5.1.16 Registro para Indicadores de Desempeño

Se verifica que en base a la experiencia de las horas de mantenimientos de motor de máquinas, kilómetros y horas en maquinaria pesada basados al historial de mantenimientos de los años 2019 y 2020; después de registrar información de varios equipos mediante análisis de aceite, en tabla N°5.4 se indica las horas en las que se sugiere realizar los mantenimientos.

Tabla N° 5.4 Registro Horas Mantenimiento Maquinarias en Conpax S. A.

Tipos de Equipos	Marca	Modelo	Cantidad en Horas
Excavadora	Caterpillar	320 BL	350
Excavadora	Liugong	225C	350
Excavadora	jcb	220	350
Cargador Frontal	Caterpillar	962G	350
Cargador Frontal	Caterpillar	966F	350
Cargador Frontal	Caterpillar	966G	350
Cargador Frontal	Caterpillar	932	350
Cargador Frontal	Case	821	350
Miniexcavadora	kubota		320

CONPAX		PLANIFICACION DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO																														
RESPONSABLE DE MANTENCIÓN:																																
	MES																															
CO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
EX1																																
EX2																																
EX3																																
CF1																																
CF2																																
CF3																																
CF4																																
CF5																																
MEX																																

CAPÍTULO VI ANÁLISIS ECONÓMICO

6.1 Evaluación de la Propuesta de Mejora

- a) Se presentan en este punto, elementos que participan en un análisis Ingreso - Costo, para su posterior evaluación de la propuesta.
- b) Finalmente, se hace un análisis de viabilidad económica de la propuesta de mejora, desde un punto de vista operacional.

6.2 Factibilidad del Proyecto

6.2.1 Factibilidad Económica

Un punto favorable para el logro de esta propuesta de mejora es que Compax S. A., contempla en sus políticas, el apoyo de proyectos que van en beneficio directo hacia la empresa, cuyas ideas nacen de sus trabajadores.

Aporte Compax S.A.	\$55.000.000
---------------------------	---------------------

6.2.2 Viabilidad Ética

Se cumple con los protocolos y políticas existentes, en buscar soluciones integrales. Se pueden realizar los trabajos de la propuesta de mejora, en forma directa.

6.2.3 Viabilidad Legal

Se cumple con las leyes asociadas a la propuesta de mejora.

6.2.4 Viabilidad Técnica

Se deben realizar reuniones técnicas de coordinación, con cada uno de los involucrados en la propuesta de mejora, para obtener cumplimiento de objetivos.

6.3 Infraestructura y Equipamiento

Se utilizarán los siguientes equipos, tales como:

- a) 01 Software Estadístico.

b) 02 Computadores.

c) 01 Impresora.

d) 02 Escritorios.

Costo de inversión es de \$2.550.000.- Se adquirirá todo inmediatamente. Esto permitirá que las instalaciones y equipos, queden rápidamente operativos. También, se ocuparán dos vehículos, que serán facilitados por la empresa.

6.4 Costos directos

Es de mucha importancia, que los costos directos de la Propuesta de Mejora sean bajos, como los insumos a utilizar en los procesos operacionales y cuando se implemente la planificación de mantenimiento. Esto permitirá mantener el costo operacional óptimo del proyecto.

6.5 Costos indirectos

Es el costo específico de un objeto y muy difícil de identificar. Se hace necesario repartir o distribuir los costos indirectos en diferentes ítems. Por ejemplo; sueldo a trabajadores en la propuesta de mejora.

6.6 Costo Mano de Obra

a) Ingeniero Mecánico (01): Sueldo Bruto Mensual, es \$1.680.000.-

b) Ingeniero Electromecánico (02): Sueldo Bruto Mensual, es \$1.340.000.-

c) Técnico Electromecánico (02): Sueldo Bruto Mensual, es \$980.000.-

d) Ayudante (02): Sueldo Bruto Mensual, es \$420.000.-

$$\$7.160.000 \times 12 = \$85.920.000$$

Sumando los 07 sueldos, arroja una cantidad de \$7.160.000.-, lo que en 12 meses, se tiene un Costo de Mano de Obra Bruto de \$85.920.000.-

6.7 Costo de Elementos Protección Personal (EPP)

Esta propuesta de mejora considera la compra de elementos de protección personal, para los trabajadores que componen el equipo de trabajo, con dedicación exclusiva en disponibilidad de maquinaria pesada.

Tabla N° 6.1 Elementos de Protección Personal.

ELEMENTOS PROTECCIÓN PERSONAL			
Unidades	EPP	Valor / Unidad	Total
7	Zapatos de Seguridad	\$ 40.000	\$ 280.000
7	Casco de Seguridad	\$ 5.590	\$ 39.130
7	Lentes de Seguridad	\$ 3.500	\$ 24.500
7	Guantes	\$ 1.200	\$ 8.400
Total Elementos de Protección Personal			\$ 352.030

6.8 Activos

Activo fijo

Activos usados en la Propuesta de Mejora

Son los activos, utilizados en la Propuesta de Mejora y no comprarlos pensando en venderlos después, como equipos e inmuebles. Ejemplo; Computadores, etc.

6.9 Análisis de Viabilidad Económica de la Propuesta de Mejora

Se puede considerar toda la inversión, como un cambio de la cantidad inicial por una buena rentabilidad final. De manera que se puede sostener las características del proyecto:

6.10 Duración del Proyecto

Constituye el periodo de tiempo, durante el cual, se va a realizar el estudio o investigación, movimientos de fondos, confección del plan de mantenimiento, lo anterior, permite la ejecución en 12 meses del proyecto.

6.11 Capacitación Personal Especializado

Con la capacitación del personal, se cumple con el objetivo en la gestión del plan de mantenimiento y reparación de maquinaria pesada, obteniendo una disminución de tiempos operacionales. Las jornadas de capacitación del personal, son necesarias, para perfeccionar la ejecución de los trabajos, y así, optimizar el costo operacional. El Curso de Capacitación otorgado por el Organismo Técnico de Capacitación INCAR Ltda.

“Mantenimiento Preventivo en Maquinaria Pesada”, “Tipos de Maquinaria Pesada y su Funcionamiento”, “Detección de Fallas en Maquinaria Pesada”, es de 16 horas, dividido en dos jornadas de 8 horas.

El valor total de las diferentes capacitaciones es de \$3.850.220.-

Tabla N° 6.2 Capacitación Personal Especializado.

Gastos	Acción - Tema	Valor
Curso de Capacitación	Mantenimiento Preventivo en Maquinaria Pesada	\$1.283.407
Curso de Capacitación	Tipos de Maquinaria Pesada y su Funcionamiento	\$1.283.407
Curso de Capacitación	Detección de Fallas en Maquinaria Pesada	\$1.283.406
Total		\$3.850.220

6.12 Ingresos - Costo (I - C)

Ingresos

a) Mejora de Disponibilidad

Con la propuesta de mejora, se cumple con el objetivo en la gestión de reparar la maquinaria y dar cumplimiento a la planificación de mantenimiento, obteniendo una disminución en los tiempos operacionales, como en; realizar diagnóstico de daños en los equipos, reparar fallas y optimizar la disponibilidad de los equipos pesados.

Estas diferencias de tiempo, tiene relación directa con los costos estimativos, de acuerdo con los valores de mercado asociados en el área de operaciones, específicamente en el sector de mantenimiento, (contratos maquinaria pesada, valor hora hombre, turnos extras, cumplimiento planificación).

La optimización del costo operacional en; diagnóstico de daños en maquinaria pesada, es de \$8.430.540, reparación de los equipos, es de \$20.550.230, optimización de uso de materiales, es de \$2.050.080, dando como resultado, un valor total de \$31.030.850.-

Tabla N° 6.3 Mejora de Disponibilidad

Gastos directos e indirectos	Acción de Mantenimiento	Valor
Supervisión (indirecto)	Diagnóstico de daños en maquinaria pesada.	\$ 8.430.540
Repuestos y Materiales (directo)	Optimización de uso de materiales.	\$20.550.230
Mano de obra (directo)	Reparación de equipos	\$ 2.050.080
Total		\$31.030.850

b) Optimización de Recursos

La optimización de recursos, como parte de la propuesta de mejora, cumple con el objetivo en la gestión del Plan de mantenimiento y reparación de maquinaria pesada, obteniendo una disminución de tiempos y costos operacionales, como; Contratación de menos personal (02 técnicos electromecánicos y 02 ayudantes), Disminución de número de intervenciones de maquinaria. (Conpax, 2020)

Lo anterior, se refleja en una optimización estimativa de recursos, de acuerdo con los valores de mercado, como; activos, maquinarias, materiales, personal. El valor total, es de \$12.870.120

Tabla N° 6.4 Optimización de Recursos.

Gastos	Acción de Mantenimiento	Valor
Personal	Contratación de menos personal.	\$2.800.000
Maquinaria	Disminución de número de intervenciones de maquinaria.	\$6.550.000
Materiales	Compra de menos materiales.	\$3.520.120
Total		\$12.870.120

Tabla N° 6.5 Ingresos - Costo.

Costos		Ingresos	
Mano de Obra.	\$85.920.000	Mejora de Disponibilidad	\$31.030.850
01 Software Estadístico	\$ 600.000		
02 computadores.	\$ 1.600.000		
01 impresora.	\$ 110.000	Optimización de Recursos	\$12.870.120
02 escritorios.	\$ 240.000		
Elementos de Protección Personal (EPP).	\$ 352.030	Aporte Conpax S.A.	\$55.000.000
Capacitación Personal Especializado	\$ 3.850.220		
Costos Totales:	\$ 92.672.250	Ingresos Totales:	\$98.900.120

Ingreso - Costo = \$6.227.870

Este análisis, ratifica la propuesta de mejora en la gestión operacional del Plan de Mantenimiento. La relación entre Ingresos - Costos (\$98.900.120 - \$92.672.250), Este sería un retorno positivo.

CONCLUSIONES

A través del estudio realizado, se diseñó una Planificación en Mantenimiento Preventiva en empresa Conpax de Renta de Maquinaria Pesada para minería en la comuna de Huechuraba, Santiago, Chile”.

Para poder determinar, cuan viable es la propuesta en el área definida, se realizó un análisis técnico, con énfasis en variables y determinantes como, ventajas y desventajas de mantenimiento preventivo y correctivo, disponibilidad en tiempos de operacionales y disponibilidad de recursos nuevos.

Se describe en términos generales, la estructura del proyecto. El equipo de trabajo está compuesto por siete profesionales, 01 Ingeniero Mecánico, 02 Ingenieros Electromecánicos, 02 Técnicos Electromecánicos con especialidad en maquinaria pesada, 02 Ayudantes, todos con el único objetivo de mantener la disponibilidad de la maquinaria pesada.

La estrategia operacional del proyecto se considera tomando en cuenta los recursos económicos entregados por la empresa, en base al objetivo propuesto, definiendo entonces, qué el cumplimiento de tiempo y la instalación de una planificación preventiva de mantenimiento, serán atendidos preferentemente. Con respecto a estos recursos otorgados, permiten cubrir los costos operacionales requeridos.

Además, el sector de mantenimiento del área de operaciones, frente a una necesidad de tener toda la maquinaria pesada en funcionamiento, preferirán formar un equipo exclusivo, para lograr el objetivo impuesto, de cómo mantener funcionando los equipos o maquinaria, a través, de la mantención preventiva, con los costos que esto conlleva. Para analizar la viabilidad económica, se realizó una evaluación económica del proyecto.

Se confirmó la viabilidad económica de la propuesta, a través, de la técnica Beneficio/Costo, lo cual, se complementa de mejor manera, con los resultados del análisis de viabilidad técnica obtenida.

Observado el valor se ratifica la propuesta de mejora para implementar una planificación preventiva de mantenimiento para equipos pesados, lo que significa, que es \$1.95 de retorno, por cada peso gastado. Este sería un retorno positivo.

Se cumplieron los objetivos planteados, como; diseñar la implementación de una planificación preventiva en la empresa Conpax que renta equipos pesados para minería

en la comuna de Huechuraba, Santiago, Chile”, para eso, se conocieron los fundamentos teóricos del proceso de mantención para maquinaria pesada, se realizó un diagnóstico del área de mantención y se propuso soluciones de gestión a los problemas detectados en el diagnóstico.

Dentro de los beneficios no cuantificados, que también se pueden identificar, se destaca; conocimiento más profundo del tema, también, se pueden generar ahorros en el área de Operaciones, considerando los costos en tiempo del mantenimiento preventivo para maquinaria pesada.

El proyecto entrega una solución viable a la problemática, a través de implementar una planificación preventiva de mantenimiento, resolviendo la falta de maquinaria pesada, por estar con fallas y no poder trabajar.

Finalmente, se confirma la viabilidad técnica y económica del proyecto de implementar una planificación preventiva de mantención para maquinaria pesada, para trabajos en Conpax, y en función de las características y procesos planificados por el área de Operaciones, una vez que la propuesta, sea implementada.

NOMENCLATURA GENERAL

m³ = metro cúbico

ton = tonelada

yd³ = yardas cúbicas

mts = metros

Kg = kilogramo

CV = Caballo Vapor

HP = Potencia del Motor

% = Porcentaje

TPM = Mantenimiento Productivo Total

MOP = Ministerio de Obras Públicas.

DPF = Filtro de Partículas Diésel

CRS = Sistema Common Rail

BIBLIOGRAFÍA

Conocer (1999). Norma Técnica de Competencia Laboral, Administración del servicio de mantenimiento a los sistemas electromecánicos. México. Editorial Conocer.

De Bona, J. (1999). Gestión Del Mantenimiento. Zaragoza, España: fundación confemetal, 1999. ISBN:84-89786-81.

Duffuaa, S., Raouf, A. y Dixon, J. (2007). Sistemas de Mantenimiento y Control. México. Editorial Limusa Wiley.

García, S. (2003). Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. Madrid, España. Editorial Díaz de Santos.

Gómez, I. (2006). Introducción al Mantenimiento Estratégico. Edición 1 Colombia (2006), pág. 120.

Gonzales, E. (2009). “Diseño de la estrategia de mantenimiento basada en la confiabilidad RCM-MSG3 para la maquina”. Universidad pontificia Bolivariana. Facultad de ingeniería mecánica. Bucaramanga 2009.

Haertel, E. (2006). Fiabilidad y Validez. Reliability. En R.L. Brennan (Ed.), Educational Measurement (pp. 65-110). Wesport, CT: American Council on Education and Praeger Publishers. Universidad de Barcelona. Psicometría. StuDocu. España.

Hernández, R., Fernández C., Baptista P. (2006). Metodología de la Investigación. Cuarta edición. Editorial McGraw-Hill.

Moreu de León, P., Sánchez, A. (2002). Ingeniería de Mantenimiento, Técnicas y Métodos de Aplicación a la fase operativa de los equipos. Ediciones AENOR.

Zegarra, M. (2015). Gestión moderna del mantenimiento de equipos pesados, Revista arbitrada de la UAP Ciencia y Desarrollo, Volumen 18 Número 1, Enero Junio 2015, pg. 57

Zumbo, B. (2007). Coeficientes de fiabilidad para escalas de respuesta categórica ordenada. Psicothema. Vol. 20. Núm. 4. Pp896 – 901. Universidad de Oviedo. España.

ANEXOS

ANEXO A



Partes de Maquinaria Pesada.

ANEXO B



Trabajo en minería con Maquinaria Pesada.