

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE CONCEPCION – REY BALDUINO DE BELGICA

**MEJORA EN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SISTEMAS DE
LEVANTE GRUAS PUENTE 175/45 TON ACERIA Y COLADA CONTINUA
SIDERURGICA HUACHIPATO**

Trabajo de titulación para optar al
título profesional de INGENIERO
EN MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL.

Alumno:
Rodrigo Alberto Montecinos Bustos

Profesor Guía:
Fabrizzio Javier Cariñe Avendaño

2023

DEDICATORIA

Agradecer por tener la oportunidad de poder enfrentar este desafío académico junto a mi pareja y familia quienes me brindaron todo su apoyo, comprensión y buenas energías para lograr cumplir mis objetivos.

Este camino académico han sido mi mayor fortaleza. Cada logro alcanzado lleva impreso su aliento y cariño, motivándome a superar desafíos y perseguir mis sueños con determinación.

A ustedes les dedico cada éxito, cada esfuerzo y cada aprendizaje, sabiendo que su amor incondicional es el motor que impulsa mi crecimiento personal y académico. Gracias por ser mi pilar, por creer en mí y por estar siempre presentes en cada paso de este emocionante viaje hacia el conocimiento.

RESUMEN

Como siderúrgica Huachipato, estamos ubicados en una posición privilegiada, con acceso a materias primas de calidad, lo que nos permite producir aceros de alta pureza para todo el cono sur. A medida que los requerimientos son más exigentes, el mantenimiento de los equipos es primordial para lograr la satisfacción total de los clientes.

Por este motivo en primera instancia se realiza un levantamiento descriptivo de información que trae como resultado deficiencias en el área de mantención de dichos sistemas mecánicos, surgiendo una cadena de eventos que dificultan el proceso productivo, desde lo más básico como lo es el llenado de las ordenes de mantenimiento hasta problemas técnicos de materiales que son utilizados de forma errónea o nula. Se reconoce, además, que estos equipos tienen una función primordial dentro del proceso de producción del acero, su falla parcial o total implica, no solo una detención de producción sino también pérdidas económicas a gran escala.

Se propone elaborar un plan de mantenimiento preventivo, es decir ayudar a tomar acciones de manera anticipada para evitar que surjan problemáticas mayores en el proceso de funcionamiento de las grúas puente, para ello se detallan las actividades asociadas a la misma, tales como inspección, lubricación, mantenciones periódicas, entre otras.

Además, se finaliza el proyecto realizando una evaluación técnica, presentando datos específicos de lo que actualmente está disponible en la empresa y con un análisis económico para su implementación, vale decir, costos asociados con la mejora de la propuesta que se presenta a disposición de esta empresa.

INDICE CONTENIDO

DEDICATORIA 3

RESUMEN.....4

INDICE CONTENIDO 5

INDICE DE FIGURAS.....9

INDICE DE TABLAS..... 10

SIGLAS Y SIMBOLOGIA 11

INTRODUCCION 1

JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE TÍTULO 2

OBJETIVOS 3

 Objetivo general 3

 Objetivos específicos 3

CAPITULO 1: MARCO TEORICO 4

 1.1 Mantenibilidad.....5

 1.2 Mantenimiento 5

 1.3 Objetivos del mantenimiento 6

 1.4 Funciones del mantenimiento 7

 1.5 Tipos de mantenimiento 8

 1.5.1 Clasificación del mantenimiento.....8

 1.5.2 Mantenimiento correctivo 8

 1.5.3 Mantenimiento preventivo 10

 1.5.4 Mantenimiento predictivo 11

 1.5.5 Mantenimiento preventivo programado 13

 1.5.6 Alcance y definición..... 14

 1.6 Programación y planificación 16

 1.6.1 Rutinas de inspección..... 16

 1.6.2 Rutinas de inspección estáticas 16

 1.6.3 Rutinas de inspección dinámicas 17

1.6.4 Rutinas de lubricación.....	17
1.6.5 Frecuencias para rutinas de lubricación	18
1.6.7 Tipos de planes:.....	19
1.7 Análisis de criticidad:.....	19
1.7.1 Definiciones	19
1.8 Procedimiento	21
1.8.1 Validación de árbol SAP	21
1.8.2 Listado de ubicaciones técnicas para la evaluación.	22
1.8.3 Frecuencia de falla	22
1.8.4 Consecuencia de falla.....	23
1.8.5 Evaluación integral de activo crítico.....	25
1.8.7 Evaluación integral de criticidad de activos.....	25
1.8.8 Evaluación de equipos críticos por seguridad, medio ambiente y calidad.....	26
1.9 Gestion del mantenimiento	27
1.9.1 Avisos de mantenimiento	27
1.9.2 Clases de avisos.	27
1.9.3 Generación de avisos.....	28
1.9.4 Emisión de avisos.....	28
1.9.5 Tratamiento de avisos.....	31
1.9.6 Ordenes de mantenimiento.....	34
1.10 Planes de mantenimiento	38
1.10.1 Creación y parametrización de planes.....	38
1.10.2 Parametrización (ciclos del plan de mantenimiento):	38
1.10.3 Parametrización (datos adicionales para el plan mantenimiento):	39
1.10.4 Actualizaciones de Planes	40
1.10.5 Back Log y Factor de Atraso.....	40
1.10.1 Programación diaria	41
1.11 Administración de datos maestros sap	42
1.12 Principio de Pareto	42
1.13 Diagrama de Ishikawa.....	43

1.14 Formación y motivación de los empleados	43
1.15 Contexto operacional	43
1.16 Análisis de modo y efecto de fallas (amef)	44
1.17 Funciones y estándares de funcionamiento.....	44
CAPITULO 2: ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL	45
2.1 La Empresa	46
2.1.1 Antecedentes generales	47
2.1.2 Proceso siderúrgico	47
2.1.3 Planta de coque	48
2.1.4 Altos hornos	48
2.1.5 Acería de convertidores al oxígeno	48
2.1.6 Estación de ajuste.....	49
2.1.7 Colada continua.....	49
2.1.8 Laminación del acero	49
2.1.9 Acería Conox y Proceso	49
2.2 Gruas puente 175 ton aceria y colada continua.....	51
2.3 Equipos en el proceso	52
2.2.5 Falla en balancín de compensación sistema de levante principal	58
2.4 Análisis del mantenimiento preventivo actual	61
CAPITULO 3: PROPUESTA DE MEJORA	62
3.1 Etapas del gobierno de planes.....	63
Etapa 1: Evaluación de activos y planes para selección de método de desarrollo de estrategia u optimización.....	63
Etapa 2: Desarrollo u optimización de estrategias	65
Etapa 3: Planificación del trabajo	66
Etapa 4: Reglas para la construcción de los planes en el sistema sap.....	68
Reglas para hojas de ruta.....	68
Reglas para posiciones:	69
Reglas para planes de mantenimiento	71
3.2 Propuesta propia.....	72

CAPITULO 4: COSTOS DE MEJORA PLAN DE MANTENIMIENTO.....	74
4.1 Costos fijos.....	75
4.2 Costos variables	76
4.3 Costos financieros	76
4.4 Costos de fallas	77
4.5 Costo integral	77
4.6 Análisis económico	79
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
BIBLIOGRAFIA Y FUENTES DE LA INFORMACION.....	83

INDICE DE FIGURAS

Figura 1- 1:Guía para la optimización de eficiencia de activos (AEO)	6
Figura 1- 2: Ciclos del mantenimiento.....	16
Figura 1- 3: Asignación de nivel de criticidad en SAP	26
Figura 1- 4: Registro de falla con detención de equipo.	29
Figura 1- 5: Imagen SAP. Posiciones. Siderúrgica Huachipato	30
Figura 1- 6: Imagen SAP. Actividad. Siderúrgica Huachipato.....	30
Figura 1- 7: Imagen SAP. Datos de avería. Siderúrgica Huachipato	31
Figura 1- 8: Imagen SAP. Causas. Siderúrgica Huachipato.....	32
Figura 1- 9: Imagen SAP. Medidas. Siderúrgica Huachipato.	32
Figura 1- 10: Imagen SAP. Detalle Medidas. Siderúrgica Huachipato.....	33
Figura 1- 11: Flujograma tratamiento de avisos. Siderúrgica Huachipato.....	34
Figura 1- 12: Gestión ordenes de mantenimiento	37
Figura 1- 13: Diagrama de Pareto	43
Figura 2- 1: Vista satelital C.S.H S.A	47
Figura 2- 2: Imagen Proceso Siderúrgico.....	48
Figura 2- 3: Diagrama de proceso acería conox. Intranet	50
Figura 2- 4: Grúa 22 aérea de 175 ton. Imagen propia	51
Figura 2- 5: Esquema grúas puente en acería y colada	53
Figura 2- 6:Grúa puente de 175/45 Ton. Imagen propia.....	54
Figura 2- 7: Grúa semy guntry 10. imagen Propia.....	54
Figura 2- 8: Grúa puente 22. Colada Continua. Imagen propia	54
Figura 2- 9: Balancín y canillas del sistema de levante principal. Imagen propia.....	57
Figura 2- 10: Esquema de componentes, elaboración propia	58
Figura 2- 11: Plano balancín de compensación del sistema de levante principal	58
Figura 2- 12: Imágenes de la falla en balancín de compensación.....	59
Figura 2- 13: Imagen gráfica de Pareto historial de fallas.	60
Figura 3- 1: Figura 2: Selección de método de desarrollo de estrategia y optimización .	64
Figura 3- 2: Grúa puente 11 175/45 Ton. Imagen Propia.....	72
Figura 3- 3: Imagen de cambio balancin.....	73

INDICE DE TABLAS

Tabla 1- 1: Planilla de evaluación integral de criticidad de Activos 22

Tabla 1- 2: Puntuación de la frecuencia. PG-72005 Siderúrgica Huachipato 22

Tabla 1- 3: Puntuación de la consecuencia de la falla.....23

Tabla 1- 4: Puntuación de frecuencia de falla. PG-72-002 Siderúrgica Huachipato.....24

Tabla 1- 5: Definición niveles de criticidad. 25

Tabla 1- 6: Ejemplo evaluación integral de criticidad de Activos. 25

Tabla 1- 7: Tabla de ejemplo factor de atraso 40

Tabla 4- 1: valores en USD de componentes del sistema de levante principal de gruas 175 ton..... 78

SIGLAS Y SIMBOLOGIA

SIGLA

CO2	:	Dióxido de Carbono
CO	:	Monóxido de Carbono
Cr	:	Cromo
Mo	:	Molibdeno
BHN	:	Dureza Brinell
Ni	:	Níquel
KW	:	Kilo Watts
RPM	:	Revoluciones por minuto

SIMBOLOGIA

°C	:	Grados Celsius
%	:	Porcentaje
In	:	Pulgada
m	:	Metro
Ton	:	Tonelada
min	:	Minuto
mm	:	Milímetro
kg	:	Kilogramo
mm2	:	Milímetro al cuadrado
mm3	:	Milímetro cubico
MPa	:	Mega Pascal
N	:	Newton
V	:	Voltaje
Lb	:	Libra
US	:	Dólar

INTRODUCCION

La evolución del mantenimiento en grúas puente ha sido fundamental para garantizar su funcionamiento seguro y eficiente a lo largo del tiempo. Con el gobierno de los planes a través de la gestión de activos y la confiabilidad, la optimización de los planes de mantenimiento es fundamental para prolongar la vida útil de los activos, con procesos detallados y periódicos que aseguran su operatividad y disponibilidad.

Se realizará una evaluación en los sistemas con mayor acumulación de fallas y se trabajará en implementar plan de mantenimiento preventivo optimizado a los componentes que han presentado fallas en su funcionamiento.

JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE TÍTULO

La justificación de este proyecto tiene como base la importancia que presenta el acero como metal para el desarrollo tanto nacional e internacional. Su uso se extiende a todos los sectores de la economía, centrándose en la construcción, la industria y la minería. El mercado del acero cada vez se ha vuelto más competitivo en distintos lugares del mundo, donde se aprecia el uso de nuevas tecnologías que traen consigo una mejora considerable en el producto final elaborado. Es por esto que los equipos de producción del acero deben funcionar regularmente, evitando las fallas y que signifique una pérdida de producción; sin embargo, mantener la disponibilidad de estos equipos dentro de la producción del acero no es una tarea sencilla, teniendo en cuenta que se producen más de 2 000 toneladas diarias. Siendo parte de la planificación del mantenimiento de grúas puente, es un reto poder llevar a cabo una propuesta de plan de mantenimiento que cumpla con satisfacer las necesidades de la empresa, teniendo en consideración el entorno en que se está trabajando, el limitado tiempo de planificación que se tiene para la programación correcta de las tareas de mantención, esto, debido a los altos índices de producción que tiene el acero. Se espera que este documento sea de gran utilidad, para las futuras generaciones de ingeniería en mantenimiento industrial en materia de desarrollo de programas de mantenimiento, ya que es un factor fundamental para las empresas de manufactura.

OBJETIVOS

Objetivo general

Proponer mejoras en planes de mantenimiento del sistema de levante de grúas puente de 175 toneladas de Acería y colada continua en compañía siderúrgica Huachipato.

Objetivos específicos

- Realizar una recopilación de datos de las fallas en los sistemas e identificar el ABC mediante herramientas de análisis.
- Identificar los sistemas críticos de las grúas y priorizar el mantenimiento de estos.
- Realizar un plan de mantenimiento preventivo a falla en el sistema.
- Evaluar económicamente la implementación del plan.

CAPITULO 1: MARCO TEORICO

1.1 Mantenibilidad

Entender los procesos de mantenimiento es esencial dentro del contexto de la industria. Con los equipos funcionando, es natural que en algún momento necesiten ser intervenidos para asegurar su buen funcionamiento. Pero, ¿qué tan fácil es realizar este mantenimiento? De nada sirve conocer todos los procesos, tener todo el material a mano si existe alguna dificultad para acceder al equipo para su mantenimiento. Esto se define por la mantenibilidad.

La mantenibilidad es definida como “la capacidad de un elemento de ser mantenido o reemplazado en condiciones de desempeñar las funciones requeridas, en condiciones específicas de uso, cuando el mantenimiento se realiza en condiciones específicas y a través de procedimientos y medios prescritos”. Podemos entender cómo la característica de un equipo o instalación permite una mayor o menor facilidad en la ejecución de los servicios de mantenimiento.

1.2 Mantenimiento

El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantienen, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas. Es un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa.

Las inconsistencias en la operación del equipo de producción dan por resultado una variabilidad excesiva en el producto y, en consecuencia, ocasionan una producción defectuosa. Para producir con un alto nivel de calidad, el equipo de producción debe operar dentro de las especificaciones, las cuales pueden alcanzarse mediante acciones oportunas de mantenimiento. Un sistema es un conjunto de componentes que trabajan de manera combinada hacia un objetivo común. El mantenimiento puede ser considerado como un sistema con un conjunto de actividades que se realizan en paralelo con los sistemas de producción.

El mantenimiento a lo largo de los años ha ido evolucionando (ver figura 1) de acuerdo al desarrollo industrial, es por ello que su filosofía ha ido cambiando buscando como objetivo principal el manejo eficiente de los recursos que intervienen en el mismo. En los años 50 era una práctica común esperar a que el equipo fallase para después repararlo lo

que hoy se conoce como “apaga incendios”. En general, la dirección consideraba el mantenimiento como un costo necesario a la hora de hacer negocios.

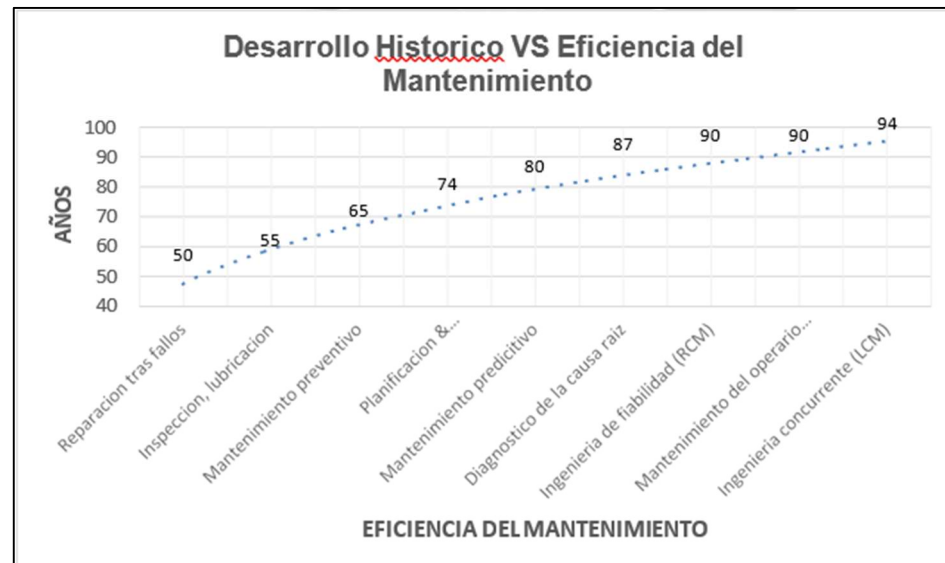


Figura 1- 1:Guía para la optimización de eficiencia de activos (AEO)

1.3 Objetivos del mantenimiento

La responsabilidad fundamental del mantenimiento es contribuir al cumplimiento de los objetivos de la empresa o entidad la cual forma parte. Para ello, los objetivos del Mantenimiento deben establecerse dentro de la estructura de los objetivos generales de la empresa.

Los objetivos del mantenimiento son:

- Maximizar la disponibilidad de la maquinaria y equipo necesario para la actividad productiva.
- Preservar o conservar el “valor” de la planta y de su equipo, minimizando el desgaste y el deterioro.
- Cumplir estas metas, tan económicamente como sea posible.
- La acción del Mantenimiento para cumplir estos objetivos, se genera a través, del desempeño de un cierto número de actividades o funciones.

1.4 Funciones del mantenimiento

En términos muy generales, puede afirmarse que las funciones básicas del mantenimiento se pueden resumir en el cumplimiento de todos los trabajos necesarios para establecer y mantener el equipo de producción de modo que cumpla los requisitos normales del proceso.

La concreción de esta decisión tan amplia dependerá de diversos factores entre los que puede mencionarse el tipo de industria, así como su tamaño, la política de la empresa, las características de la producción, e incluso su emplazamiento. Aun así, las tareas encomendadas al departamento encargado del mantenimiento pueden diferir entre distintas empresas, atendiendo a la estructura organizativa de las mismas, con lo que las funciones del mantenimiento, en cada una de ellas, no serán obviamente las mismas.

Por tanto, dependiendo de estos factores citados, el campo de acción de las actividades de un departamento de ingeniería del mantenimiento puede incluir las siguientes responsabilidades:

- Mantener los equipos e instalación en condiciones operativas eficaces y seguras.
- Efectuar un control de estado de los equipos, así como de su disponibilidad.
- Realizar los estudios necesarios para reducir el número de averías imprevistas.
- En función de los datos históricos disponibles, efectuar una previsión de los repuestos de almacén necesarios.
- Intervenir en los proyectos de modificación del diseño de equipos e instalaciones.
- Llevar a cabo aquellas tareas que implican la modificación o reparación de los equipos o instalaciones.
- Instalación de nuevo equipo.
- Asesorar a los mandos de producción.
- Velar por el correcto suministro y distribución de energía.
- Realizar el seguimiento de los costes del mantenimiento.
- Preservación de locales, incluyendo la protección contra incendios.
- Gestión de almacenes.
- Tareas de vigilancia.
- Gestión de residuos y desechos.
- Establecimiento y administración del servicio de limpieza.
- Proveer el adecuado equipamiento al personal de la instalación.

1.5 Tipos de mantenimiento

1.5.1 Clasificación del mantenimiento

Aunque podrían establecerse diferentes clasificaciones del mantenimiento atendiendo a las posibles funciones que se le atribuyan a éste, así como la forma de desempeñarlas, tradicionalmente se admite una clasificación basada más en un enfoque metodológico o filosofía de planteamientos, en una mera relación de particularidades funcionales asignadas, que como se ha visto depende de muy diversos factores. Desde esta perspectiva, pueden distinguirse los siguientes tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento Correctivo.
- Mantenimiento Preventivo.
- Mantenimiento Predictivo.

Ninguno de los tipos anteriores se utiliza en forma exclusiva, sino que se impone practicar una adecuada combinación de los tipos anteriores, realizando lo que se ha venido en llamar mantenimiento planificado. Esto consiste, en definitiva, en efectuar una correcta selección de las plantas o de los equipos a los que se va aplicar cada uno de los tipos de mantenimientos anteriores. Seguidamente se hace una descripción de cada de los tipos enunciado.

1.5.2 Mantenimiento correctivo

En este tipo de mantenimiento, también llamado “a la falla” solo se interviene en los equipos cuando el fallo ya se ha producido. Se trata, por tanto, de una actitud pasiva, frente a la evolución del estado de los equipos, a la espera de la avería o fallo.

A pesar de que por su decisión pueda parecer una actitud despreocupada de la atención a los equipos, lo cierto es que este tipo de mantenimiento es el único que se practica en una gran cantidad de industrias, y en muchas ocasiones esto está plenamente justificado, especialmente en aquellos casos en los que existe un bajo coste de los componentes afectados, y donde los equipos son de naturaleza auxiliar y no directamente relacionados con la producción.

En otros casos, cuando el fallo de los equipos no se supone la interrupción de la producción, ni siquiera afecta a la capacidad productiva de forma instantánea, las reparaciones pueden ser llevadas a cabo sin perjuicio de ésta. En estos casos, el coste derivado de la aparición de un fallo imprevisto en el equipo es, sin lugar a dudas, inferior a la inversión necesaria para poner en práctica otro tipo de mantenimiento más complejo.

En este sentido conviene indicar que, incluso en aquellas instalaciones industriales se disponen de sofisticados planes de mantenimiento, existe generalmente un porcentaje de equipos de los que se realiza exclusivamente ese tipo de mantenimiento.

Esta filosofía de mantenimiento no requiere ninguna planificación sistemática, por cuanto no se trata de un planteamiento organizado de tareas. En lo mejor de los casos puede conjugarse con un entrenamiento básico de los equipos (limpieza y engrase generalmente) y con una cierta previsión de elementos de repuestos, especialmente aquellos que sistemáticamente deben ser sustituidos. Sin embargo, adoptar esta forma de mantenimiento supone asumir algunos inconvenientes respecto de las máquinas y equipos afectados, entre los que pueden citarse:

- Las averías se producen generalmente de forma imprevista, lo que puede ocasionar trastornos en la producción, que pueden ir desde ligeras pérdidas de tiempo, por reposición de equipo o cambio de tareas, hasta la parada de la producción en tanto no se repare o sustituya el equipo derivado.
- Las averías al ser imprevistas, suelen ser graves para el equipo, con lo que su reparación puede ser costosa.
- Las averías son siempre -en mayor o menor medida- importunas, por lo que la reparación de equipos averiados puede llevar más tiempo del previsto, ya sea por ausencia del personal necesario para su reparación, o ya sea por la falta de repuestos necesarios.
- Por tratarse de averías inesperadas, el fallo podría venir acompañado de algún siniestro, lo que obviamente puede tener consecuencias muy negativas para la seguridad del personal o de las instalaciones.

1.5.3 Mantenimiento preventivo

Como ya se ha indicado, la finalidad última del mantenimiento industrial es asegurar la disponibilidad de los equipos e instalaciones industriales, para obtener un rendimiento óptimo sobre la inversión total, ya sea de los sistemas de producción, como los equipos y recursos humanos destinados al mantenimiento de los mismos.

El mantenimiento preventivo supone un paso importante para este fin, ya que pretende disminuir o evitar -en cierta medida- la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de elementos deteriorados, lo que se conoce como “las tres erres del mantenimiento”. Si la segunda y la tercera no se realizan, la primera es inevitable.

En las inspecciones se procede al desmontaje total o parcial de la máquina con el fin de revisar el estado de sus elementos, reemplazando aquellos que se estime oportuno a la vista del examen realizado. Otros elementos se sustituyen sistemáticamente en cada inspección, tomando como referencia el número de operaciones realizadas o un determinado periodo de tiempo de funcionamiento.

El éxito de este tipo de mantenimiento depende de la correcta elección del periodo de inspección. Un periodo demasiado largo conlleva el peligro de la aparición de fallos entre dos inspecciones consecutivas, en tanto que un periodo demasiado corto puede encarecer considerablemente el proceso productivo. El equilibrio se encuentra como solución de compromiso entre los costos de procedimientos de las inspecciones y los derivados de las averías imprevistas. Si bien los primeros pueden ser insuficientemente cuantificados, la evaluación de los segundos no es tarea fácil, por lo que la determinación del punto de equilibrio aludido es difícil y suele ajustarse en función de la propia experiencia.

El grave inconveniente que presenta la aplicación exclusiva de este tipo de mantenimiento es el coste de las inspecciones. El desmontaje y la revisión de una máquina que está funcionando correctamente o la sustitución de elementos (lubricante, rodamientos, etc.) que no se encuentra en mal estado, se nos antoja innecesario. Por otra parte, sea cual sea el periodo de inspección fijado, no se elimina por completo la posibilidad de una avería imprevista, si bien cuanto menor sea dicho periodo, en mayor grado se reducirá este peligro. Por lo tanto, el periodo de inspección fija, en cualquier caso, asimismo -en alguna medida- la posibilidad de la aparición de averías imprevistas durante el intervalo comprendido entre dos inspecciones consecutivas.

Un tipo de mantenimiento que también puede considerarse preventivo es aquel, sin llegar al desmontaje de los equipos, se ocupa de forma periódica de realizar las tareas propias de lo que se suele llamar entrenamiento de los equipos, es decir, engrase y cambio de lubricantes, limpieza, sustitución periódica de ciertos elementos vitales del equipo, etc. Aunque a todos los efectos se trata de un mantenimiento preventivo, se le suele denominar mantenimiento rutinario, con el fin de distinguirlo con el anterior.

1.5.4 Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo, también conocido como mantenimiento según estado o según condición, surge como respuesta a la necesidad de reducir los costes de los métodos tradicionales -correctivo y preventivo- de mantenimiento. La idea básica de esta filosofía de mantenimiento parte del conocimiento del estado de los equipos. De esta manera, es posible, por un lado, reemplazar los elementos cuando realmente no se encuentren en buenas condiciones operativas, suprimiendo las paradas por inspección innecesarias y, por otro lado, evitar las averías imprevistas, mediante la detección de cualquier anomalía funcional y el seguimiento de su posible evolución.

La aplicación del mantenimiento predictivo se apoya en dos pilares fundamentales:

- La existencia de parámetros funcionales indicadores del estado del equipo.
- La vigilancia continua.

La mayoría de los componentes de las máquinas avisan de alguna manera de su fallo antes de que éste ocurra. Por lo tanto, si mediante el seguimiento de los parámetros funcionales adecuados es posible detectar prematuramente el fallo de algún componente de la máquina, se podrá asegurar el correcto funcionamiento de la misma, observar su evolución y predecir la vida residual de sus componentes. El conjunto de técnicas que se ocupan del seguimiento y examen de estos parámetros característicos de la máquina se conocen como Técnicas de verificación mecánica.

Entre las ventajas más importantes que reporta este tipo de mantenimiento, pueden citarse las siguientes:

- Detectar e identificar precozmente los defectos que pudieran aparecer, sin necesidad de parar y desmontar la máquina.
- Observar aquellos defectos que solo se manifiestan sobre la maquina en funcionamiento.
- Seguir la evolución del defecto hasta que se estime que es peligroso.
- Elaborar un historial del funcionamiento de la máquina, a través de la evolución de sus parámetros de funcionamiento y su relación con cualquier evento significativo: parada, revisión, lubricación, reemplazo de algún elemento, cambio en las condiciones de funcionamiento, defectos detectados, etc.
- Programar la parada, para la corrección del defecto detectado, haciéndola coincidir con un tiempo muerto o una parada rutinaria del proceso de producción.
- Programar el suministro de repuestos y mano de obra.
- Reducir el tiempo de reparación, ya que previamente se ha identificado el origen de la avería y los elementos afectados por la misma.
- Aislar las causas de los posibles fallos repetitivos, y procurar su erradicación.
- Proporcionar criterios para una selección satisfactoria de las mejores condiciones de operación de la máquina.
- Aumentar la seguridad de funcionamiento de la máquina, y en general de toda la instalación.

Sin embargo, una cosa es lo que predica la filosofía del mantenimiento predictivo, y otra lo que realmente se puede esperar de su puesta en práctica. Las dificultades para su desarrollo pleno provienen de los mismos principios en los que se basa, a saber:

En primer lugar, no existe ningún parámetro funcional, ni siquiera una combinación de ellos, que sea capaz de reflejar exactamente el estado de una máquina, indicando de forma inmediata, mediante la aparición de signos identificadores, la presencia de un defecto incipiente, y además para todos los defectos posibles.

En segundo lugar, no es viable una monitorización (o vigilancia continua) de todos los parámetros funcionales significativos para todos los equipos de una instalación. En la realidad el número de parámetros analizados en plan de mantenimiento debe limitarse, así como la proporción de máquinas implicadas. Además, el termino vigilancia continua se flexibiliza hasta convertirlo en vigilancia periódica, reservando la monitorización solo para aquellos equipos críticos en el proceso.

Como consecuencia de las limitaciones anteriores pueden presentarse los siguientes inconvenientes:

- ✓ Que el defecto se produzca en el intervalo de tiempo comprendido entre dos medidas consecutivas.
- ✓ Que un defecto no sea detectado con la medición y análisis de los parámetros incluidos en el programa.
- ✓ Que, aun siendo detectado un defecto, este no sea diagnosticado correctamente o en toda su gravedad.
- ✓ Que, aun habiéndose realizado un diagnóstico correcto, no sea posible programar la parada de la maquina en el momento oportuno, y sea preciso asumir el riesgo de fallo.

1.5.5 Mantenimiento preventivo programado

Las acciones de carácter proactivo tienen como finalidad aumentar la disponibilidad de los activos industriales a través de la disminución de paradas no programadas. El mantenimiento preventivo pertenece a este grupo y tiene la característica de aprovechar el momento más oportuno para intervenir los equipos maximizando su eficiencia. Si la planificación es adecuada, es posible preparar piezas, herramientas, repuestos e insumos para su mantenimiento.

Sin embargo y como se verá oportunamente, si no se realiza un análisis técnico-económico adecuado y se aplica un Mantenimiento Preventivo deliberadamente, pueden incrementarse sustancialmente los gastos de estos sin obtener, como mejoras en la confiabilidad y la disponibilidad.

Mediante esto forman parte de sus tareas se encuentran la sustitución periódica de partes, restauración e inspección de equipos, limpieza, lubricación y calibración de instrumentos, entre otros.

Esto se lleva a cabo a intervalos fijos de tiempo, horas de marcha, ciclos, volumen de producción, etc. Estos intervalos deben estimarse con la mayor exactitud posible y no debiera importar el estado particular del elemento a sustituir o restaurar al momento de realizar el trabajo. Normalmente es necesario que la instalación se encuentre fuera de servicio. Si el efecto de los modos de falla que se pretenden evitar no compromete la seguridad, se deberá entonces evaluar el beneficio económico que de su aplicación se espera obtener.

1.5.6 Alcance y definición

El mantenimiento preventivo periódico, también conocido como Mantenimiento Cíclico, es un tipo de mantenimiento planificado que incluye intervenciones programadas para la reparación del ítem o del cambio de sus componentes a intervalos fijos, sin importar su estado de condición al momento de realizar la tarea.

Decir que “no importa el estado del ítem a mantener”, significa que el reemplazo o la reparación no es tan condicionados al estado del ítem cuando se realiza el trabajo. No obstante, es vital la información que nos transmite el componente, pues permitirá optimizar y ajustar el tiempo medio entre fallas para futuras intervenciones.

Aprovechando el momento más oportuno para detener la producción, las tareas preventivas permiten una mejor planificación de los recursos, prolongando el tiempo libre de falla. Se minimizan, además, los riesgos en materia de seguridad operacional debido a que las acciones correctivas de emergencia aumentan notablemente la probabilidad de accidentes o incidentes. De la misma manera, y con buena planificación, ayudan al cuidado del medio ambiente.

Se deberá tener en claro la dimensión de la vida útil, pues todos los reemplazos realizados prematuramente es vida útil desperdiciada imposible de recuperar.

Dentro del plan de mantenimiento preventivo se pueden encontrar:

- Reemplazo de equipos, subconjuntos, componentes o piezas: transcurrido cierto intervalo algunos elementos denotan desgaste natural o fatiga, lo que conduce a un aumento importante de su probabilidad de falla. Se manifiesta fundamentalmente en componentes mecánicos móviles expuestos a corrosión, erosión, oxidación o ciclos térmicos de importancia. La sustitución del equipo a su estado original, se logra a través del reemplazo de sus partes.
- Conservación, revisión o restauración de componentes: al igual que el reemplazo de componentes las acciones de conservación periódica se consideran rutinas de mantenimiento preventivo y consisten en controlar o revisar en forma programada los equipos para llevarlos a su estado de condición básica original. Generalmente requiere el desmontaje, desarme e inspección del sistema.

- Rutinas de inspección y chequeos de recorrido: no incluyen reemplazos ni restauraciones programadas, pero se integran a un plan de mantenimiento preventivo porque representan acciones concretas para la conservación de la condición básica y para corregir defectos. Su costo de realización es bajo frente a los beneficios que se obtienen
- Calibración: el ajuste de parámetros en los instrumentos de proceso valiéndose de patrones, se denomina calibración. Es una acción que contempla, medir, controlar y ajustar los parámetros de proceso de acuerdo a patrones certificados.

Estas rutinas permiten asegurar que los estándares de calidad solicitados se ajusten a las normativas vigentes.

Las tareas de mantenimiento preventivo son acciones periódicas tendientes a prolongar el tiempo libre de fallas inesperadas, defectos o desviaciones en las variables de proceso.

Los objetivos del mantenimiento preventivo se pueden resumir en los siguientes puntos:

- ✓ Aumentar disponibilidad de activos industriales a través de la disminución de las detenciones no programadas.
- ✓ Minimizar las averías imprevistas de los equipos.
- ✓ Mejorar el aprovechamiento de la mano de obra por medio de la programación de tareas.
- ✓ Mejorar la calidad de productos y servicios
- ✓ Disminuir el riesgo para el personal en las operaciones de producción y mantenimiento.
- ✓ Minimizar los gastos debido a reparaciones de emergencia.
- ✓ Disminuir el impacto ambiental por medio de una mejor planificación de las tareas.

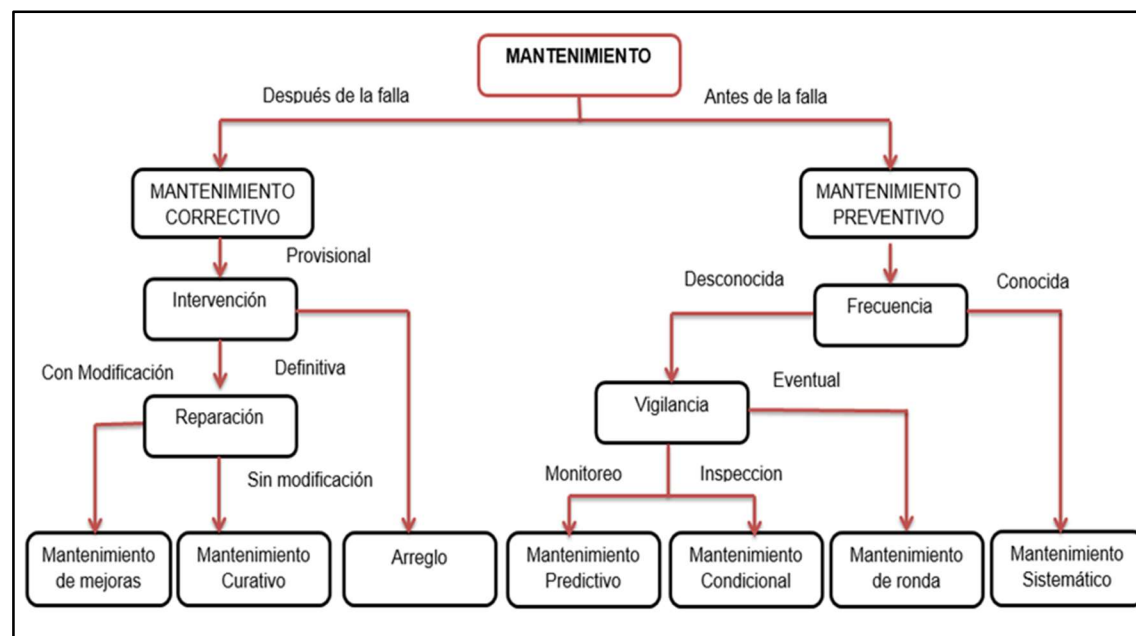


Figura 1- 2: Ciclos del mantenimiento

1.6 Programación y planificación

Es el diseño de programa de actividades de mantenimiento, distribuidas en el tiempo, donde la frecuencia puede ser conocida o desconocida, los recursos asignados dependiendo de la situación actual y contexto de los equipos y permite mantener los equipos en operación para cumplir las metas de producción y seguridad preestablecidas por la organización.

El inicio del mantenimiento es la planificación, donde se prepara la ejecución de los trabajos, consiguiendo la participación de todos los recursos y resolviendo todos los problemas que puedan afectar su eficiente ejecución.

1.6.1 Rutinas de inspección

Las rutinas de inspección pueden dividirse en dos grupos; Rutinas de inspección estáticas y Rutinas de inspección dinámicas, esto de acuerdo al estado de marcha del equipo. La frecuencia de las inspecciones puede ser variable dependiendo del equipo que lo requiera, estas pueden ser diarias, quincenales, mensuales, anuales, etc.

1.6.2 Rutinas de inspección estáticas

Consisten en chequear visualmente los equipos fuera de la operación normal, y que no necesariamente supone el desarme de componentes. Es una inspección general y de

comprobación. Se hacen antes de cada puesta en marcha o en algún momento que la operación lo permita sin afectar el proceso productivo. El personal que realice la inspección debe contar con un alto grado de sensibilidad técnica.

1.6.3 Rutinas de inspección dinámicas

Corresponden a inspecciones de máquinas en funcionamiento o el control de sus variables de proceso, estas traen un mayor beneficio en un mantenimiento preventivo. Se realizan aplicando los sentidos humanos o utilizando instrumental de baja complejidad técnica. Conocidas como “Tareas Indirectas de Base”.

La confección de una RID debe ser desarrollada por personal altamente capacitado tanto en mantenimiento como en los procesos productivos de la organización. Su optimización se logra mediante un análisis causa-efecto para cada modo de falla. Se definen como indirectas, debido a que el comportamiento de las variables de proceso indica “indirectamente” la potencial falla de alguna parte o subconjunto del equipo. La misión del personal de Mantenimiento y Producción, es identificar esta relación directa entre efecto (variable) y causa (modo de falla).

1.6.4 Rutinas de lubricación

Las tareas de lubricación son actividades básicas de conservación siempre rentables. Si bien representan un costo dado por el lubricante y la mano de obra utilizada para aplicarlo, en general es bajo en comparación a los beneficios obtenidos durante cualquier periodo de análisis.

Son el pilar fundamental para un plan integral de mantenimiento preventivo en instalaciones cuyos componentes se encuentra sometido a movimiento y desgaste. La fricción constituye uno de los peores enemigos en contra de los fallos.

Un programa de lubricación persigue eliminar modos de falla específicos con consecuencias graves para los activos, tal como el que puede suceder en una caja de engranajes por falta de aceite. En realidad, las fallas suceden por falta de lubricación o por degradación del lubricante.

Una ruta de lubricación es una sucesión de puntos a lubricar o inspeccionar, ordenados según algún criterio establecido (geográfico, lógico, funcional, etc), y quedara respetarse

por quien tenga a cargo el trabajo. Las rutas de lubricación contemplan las siguientes actividades:

- Adición o reemplazo de grasas lubricantes
- Adición, cambios de aceite, filtros o piezas con baja complejidad técnica
- Controles de nivel y adición
- Limpieza ajuste de conectores, verificación de depósitos, registro de información, etc.
- Cualquier tarea de baja complejidad vinculada a la lubricación de componentes.

1.6.5 Frecuencias para rutinas de lubricación

Se deberá escoger la que más se adapte al régimen de marcha de los componentes.

Identificado y separado aquellos puntos para los cuales una sobre lubricación es perjudicial, la estimación de la frecuencia se establece en base a la experiencia del personal técnico, el estudio teórico de las posibles fallas, recomendaciones del fabricante del equipo o del lubricante, los datos de componentes con características similares. Recordar que las averías prematuras en cadenas de transmisión, arrastre o sincronización, se dan por una elección inadecuada del lubricante o por un periodo de lubricación incorrecto. Para aquellos puntos en los que la frecuencia y la cantidad de lubricante deben respetarse estrictamente (generalmente vinculada a horas de marcha), se recomienda establecer una ruta de lubricación específica.

Para el caso de lubricación por grasa de rodamientos, la frecuencia de re engrase dependerá de:

- ☐ Tamaño del rodamiento.
- ☐ Velocidad de giro.
- ☐ Carga aplicada.
- ☐ Temperatura de operación y nivel de humedad.
- ☐ Tipo de grasa.

1.6.7 Tipos de planes:

El proceso de planificación puede dividirse en tres niveles básicos, dependiendo del horizonte de la planificación. Los cuales son:

- a) Planes a largo plazo cubre un periodo de hasta 5 años.
- b) Planes a mediano plazo cubre un periodo de 1 año.
- c) Planes a corto plazo corresponde a los planes diarios y semanales.

1.7 Análisis de criticidad:

1.7.1 Definiciones

Activo Físico:

Corresponde a un elemento, equipo o sistema, que realiza una función específica como parte de un proceso.

Falla:

Ocurrencia de un evento que impide el normal funcionamiento de un Activo, pudiendo afectar su disponibilidad.

Frecuencia de Falla:

Corresponde a la cantidad de eventos de falla que ocurre por unidad de tiempo.

Consecuencia de Falla:

Efecto no deseado sobre un proceso a raíz de la falla de un activo, que se evalúa considerando múltiples dimensiones, tales como seguridad, medio ambiente, calidad, producción, tiempos para reparar y costos de reparación.

Evaluación de riesgo:

Evaluación que considera la frecuencia de ocurrencia de una falla y la consecuencia potencial de la pérdida de funcionalidad de un Activo en el proceso.

Su cálculo viene dado por la siguiente expresión: $R(t) = F(t) \times C$.

Donde $R(t)$ es el riesgo, $F(t)$ es la frecuencia de falla y C es la Consecuencia sobre el proceso.

Criticidad:

Indicador que permite jerarquizar el riesgo de que un Activo deje parcial o totalmente de cumplir su función. Se definen 3 niveles de criticidad: Bajo, Medio y Alto. Esta jerarquización permite enfocar los esfuerzos en Activos de Alta criticidad con el fin de minimizar los riesgos asociados a la pérdida de función de los mismos.

Disponibilidad

Capacidad de un Activo de estar disponible para funcionar cuando es requerido por un proceso productivo.

Confiabilidad

Capacidad de un Activo para realizar una función requerida, bajo condiciones dadas, durante un intervalo de tiempo definido.

Funcionamiento normal del proceso

Proceso productivo que no afecta la seguridad, medio ambiente, calidad y productividad.

Activos Críticos

Activos cuyo indicador de criticidad está en nivel Alto

Un Activo también podrá ser declarado Crítico si cumple con lo especificado en la PG-49- 013

Equipo de expertos

Equipo multidisciplinario formado para el proceso de evaluación de criticidad de Activos. Está formado por los miembros de la organización que defina cada Jefe de Mantenimiento y Jefe de Operación. Podrá participar como facilitador un ingeniero del área de Ingeniería de Confiabilidad.

El análisis de criticidad permite establecer niveles jerárquicos en procesos, sistemas, equipos y componentes en función del impacto global que se generan, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones. También es el análisis de confiabilidad que establece un orden de prioridades de mantenimiento sobre una serie de instalaciones y equipos, otorgándoles un valor numérico o un estatus, en función de ciertos factores a tomar en cuenta.

El análisis se orienta a través de lluvia de ideas en una reunión de trabajo con un grupo multidisciplinario conformado por la línea supervisora y trabajadores de operaciones y mantenimiento, con la finalidad de unificar criterios y validar la información. 14

Clasificación de los equipos según su criticidad:

Los equipos se clasifican de acuerdo a su criticidad en categorías:

- a) No critico
- b) Semi – critico
- c) Critico

1.8 Procedimiento

El estándar para la evaluación de criticidad de Activos Críticos considera 6 etapas que deben ser desarrolladas de manera consecutiva para obtener el resultado adecuado. La figura 1 resume los pasos que forman parte de este estándar.

La Unidad de Ingeniería de Confiabilidad actuará como facilitador para la aplicación del presente estándar y es responsable de modificar en SAP los datos maestros asociados a ubicaciones técnicas. La Unidad Operativa donde se realice la evaluación será responsable de convocar al equipo de expertos y velar por la actualización anual de la definición de Activos Críticos.

1.8.1 Validación de árbol SAP

La evaluación integral de criticidad de activos considera como base la correcta estructuración jerárquica de los sistemas y activos en la definición del árbol de Ubicaciones y Equipos en SAP.

Por lo anterior, la metodología considera que la primera tarea a ejecutar consiste en revisar esta información y actualizar en SAP si es necesario. La Unidad Operativa debe generar el requerimiento a la Unidad de Ingeniería de Confiabilidad para realizar los cambios pertinentes.

1.8.2 Listado de ubicaciones técnicas para la evaluación.

El segundo paso consiste en listar las ubicaciones técnicas de los Activos en la planilla de evaluación. Esta será la información de entrada para comenzar el proceso de puntuación para la Frecuencia y Consecuencia que permite finalmente obtener en nivel de Criticidad del Activo.

		Ingresar valores de acuerdo a evaluación de equipo de expertos								No modifica estas celdas		
	Laminador de Barras Rectas	Frecuencia	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P1+P2+P3+P4+P5+P6	Consecuencia	Riesgo	Criticidad ABC
UBICACIÓN TÉCNICA	DESCRIPCION	Frecuencia de falla	1.- Impacto en seguridad	2.- Impacto en Medioambiente	3.- Impacto en la calidad	4.- Nivel de Producción	5.- Tiempo de reparación	6.- Costo de reparación	Suma Impacto	Puntuación Impacto	F x C	Criticidad
SH01-65-02-02-02-02	Tope Movil Hidraulico									1	0	Baja
SH01-65-02-02-02-14	Mesa de Rodillos N° 6 Lado LBR									1	0	Baja
SH01-65-02-04-06	Elevador Palanquillas									1	0	Baja
SH01-65-06-40-02-12	Cabinas Conversores Drives DRM04									1	0	Baja
	PLANTA CLARIFICADORA											
SH01-52-08-02	Bombas Impulsion									1	0	Baja
SH01-52-08-02-02	Pozo Norte Bombas 2202									1	0	Baja
SH01-52-08-02-04	Pozo Centro Bombas 2201									1	0	Baja
SH01-52-08-02-06	Pozo Sur Bombas 2203									1	0	Baja
SH01-52-08-04	Clarificacion Agua									1	0	Baja
SH01-52-08-04-02	Estanque Ecuallizacion T-100									1	0	Baja
SH01-52-08-04-04	Estanque Head Box T-101									1	0	Baja

Tabla 1- 1: Planilla de evaluación integral de criticidad de Activos

1.8.3 Frecuencia de falla

La Frecuencia de falla corresponde a la cantidad de eventos que ocurre por unidad de tiempo. La tabla 2 indica la puntuación que se tendrá para cada caso, dependiendo de la frecuencia de falla que se obtenga del análisis. Esta información deberá ser obtenida desde MES, discusión del equipo de expertos u otro sistema de información que permita determinar la puntuación.

Frecuencia	Puntuación
Más de 52 por año (Más de 1 vez por semana)	6
Entre 27 y 52 por año (Entre 0,5 y 1 veces por semana)	5
Entre 13 y 26 por año (Entre 1 y 2 veces por mes)	4
Entre 2 y 12 por año	3
Menos de 2 por año	2
Menos de 1 por año	1

Tabla 1- 2: Puntuación de la frecuencia. PG-72005 Siderúrgica Huachipato

1.8.4 Consecuencia de falla

La evaluación de criticidad integral considera 6 dimensiones de consecuencia, cuyos niveles se encuentran descritos en la tabla 3.

P1	P2	P3	P4	P5	P6
Seguridad	Medio Ambiente	Calidad	Producción	MTTR	Costo de Reparación
Consecuencias potenciales de una falla para la seguridad	Consecuencias potenciales de una falla sobre el Medio Ambiente	Consecuencias potenciales de una falla para la calidad de producción	Pérdidas o paradas de producción que pueden ocurrir como consecuencias potenciales de una falla	Tiempo promedio para recuperar la funcionalidad de un Activo afectado por una falla	Costos totales en los cuales se incurre para restituir la funcionalidad del activo afectado por una falla
40	40	20	12	10	10
Riesgo de Accidente con fatalidad o cumple según PG-49-013	Riesgo de daño medioambiental severo de largo plazo o cumple según PG-49-013	Afecta totalmente la calidad de la producción (no se puede recuperar)	Rango 1 definido según el proceso productivo o cumple según PG-49-013	Rango 1 definido según el proceso productivo	>100k USD
			8	8	8
			Rango 2 definido según el proceso productivo	Rango 2 definido según el proceso productivo	Entre 50k y 100K
30	20	10	6	4	4
Riesgo de Accidente con tpo perdido	Riesgo de daño leve	Afecta parcialmente la calidad de producción (se puede recuperar.)	Rango 3 definido según el proceso productivo	Rango 3 definido según el proceso productivo	Entre 25k y 50k USD
12			3	2	2
Riesgo de Accidente sin tpo perdido			Rango 4 definido según el proceso productivo	Rango 4 definido según el proceso productivo	Entre 5k y 25K
0	0	0	1	1	1
Sin riesgo para las personas	Sin riesgo medio ambiental	No afecta la calidad	Rango 5 definido según el proceso productivo	Rango 5 definido según el proceso productivo	< 5k USD

Tabla 1- 3: Puntuación de la consecuencia de la falla.

P1, Seguridad: Esta dimensión considera la evaluación de consecuencias de una falla para la seguridad de las personas. Se definen 4 niveles de puntuación, que considera para el máximo nivel una puntuación de 40 si existe riesgo de fatalidad o cumple con lo estipulado en el PG-49-013 Equipos y Repuestos Críticos para Mantenimiento.

P2, Medio Ambiente: Esta dimensión considera la evaluación de consecuencias de una falla para el medioambiente. Se definen 3 niveles de puntuación, que considera para el máximo nivel una puntuación de 40 si existe riesgo severo para el medio ambiente o cumple con lo estipulado en el PG-49-013 Equipos y Repuestos Críticos para Mantenimiento.

P3, Calidad: Consecuencias de una falla para la calidad de producción. Evalúa en 3 niveles si la calidad del producto terminado es afectada o no.

P4, Producción: Pérdidas o paradas de producción que pueden ocurrir como consecuencias de una falla. Para esta dimensión se debe definir los rangos dependiendo de la naturaleza del proceso, siendo el equipo de expertos el responsable de asignar estos intervalos.

En esta evaluación se considera implícitamente el lucro cesante por pérdidas de producción.

P5, MTTR (Tiempo promedio para reparar). Para la evaluación de esta dimensión se considera el tiempo promedio para recuperar la funcionalidad de un proceso que ha sido afectada por la falla de un Activo.

P6, Costos de Reparación: Costos totales en los cuales se incurre para restituir la funcionalidad del activo afectado por una falla. Se deben considerar costos promedio de HH, Materiales y Servicios.

La sumatoria de los niveles de consecuencia $P1+P2+P3+P4+P5+P6$, recibirá una puntuación según los rangos especificados en la tabla 4.

Consecuencia $P1+P2+P3+P4+P5+P6$	Puntuación
Consecuencia Total > 40	6
Consecuencia entre 30 y 40	5
Consecuencia entre 20 y 30	4
Consecuencia entre 10 y 20	3
Consecuencia entre 4 y 10	2
Consecuencia Total < 4	1

Tabla 1- 4: Puntuación de frecuencia de falla. PG-72-002 Siderúrgica Huachipato

1.8.5 Evaluación integral de activo crítico

La evaluación finaliza con el ingreso en la planilla de las puntuaciones de Frecuencia y Consecuencia. El resultado del nivel de criticidad considera 3 niveles según lo indicado en la tabla 5.

Evaluac. Riesgo	Nivel Criticidad
Menor o igual a 8	Baja
Entre 8 y 18	Media
Mayor a 18	Alta

Tabla 1- 5: Definición niveles de criticidad.

La tabla 6 indica un ejemplo con el desarrollo de la evaluación integral de criticidad para activos del Laminador de Barras Rectas y Planta Clariflucoradora.

	Ingresar valores de acuerdo a evaluación de equipo de expe tos							No modifica estas celdas			
LAMINADOR DE BARRAS RECTAS	Frecuencia	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P1+P2+P3+P4+P5+P6	Consecuencia	Riesgo	Criticidad ABC
DESCRIPCION	Frecuencia de falla	1.- Impacto en seguridad	2.- Impacto en Medioambiente	3.- Impacto en la calidad	4.- Nivel de Producción	5.- Tiempo de reparación	6.- Costo de reparación	Suma impacto	Puntuación Impacto	F x C	Criticidad
Tope Movil Hidraulico	3	0	0	0	6	4	4	14	3	9	Media
Mesa de Rodillos N° 6 Lado LBR	1	0	0	0	1	1	1	3	1	1	Baja
Elevador Palanquillas	6	30	0	0	6	4	2	42	6	36	Alta
Cabinas Conversores Drives DRMD4	3	12	0	0	12	8	2	34	5	15	Media
PLANTA CLARIFLUCORADORA											
Bombas Impulsión	6	0	40	20	1	8	2	71	6	36	Alta
Pozo Norte Bombas 2202	1	0	40	20	1	8	2	71	6	6	Baja
Pozo Centro Bombas 2201	4	0	40	20	6	8	2	76	6	24	Alta
Pozo Sur Bombas 2203	5	0	40	10	1	1	2	54	6	30	Alta
Clarificación Agua	6	0	40	0	0	1	1	42	6	36	Alta
Estanque Equalization T-100		0	40	0	0	1	1	42	6	0	Baja
Estanque Head Box T-101	2	0	0	0	0	1	1	2	1	2	Baja

Tabla 1- 6: Ejemplo evaluación integral de criticidad de Activos.

1.8.7 Evaluación integral de criticidad de activos.

El resultado de la evaluación integral descrita en este procedimiento debe ser registrado en SAP a través del indicador ABC de Ubicaciones técnicas. La figura 2 muestra el detalle de la clasificación, donde:

- A: Corresponde a Activos con criticidad Alta
- B: Corresponde a Activos con criticidad Media.
- C: Corresponde a Activos con criticidad Baja.



Figura 1- 3: Asignación de nivel de criticidad en SAP

1.8.8 Evaluación de equipos críticos por seguridad, medio ambiente y calidad.

Esta definición obedece a los criterios indicados en el PG-49-013, donde se definen los requisitos para asignar criticidad según los aspectos de Seguridad, Medio Ambiente, Calidad y Energía.

Todos los Activos que sean calificados con la máxima puntuación en Seguridad, Medioambiente o Producción (Calidad), deben ser clasificados como equipos críticos, indicando en el campo clase la categoría SH01_CRITICO y especificar en Valorización si corresponde a un activo crítico por Seguridad, Ambiente, Calidad.

1.9 Gestión del mantenimiento

Descripción de responsabilidades y procedimientos

1.9.1 Avisos de mantenimiento

Control y seguimiento

El Planificador asignado al “Grupo Planificador” será responsable de dar continuidad al aviso, su seguimiento y posterior cierre. Para el caso específico de avisos de avería, la responsabilidad de asegurar la calidad de información técnica y realizar seguimiento de medidas de control será del Jefe de Mantenimiento del área. Ningún aviso deberá permanecer más de 2 meses sin gestión o justificación, es decir dentro de este plazo se debe transformar en OM o en caso contrario debe cerrarse.

1.9.2 Clases de avisos.

Z1 Sol. Mntto. Correctivo Mantenimiento correctivo (atenciones no programadas que generan la detención de un equipo, sin afectar el funcionamiento normal del proceso)

Z2 Sol. Mntto. Emergencia Mant. Correctivo emergencia (atenciones no programadas que generan la detención de un equipo, afectando el funcionamiento normal del proceso)

- Z3 Servicio a operación
- Z4 Aviso de seguridad
- Z5 Aviso medioambiente
- Z6 Sol. Proyecto & Mejoras
- Z7 Sol. Repar May. / grales
- Z8 Aviso de actividad Reporte de actividades.

Se deberá generar un aviso Z8 para registrar actividades y novedades de la jornada laboral que no tengan relación con falla de equipos. Ejemplo: actividades de lubricación, mantenciones de taller, ajustes de equipos, etc. Este registro reemplaza el libro de novedades.

Z9 Aviso de novedad Reporte de información relevante, respecto al estado de las operaciones.

ZP Aviso Mantenimiento Preventivo. Este tipo de aviso será generado como resultado de una OM tipo ZM03.

1.9.3 Generación de avisos.

Los requerimientos del proceso deberán ser canalizados únicamente a través de un aviso SAP en estado abierto (MEAB), relacionando el requerimiento con algún tipo de aviso definido en el punto 1.9.1. El aviso deberá contener la ubicación técnica y equipo que más se acerque al activo físico instalado.

- Los avisos generados en el sistema, deberán ser “puestos en tratamiento” (bandera verde) por los Supervisores de Mantenimiento o responsables de operación (Jefe de sección, Ingeniero de Producción) según corresponda, quienes deben validar el requerimiento. Si la solicitud no es válida, el aviso deberá pasar a estado “concluido” (bandera cuadros). En el caso de los inspectores o encargados de sector podrán liberar directamente sus avisos.
- Todos los avisos liberados deberán ser tratados por el área de planificación asignada, generándoles medidas de control y/o transformándolo en órdenes de mantenimiento si es necesario registrar o utilizar recursos como HH, Materiales o Servicios.

1.9.4 Emisión de avisos

El objetivo es reportar una falla o requerimiento de un activo relacionado con seguridad, medio ambiente, calidad, energía u otro según lo definido en el punto 5.1.2.

Para el caso de reporte de fallas con detención del proceso (Aviso tipo Z2), se debe especificar el “Equipo” y los tiempos de inicio y término de la detención, seleccionando el indicador que especifica que la máquina estuvo detenida. Con el último paso, SAP calculará el tiempo total de la parada.

Figura 1- 4: Registro de falla con detención de equipo.

- El Mantenedor, Supervisor de Mantenimiento o Supervisor de Operación, deberá complementar con detalles técnicos los avisos emitidos, indicando personal que participó en reparación, repuestos utilizados, detalle de ajustes, correcciones efectuadas y cualquier información adicional que aporte a la investigación.

El registro de esta información se debe realizar en la pestaña “Posiciones” del aviso.

1. Ingresar en columna “Texto” el título del requerimiento o falla. De ser necesario, ingresar texto largo en la columna” Text expl. posición”

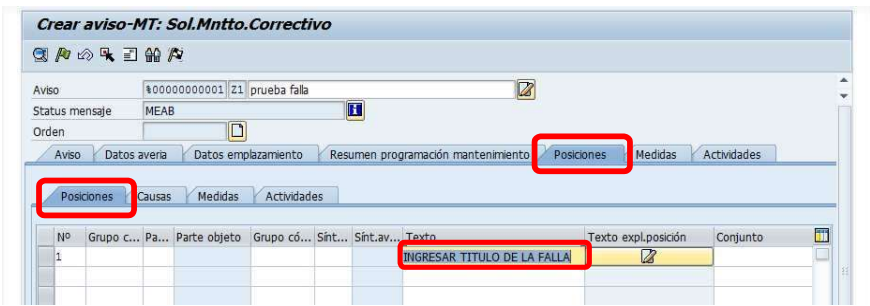


Figura 1- 5: Imagen SAP. Posiciones. Siderúrgica Huachipato

2. Se debe registrar todas las “Actividades” ejecutadas y pendientes, relacionadas con la posición creada, buscando facilitar un buen análisis.

Ingresar en columna “Texto” el título de la acción ejecutada o por ejecutar. Completar el porcentaje de avance en el campo “Factor de Cantidad” (utilizar escala 1-100, equivalente al porcentaje).

Finalmente completar las fechas de inicio y fin proyectado en el caso de ser una acción por ejecutar.

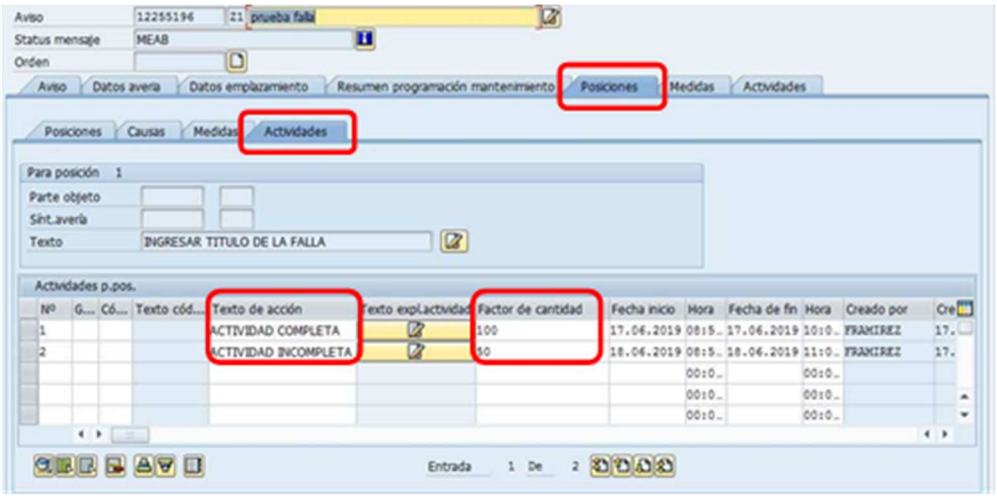


Figura 1- 6: Imagen SAP. Actividad. Siderúrgica Huachipato

- El supervisor de mantenimiento deberá velar por el correcto ingreso de información, es decir, deberá verificar que los parámetros ingresados en el aviso

correspondan a la situación, se indique los recursos utilizados y que no se registren más de 1 aviso asociados a la misma falla.

El control de las “Actividades” debe ser gestionado por medio de las transacciones IW64 e IW65 (Modificar y visualizar Actividades)

1.9.5 Tratamiento de avisos

- Para el caso de avisos que se refieren a la falla de un activo, el Jefe de Mantenimiento o quien él designe, debe completar los datos relacionados con la avería, ingresándolos en la pestaña “Datos Avería”.

Figura 1- 7: Imagen SAP. Datos de avería. Siderúrgica Huachipato

- De acuerdo al criterio de cada área, si aplica realizar análisis de falla se deben registrar las causas y las medidas de control en la pestaña “Posición”

Causas: Para su registro, se debe utilizar los catálogos de falla disponibles en el sistema. De lo contrario se debe ingresar el “Texto de la causa” según el análisis realizado.

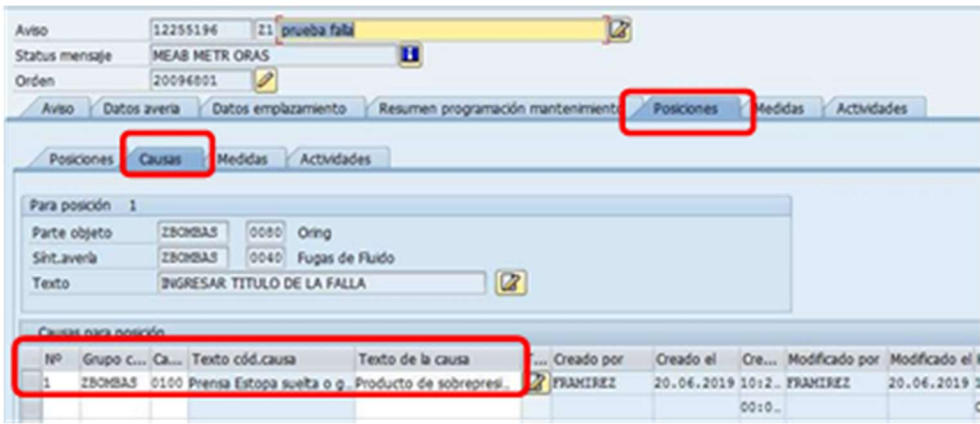


Figura 1- 8: Imagen SAP. Causas. Siderúrgica Huachipato.

Medidas: Al igual que las Causas, pueden ser escogidas desde los catálogos disponibles, de lo contrario se debe ingresar el “Texto-medidas”.

Las medidas pueden tener los siguientes estados:

- MDAB Medida abierta
- MELI Medida liberada
- MEEJ Medida ejecutada
- MENE Medida concluida con éxito.

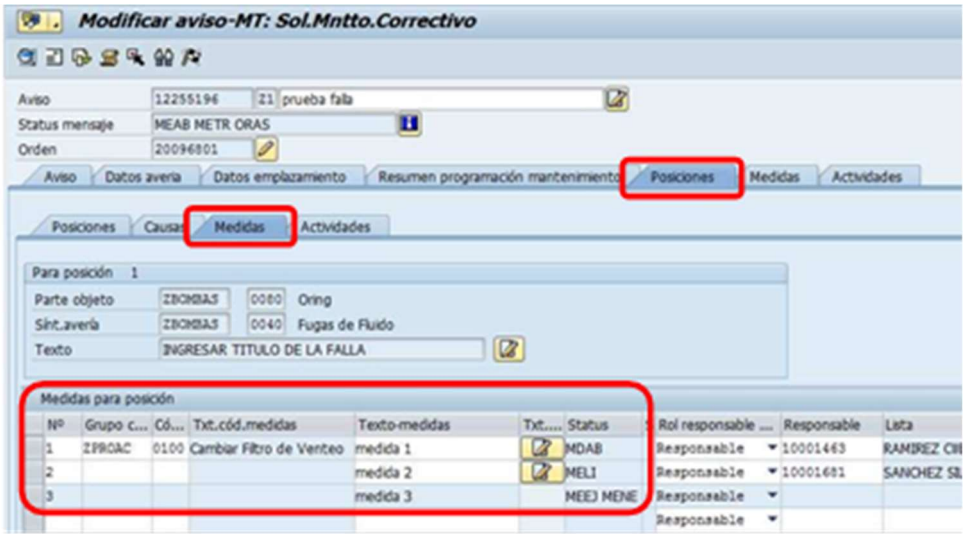


Figura 1- 9: Imagen SAP. Medidas. Siderúrgica Huachipato.

La creación y cambio de estado de cada medida, se puede realizar haciendo doble click en la fila correspondiente a la “Medida”:

Modificar aviso-MT: Posición 1 medida detalle

Medida

Número clasif. 1 Medida 1

Grupo códigos ZPROAC Medidas correctivas

Código medidas 0100 Cambiar Filtro de Vento

Acción sig.

Texto-medidas medida 1

Status MDAB

Responsable Responsable 10001463 RAMIREZ CUEVAS, FELIPE ANDR

Planificación de medidas

Inicio previsto 18.06.2019 00:00:00

Fin planificado 18.07.2019 00:00:00

Concluido el 00:00:00 por

Cerrar Entrada nueva Enlaces de objetos

Figura 1- 10: Imagen SAP. Detalle Medidas. Siderúrgica Huachipato.

A través de las banderas, es posible cambiar el estado pasando de MEAB (medida abierta), MELI (Medida liberada), MEEJ (Medida ejecutada) y MENE (medida ejecutada con éxito).

El control del estado de “Medidas” es de responsabilidad del Jefe de Mantenimiento, y deben ser gestionadas por medio de las transacciones IW66 e IW67 (Modificar y visualizar Medidas)

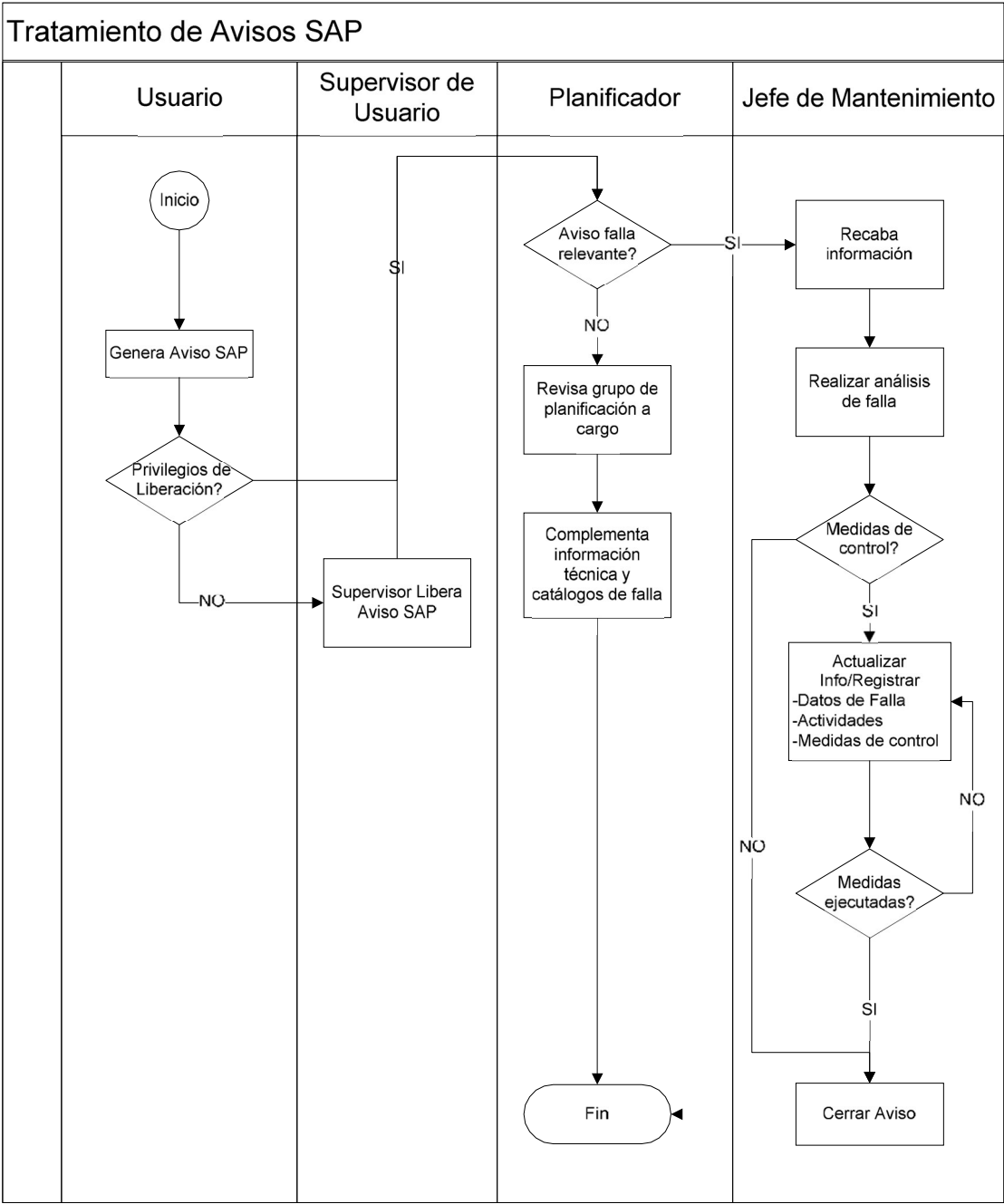


Figura 1- 11: Flujograma tratamiento de avisos. Siderúrgica Huachipato.

1.9.6 Ordenes de mantenimiento

Clase de Ordenes

Se usarán las siguientes de acuerdo a opciones entregadas en SAP:

- ZM01 Mantenimiento Correctivo (atenciones programadas o no programadas que “generan la detención de un equipo, sin afectar el funcionamiento normal del proceso”)
- ZM02 Mantenimiento Correctivo emergencia (atenciones no programadas que “generan la detención de un equipo, afectando el funcionamiento normal del proceso”)
- ZM03 Mantenimiento preventivo (se generan de planes o para recuperar funcionalidad de Activos con anomalía que no dejó de estar disponible)

ZM04 Mantenimiento predictivo (Asociado a hallazgos de mantenimiento predictivo)
 ZM05 Mantenimiento - Inspecciones (Asociado a rutas de inspección de predictivo)
 ZM06 Mantenimiento - Seguridad
 ZM07 Mantenimiento - Medioambiente ZM08 Mantenimiento - Lubricación ZM09
 Mantenimiento - Calibración
 ZM10 Mantenimiento - Servicios a operación (Pueden estar asociadas a OM de ajuste por
 Cierre de mes)
 ZM11 Mantenimiento - Proyectos y mejoras
 ZM12 Mantenimiento - Reparación y/o Construcción

Generación.

El Planificador es el encargado de generar una OM para cada actividad planificada en su área de responsabilidad.

- Trabajos en áreas operativas: El planificador del área operativa deberá crear una OM para todos los trabajos que se realicen de forma programada.
- Trabajos en taller: las OM relacionadas con trabajos en talleres tales como Maestranza, Taller eléctrico Central, Talleres de Terreno, deberán ser creadas por el planificador correspondiente al taller.

De igual forma, el Planificador, deberá generar una OM para registrar las actividades ejecutadas sin una OM de respaldo (fuera de programa). La información de estas actividades deberá ser registrada por los mantenedores a través de un Aviso según lo especificado en el punto 5.1.3.2.

Control y seguimiento

El Planificador asignado al “Grupo Planificador” será responsable de la planificación y seguimiento de las OM. Ninguna orden de mantenimiento deberá permanecer más de 2 meses sin ser notificada.

La notificación se podrá realizar en aplicación SAP de escritorio o a través de la aplicación móvil Fiori (para uso de Fiori, referirse a IT-72-019).

Notificación y cierre técnico

Para ejecutores CAP: La notificación y cierre técnico, es responsabilidad del supervisor ejecutor.

Para ejecutores contratistas: La notificación será responsabilidad del supervisor contratista (si el contrato así lo establece), y el cierre técnico deberá ser realizado por el Planificador CAP.

Todas las órdenes deberán ser notificadas antes de efectuar el cierre técnico (CTEC), a excepción de las órdenes relacionadas con la compra de materiales o servicios requeridos a través de clave de control tipo PM03.

Para los trabajos que queden con tareas pendientes, las OM deben ser notificadas de forma parcial NOTP), de esta forma el Planificador responsable reprogramará según corresponda.

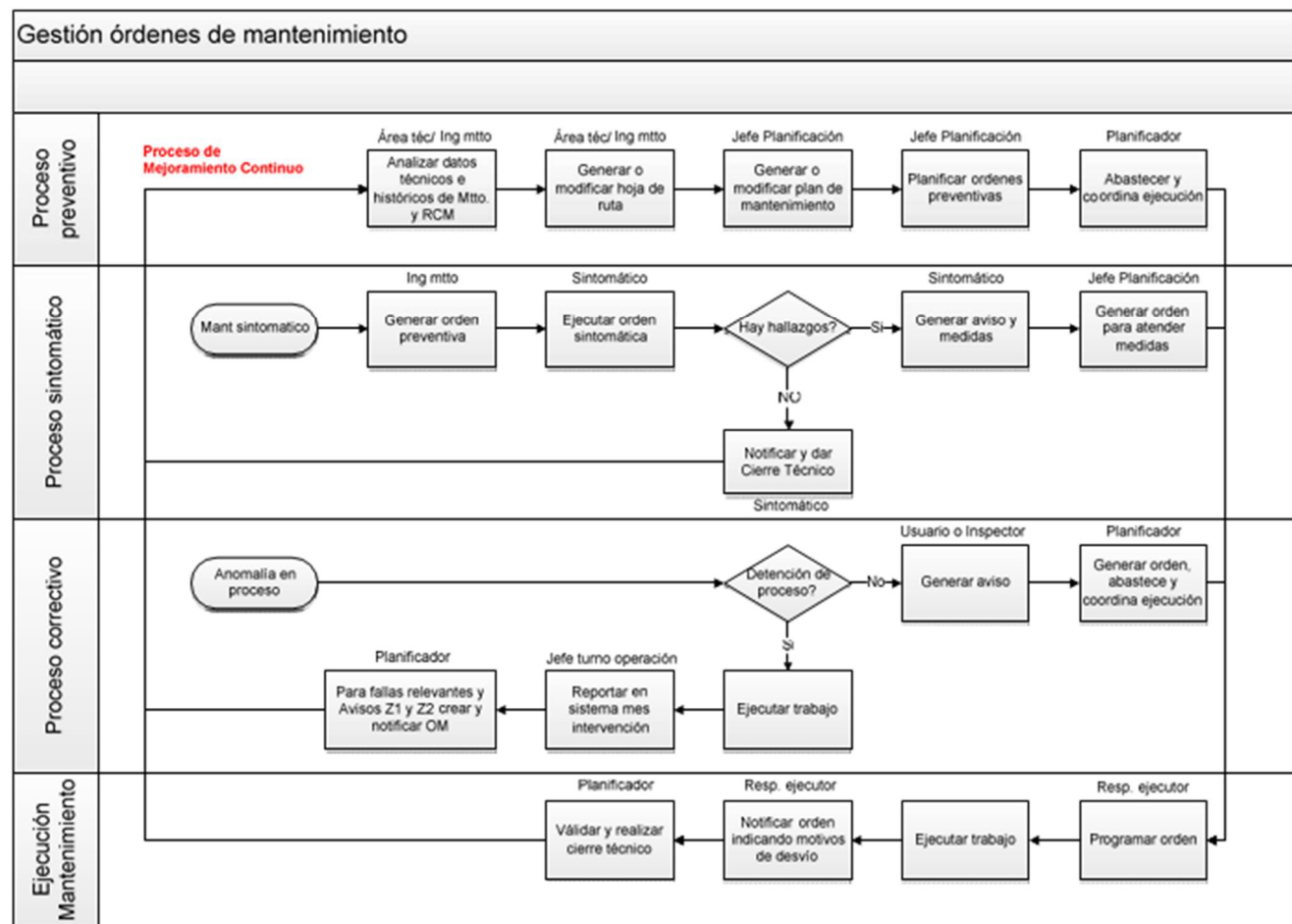


Figura 1- 12: Gestión ordenes de mantenimiento

Notificación de Actividades personal de terreno

Todas las actividades que involucren el uso de mano de obra, deben ser notificadas en una OM para justificar el uso de recursos, el responsable es el supervisor del equipo de trabajo.

Para el caso de reportes de Avisos generados por personal de turno, el Planificador responsable deberá crear y notificar OM con clase de actividad correspondiente a cada área, para reportar los recursos utilizados.

Las OM deben tener definida la Ubicación Técnica y Equipo, con el fin de registrar correctamente estos costos del personal propio y EST.

Nota: todas las actividades que generen uso de recursos deben ser justificadas con una orden de mantenimiento. Lo anterior permitirá disponer de información para realizar futuros análisis.

1.10 Planes de mantenimiento

1.10.1 Creación y parametrización de planes

El Planificador asignado al “Grupo Planificador” será responsable de la gestión de planes de mantenimiento basado en estrategias y sus hojas de rutas asociadas. Al crear o modificar los planes, deberá tener en cuenta lo siguiente:

5.3.1.1. Observaciones generales:

- Título claro y apropiado, que identifique el equipo y el trabajo a realizar (se dispone de 40 caracteres.).
- La ubicación técnica deberá ser la más cercana al equipo, evitando asociar a un nivel superior. Si el equipo esta creado, debe ser seleccionado.
- El plan debe asociarse a las estrategias de cada unidad operativa, correspondiente a la ubicación del equipo.
- Asociar al Plan la Hoja de Ruta (tipo Instrucción) creada previamente para el equipo.
- Para mantenimientos rutinarios donde se considera inspecciones y reemplazos de elementos por frecuencia de uso, se deberá crear una estrategia particular donde se aplique jerarquía a las actividades programadas, de esta forma cuando corresponda cambio de algún elemento, la operación de la hoja de ruta correspondiente a la actividad de inspección será suprimida en la OM.

1.10.2 Parametrización (ciclos del plan de mantenimiento):

- Factor de decalaje o Conclusión: Para aquellos planes configurados sujetos a conclusión, dejar en 100% (mediante esta selección cuando fecha teórica difiere de fecha real, la próxima OM toma fecha de cierre y cuenta de allí en adelante la frecuencia asignada).
- Horizonte de Apertura: dependiendo de las características del equipo y del tipo de mantención, este parámetro debe ser configurado procurando garantizar que el plan de mantenimiento sea gatillado en el plazo necesario para preparar la intervención, lo anterior considerando que en ciertos casos, la adquisición de repuestos toma largos periodos de tiempo.

En general este parámetro debe ser configurado entre 90 y 98% para frecuencias altas (mayores a 1 año) y entre 50 y 90% para frecuencias bajas (menores a 1 año). Permite salida de OM tiempo antes de fecha prevista).

Este valor representa el % de la frecuencia del periodo.

- Intervalo de Toma: Se recomienda dejar igual a la frecuencia (en días) para evitar tener más de una OM en espera. Si existe más de una posición en el Plan de Mantenimiento, escoger la mayor frecuencia.
- Factor de dilatación: Este parámetro permite modificar los tiempos de ciclo de una estrategia de mantenimiento. Para no modificar frecuencias, debe ser configurado con el valor 1.
- Sujeto a conclusión: Permite mantener sólo una orden liberada a la vez (la próxima se generará una vez concluida la anterior).

NOTA: Cuando se crea un Plan con varias posiciones y se configura sujeto a conclusión, el supervisor de plazo no lanzará nuevas OM hasta que todas las OM de cada posición se cierren técnicamente o pasen a cierre comercial (CETEC o CERR).

La parametrización anterior se complica cuando existe un plan que tiene varias posiciones con frecuencias distintas. Por lo anterior se sugiere tener una Posición por Plan o agrupar actividades de igual frecuencia en un mismo Plan. Esto permitirá configurar un Plan sujeto a conclusión, evitando tener el sistema sobre poblado con OM repetidas.

1.10.3 Parametrización (datos adicionales para el plan mantenimiento):

- Campo clasificación debe ser “Centro SH01 – Plan Eléctrico” ó “Centro SH01 – Plan Mecánico” o “SH01 - Plan TALLERES” (permite diferenciar los planes al usar supervisor de plazos).

Programación:

- Programar fecha de inicio ciclo o fecha reinicio si el plan es nuevo o se reactiva.
- Iterar Offset hasta dejar la Fecha de toma en la fecha deseada.

- Liberar plan usando Supervisor de Plazos, ingresando el nombre del plan (es), seleccionado clasificación correspondiente y número de días (Intervalo llamada). O bien ingresar estrategia de mantenimiento respectiva y número de días.

1.10.4 Actualizaciones de Planes

Cualquier modificación y/o cambio de estado (activo/no activo) a un plan de mantenimiento (Hoja de Ruta, Estrategia) deberá quedar documentado a través de una nota o anexo que indique el motivo de la modificación, la cual debe adjuntarse en la opción “Servicios para objeto” del Plan de Mantenimiento.

1.10.5 Back Log y Factor de Atraso

Se realizará control mensual del BackLog de los planes de mantenimiento, considerando los intervalos que se muestran a continuación (La métrica indica días de atraso desde la fecha de Programación de la OM). Esta evaluación será presentada en “Informe Mensual de Mantenimiento”. La información será separada por equipos críticos y no críticos. (Referencia PG-72-72001, definición de equipos críticos)

Área	0 - 60	61 - 180	181 - 365	>365
Área productiva 1	Cantidad OM en el rango	Cantidad OM en el rango	Cantidad OM en el rango	Cantidad OM en el rango
Área productiva 2	Cantidad OM en el rango	Cantidad OM en el rango	Cantidad OM en el rango	Cantidad OM en el rango
Área productiva 3	Cantidad OM en el rango	Cantidad OM en el rango	Cantidad OM en el rango	Cantidad OM en el rango
Área productiva n...	Cantidad OM en el rango	Cantidad OM en el rango	Cantidad OM en el rango	Cantidad OM en el rango

Tabla 1- 7: Tabla de ejemplo factor de atraso

De igual forma se presentará el Factor de Atraso como n° de veces de la frecuencia de cada posición de mantenimiento.

En el caso de atrasos mayores a 3, sea cual fuese su causa, el planificador deberá notificar la orden de mantenimiento, indicando la causa del atraso y la gestión realizada al respecto. Adicionalmente, deberá priorizar la ejecución de la orden para ejecutarla en el menor tiempo posible.

En el caso de Órdenes de Mantenimiento que sean de Equipos Críticos ó EIMES, con atraso mayor a 3 en su frecuencia, el Planificador además de lo indicado en el párrafo

anterior, deberá informar de la situación al Jefe de Mantenimiento del área correspondiente, a través de correo electrónico y dejar esta información adjunta en orden de mantenimiento.

El cruce de la información de Back Log y Factor de Atraso deberá ser analizado por cada área para priorizar los recursos de mantenimiento.

1.10.1 Programación diaria

El programa diario, corresponde al listado de Órdenes de Mantenimiento programadas para ejecutarse el día siguiente.

El Planificador y Supervisor de Mantenimiento, deberán tener un programa de trabajo preparado de acuerdo a las prioridades del área, que contemple los recursos, coordinaciones y los materiales necesarios, debiendo tener las siguientes consideraciones:

- a) Todas las OM programadas, que forman parte del programa diario, deben tener fecha de inicio extremo actualizada.
- b) El programa debe quedar disponible en SAP el día anterior y el plazo será hasta las 16 Hrs. De esta forma los grupos ejecutores sean CAP o Contratistas, podrán trabajar en la organización de sus recursos para el día siguiente.
- c) En caso que un trabajo se prolongue más de un día, se deberá programar con el rango de fecha y las horas totales estimadas, la notificación será diaria y debe indicar trabajo restante, con lo que SAP mantiene el saldo automáticamente. Para el programa diario solo basta ir actualizando la fecha de inicio extremo.
- d) Una vez planificada la OM y en poder del ejecutor, si el trabajo dura más ó menos tiempo del programado, no se deberán ajustar las horas programadas, en este caso el ejecutor deberá notificar utilizando el motivo de desviación, lo cual justificará las diferencias producidas.

1.11 Administración de datos maestros sap

Se define a la unidad de Ingeniería Confiabilidad como administrador de datos maestros de mantenimiento asociados a Ubicaciones Técnicas, Puestos de Trabajo, Características de puntos de medida y Clases de equipos.

1.12 Principio de Pareto

El diagrama de Pareto es una gráfica en donde se organizan diversa clasificación de datos por orden descendente, de izquierda a derecha por medio de barras sencillas después de haber reunido los datos para calificar las causas. De modo que se pueda asignar un orden de prioridades. El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Josehp Juran en honor del economista italiano Vilfredo Pareto (1848-1923) quien realizó un estudio sore la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. Con esto estableció la llamada “ley de Pareto” según la cual la desigualdad económica es inevitable en cualquier sociedad.

El Dr. Juran aplico este concepto a la calidad, obteniéndose lo que se conoce como la regla 80/20. Según este concepto si se tiene un problema con muchas causas, se decir que el 20 % de las causas resuelven el 80% del problema y el 80% de las causas resuelven el 20% del problema. Por lo tanto, Pareto es un a técnica que separa los “pocos vitales” de los “muchos triviales”.

El estudio de Pareto permite realizar distintos tipos de análisis a un equipo o sistemas de equipos que estén bajo estudio. Los análisis mas comunes se realizan:

- Para analizar las causas.
- Para estudiar los resultados.
- Para planear una mejora continua.
- Las gráficas de Pareto son especialmente valiosas como fotos de “antes y después” para mostrar el progreso que se ha logrado.



Figura 1- 13: Diagrama de Pareto

1.13 Diagrama de Ishikawa

También llamado de Diagrama de Causa y Efecto, Diagrama de Espina de Pescado o Diagrama de los 6Ms, el diagrama de Ishikawa es una herramienta que ayuda a identificar las causas raíces de un problema, analizando todos los factores involucrados en la ejecución de un proceso.

1.14 Formación y motivación de los empleados

El éxito o fracaso en una organización está directamente ligado a sus miembros, dado que estos son los únicos responsables de su mejora y por ello la importancia de la capacitación y entrenamiento de todos los empleados; con su formación se reducen los errores, mejorando la calidad y reduciendo los costes, y se reduce la curva de aprendizaje del trabajador y se aumenta la motivación.

1.15 Contexto operacional

El primer documento que se realiza para un análisis de mantenimiento preventivo, es el contexto operacional, lo que debe realizarse muy cuidadosamente porque de esto dependerá la ejecución de análisis, el cual debe contener una descripción detallada de la instalación que será analizada, también se refleja el propósito del equipo o sistema, descripción de equipos y procesos, dispositivos de seguridad, metas de seguridad ambiental y operacional, volumen de producción, calidad, servicio, operaciones, mantenimiento, gerencia, límites del sistema y un listado de componentes de cada sistema en caso de que haya división del en varios subsistemas, incluyendo dispositivos de seguridad e indicadores.

1.16 Análisis de modo y efecto de fallas (amef)

Es un proceso sistemático, continuo y permanente cuyo objetivo es recomendar las acciones a tomar durante el diseño, la manufactura o la operación para reducir riesgos, los costos asociados a las fallas e incrementar la satisfacción del cliente.

El análisis de los modos y efectos de las fallas (AMEF), constituye la herramienta principal del mantenimiento preventivo y de confiabilidad, para la optimización de la gestión de mantenimiento en una organización determinada. El AMEF es un sistema sistemático que permite identificar los problemas antes de que estos ocurran y puedan impactar en los procesos y productos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado. Hay que tener presente que la realización del AMEF, constituye la parte más importante de la realización de mantenimiento, ya que a partir de los análisis realizados por los grupos de trabajo a los distintos activos en su contexto operacional, se obtendrá la información necesaria para poder prevenir las consecuencias o efectos de las posibles fallas, a partir de la selección adecuada de actividades de mantenimiento, las cuales actuarán sobre cada modo de falla y sus posibles consecuencias. El AMEF busca responder las 5 primeras preguntas básicas del mantenimiento centrado en confiabilidad, aplicado en este contexto al mantenimiento preventivo, definiendo así para cada activo sus funciones, sus fallas funcionales, los modos de fallas y su efecto de fallas.

1.17 Funciones y estándares de funcionamiento

Da inicio a la aplicación del mantenimiento y consiste en determinar las funciones específicas y los estándares de comportamiento funcional, asociado a cada uno de los activos objeto de estudio en su contexto operacional.

CAPITULO 2: ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL

En el siguiente capítulo se desarrollará cada uno de los objetivos específicos planteados, el cual va a proporcionar la identificación y clasificación de los equipos a estudiar, segmentándonos a cinco grúas de los procesos de acería y colada continua.

La recopilación de los datos de fallas estará plasmada en el registro de cantidad de fallas por mes a lo largo del tiempo de estudio.

Se evaluarán los planes actuales de mantenimiento, pues si bien las fallas ocurridas no se representan en los planes actuales. Mediante una gráfica de Pareto se priorizarán los sistemas más críticos evaluando sus fallas funcionales, modo de falla y efectos de falla.

2.1 La Empresa

La Compañía Siderúrgica Huachipato S.A. es una empresa del Grupo CAP y la principal industria productora de acero en Chile.

Se caracteriza por ser la única siderúrgica integrada del país, es decir, la única que elabora acero a partir de materias primas, como mineral de hierro, carbón y caliza, lo que garantiza productos de alta pureza y calidad controlada.

Su misión es producir y proveer productos y soluciones en acero de excelente calidad y servicio que superen las expectativas de sus clientes, privilegiando el desarrollo del recurso humano como factor determinante del éxito. Desarrollar ventajas competitivas, que generen rentabilidad, a través de la innovación de sus procesos mediante el uso de tecnologías sustentables.

2.1.1 Antecedentes generales

La siderúrgica está ubicada en Talcahuano, a orillas de la Bahía de San Vicente y es también una de las mayores empresas de la Región del Bío Bío y principal exportador de acero en el país.

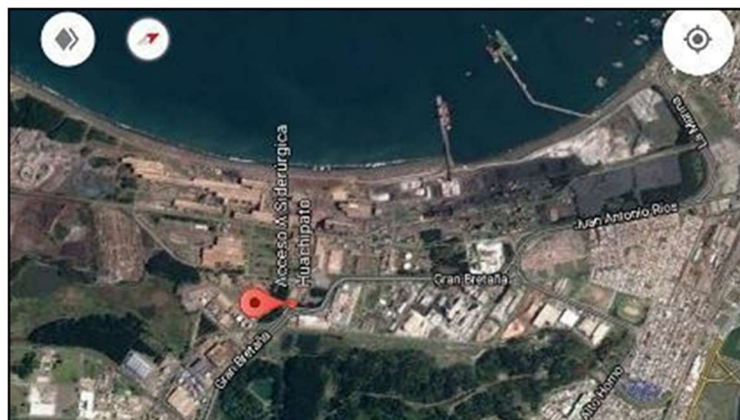


Figura 2- 1: Vista satelital C.S.H S. A

La compañía de Aceros del Pacífico se creó en 1946, posteriormente la planta comenzó a ser construida a mediados de 1947, siendo oficialmente inaugurada e iniciada la puesta en marcha el 25 de noviembre de 1950. Nueve años después de su inauguración la compañía decide incorporarse a las actividades mineras, adquiriendo en 1959 el yacimiento “El algarrobo” y en 1971 la mina de hierro “El romeral”, e inaugurando la planta de Pellets (Mineral de Hierro) en Huasco.

Su producción anual en esos primeros tiempos alcanzaba las 182.000 toneladas de acero líquido/año y actualmente tiene una capacidad de producción de 1.450.000 toneladas de acero líquido/año.

2.1.2 Proceso siderúrgico

El proceso productivo de la planta se inicia con el desembarque, horneado, lavado y almacenamiento de las materias primas como el carbón, mineral de hierro y carbonato de calcio, para pasar luego a la etapa de elaboración, con la destilación seca del carbón mineral y su transformación a coque metalúrgico, que se utiliza en el alto horno en el proceso de reducción de mineral de hierro y su transformación en arrabio.

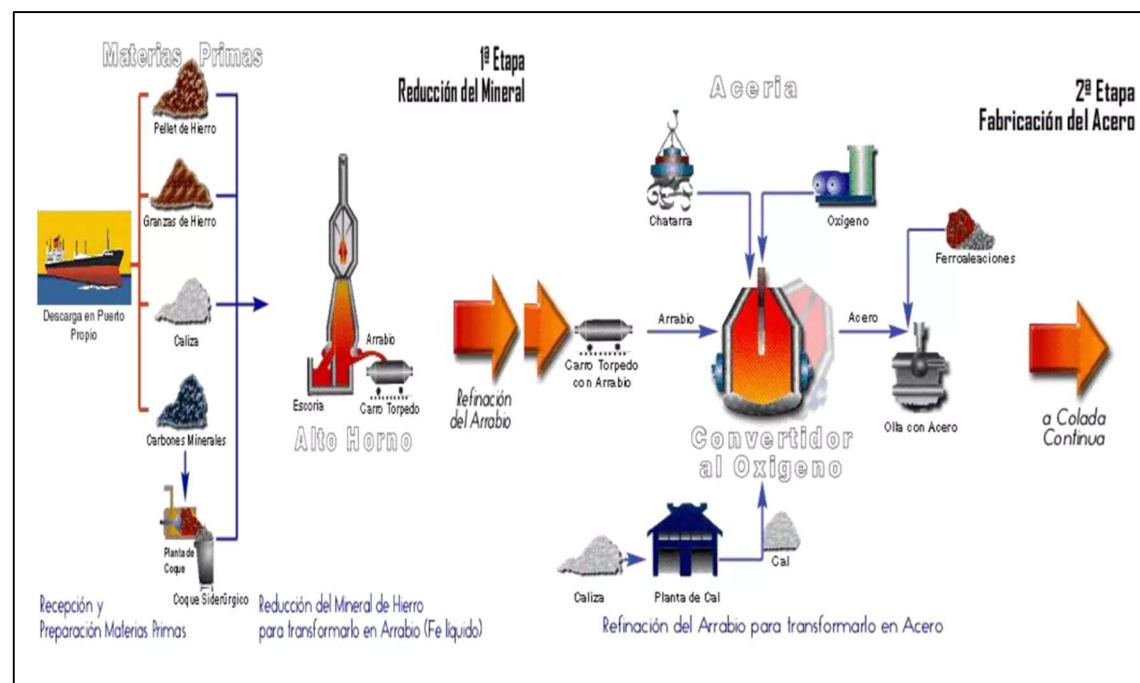


Figura 2- 2: Imagen Proceso Siderúrgico.

2.1.3 Planta de coque

El carbón mineral es tratado, sometiéndolo a un proceso de destilación seca para transformarlo en coque siderúrgico, siendo uno de los materiales imprescindibles en la producción de arrabio en los Altos Hornos.

2.1.4 Altos hornos

El proceso consiste en cargar por la parte superior del horno y mediante capas, los minerales de hierro, caliza y coque. La inyección de aire precalentado a 1000°C aproximadamente, facilita la combustión del coque, generando elevadas temperaturas y gases reductores que actúan sobre el mineral y la caliza, transformándolos en arrabio (hierro líquido) y escoria respectivamente.

2.1.5 Acería de convertidores al oxígeno

Se cuenta con dos convertidores de 100 toneladas cada uno. El arrabio proveniente de los altos hornos luego se carga junto con chatarra de acero por la acción del oxígeno puro que se inyecta al convertidor en donde se oxidan el carbón, silicio y fósforo del arrabio.

Estas reacciones son exotérmicas y causan la fusión de la carga metálica fría sin necesidad de agregar ningún combustible, y por adición de cal, se forma la escoria en que se fijan

las impurezas oxidadas. Luego el acero ya producido puede enviarse a la estación de ajuste y luego a la colada continua.

2.1.6 Estación de ajuste

El acero que proviene de la Acería Conox, llega con una composición química base, esto es, no contiene ferroaleaciones necesarias para pasar a la estación de ajuste. En la estación de ajuste se llevan a cabo los siguientes tratamientos:

- a. Adición de elementos de aleación.
- b. Tratamientos para disminuir y modificar cantidades de ciertos tipos de inclusiones no metálicas.
- c. Homogeneizar la composición química y temperatura del acero líquido.

2.1.7 Colada continua

Esta es una unidad de metalurgia secundaria, es decir, una vez que se tiene el acero líquido, este es vaciado a una “artesa” que se comunica por el fondo de moldes, donde se inicia el proceso de solidificación que se completa durante el recorrido, por una maquinaria especialmente diseñada para palanquillas.

2.1.8 Laminación del acero

Consiste básicamente en un proceso de transformación mecánica en caliente o en frío, donde se modifica la forma de los productos, reduciéndoles el espesor y aumentándoles el largo, por medio del uso de rodillos de laminación.

Actualmente la planta siderúrgica de Huachipato solo cuenta con el laminador de barra, en el cual la palanquilla es sometida a sucesivas etapas de laminación. Los productos finales son barras rectas y en rollos, lisas y con resaltes, según el uso final que se requiera.

2.1.9 Acería Conox y Proceso

Proceso de convertidores al oxígeno

El proceso utilizado actualmente en la Acería Conox se origina exactamente en 1948 cuando en el campo siderúrgico se introduce el método de soplado superior, que consiste en soplar oxígeno sobre la superficie del baño fundido, utilizando una lanza metálica refrigerada con agua, se introduce por la boca del convertidor, de esta manera la zona de elevada temperatura se ubica lejos del fondo de las paredes vulnerables, así se da inicio al proceso de fabricación de acero con el uso de convertidores al oxígeno. Proceso se conoce

2.2 Gruas puente 175 ton acería y colada continua

Para llevar a cabo el plan de mantenimiento, es necesario conocer cuáles son los equipos involucrados y dónde se encuentran ubicados dentro de la planta, como también conocer toda la información que se encuentre disponible de las grúas, ya sean manuales de operación, historiales de falla, acciones correctivas actuales, información técnica y planos de los equipos.

Es preciso conocer todos los datos operacionales de los equipos en cuestión, ya sea tiempos de operación, tiempos de detención, cantidad de carga aplicada, desplazamiento del, entre otros. Con esta información es posible obtener indicadores que nos ayuden a identificar cuáles son los componentes mecánicos del sistema de levante, que se encuentran expuestos a un mayor trabajo y en consecuencia a un mayor desgaste.

Lo que se busca es poder realizar un análisis del sistema de levante de las grúas, en donde se pueda determinar la criticidad del activo, es decir cómo afectaría al proceso, y las consecuencias que puede traer una avería del equipo completo, como de un componente en particular.

Actualmente en la compañía siderúrgica Huachipato existen 5 grúas de 175 toneladas activas en acería y colada continua, estas están distribuidas en todos los procesos de la planta, pues son fundamentales para lograr los objetivos de la empresa.

En este trabajo estudiaremos la mantenibilidad actual de los sistemas de levante de grúas de 175 toneladas que son parte del proceso de acería y colada continua, se realizaran propuestas de mejora para los planes de mantenimiento que se encuentren deficientes en frecuencias, recursos, tareas definidas, etc.



Figura 2- 4: Grúa 22 aérea de 175 ton. Imagen propia

2.3 Equipos en el proceso

Cuando el mineral de hierro, la caliza y el coque es creado en los Altos Hornos como arrabio, este es depositado en un carro torpedo, el cual se dirige a través de rieles a la entrada NORTE de la sección de Acería, al llegar, el carro torpedo está por sobre la altura de la cuchara, esto facilita la entrega. En un comienzo, mediante 2 motorreductores crean un movimiento giratorio sobre el eje axial del carro, comenzando así el TRASVASIJE del arrabio a la cuchara.

Al terminar la entrega el carro torpedo se retira por los rieles y comienza la DESSULFURACIÓN del arrabio, que consiste en quitar el azufre, introduciendo un material para ralentizar la solidificación de la fundición en la cuchara. Durante este proceso una de las grúas puente de 175 ton está esperando su turno (G.11 o en su defecto G.8), es así como comienza a descender el balancín principal (Figura 2- 5) para calzar sus ganchos canillas en los soportes de la cuchara, luego con el gancho auxiliar calza en un soporte inferior en la cuchara. Una vez acoplado en los 3 puntos principales, se da la orden para un leve ascenso y esperando en esa posición se realizan los cálculos correspondientes al peso del material fundido y con ello, calcular cuáles serán los movimientos de traslado y vaciado de una forma coordinada, precisa y segura. Además, este cálculo, servirá más adelante para saber cuáles serán los elementos secundarios que se añadirán al convertidor y en qué medida.

Al comenzar el traslado de la cuchara desde Norte a Sur de la nave de acería, el siguiente paso es situarse a una altura suficiente, con el fin de arrojar la escoria superficial del arrabio, este proceso se realiza, por un lado, con la inclinación de la cuchara cuando el gancho auxiliar de la grúa puente 11 se activa y por el otro lado cuando una lanza se introduce para empujar la escoria a piso. Esta escoria es reutilizada en un 25% y el 75% es desechada.

Luego es trasladada frente al convertidor al oxígeno, luego este bascula sobre su eje para comenzar la entrega controlada y medida del material fundido, durante este proceso el operador activa el gancho auxiliar para que la cuchara pivotee en la parte superior y se incline para su trasvasije. Una vez completada la entrega, la grúa traslada la cuchara a su lugar de origen y así comenzar un nuevo ciclo de: RECIBIR, MANTENER, PESAR, TRASLADAR y ENTREGAR el arrabio.

Además, otra grúa menor la grúa semi guntry¹⁰ (Figura 2- 6) se encarga de cargar la chatarra proveniente del lado Este de la acería, calzando los cuatro soportes de las cajas, mediante sus ganchos canillas, de esta manera trasladará el contenedor y lo inclinará frente al convertidor de forma precisa para verter la chatarra. Al completar el proceso en

convertidor, este vierte el arrabio en una cuchara que saldrá a través de un carro por el lado oeste, nave cancha de vaciado.

Esta cuchara es retirada desde el carro convertidor por la grúa 21 o 22 y la posiciona en carros de traspaso hacia colada continua. Esta parte del proceso se inicia en estación de ajuste y será la grúa N°31 quien retire la cuchara del carro de traspaso, la traslade y la situé en la estación de ajuste. Una vez acá, la estación de ajuste se encarga de destapar la cuchara, un equipo de electrodos es introducido en el material fundido para homogeneizar la mezcla, ajustar la composición química final, su temperatura requerida, eliminar las impurezas y ajustar la colabilidad mediante escorias metalúrgicas y la inyección de materiales encapsulados.

Terminado el proceso de ajuste, nuevamente la grúa 31 toma la cuchara y traslada ésta a torreta de colada continua, dando inicio a este proceso.

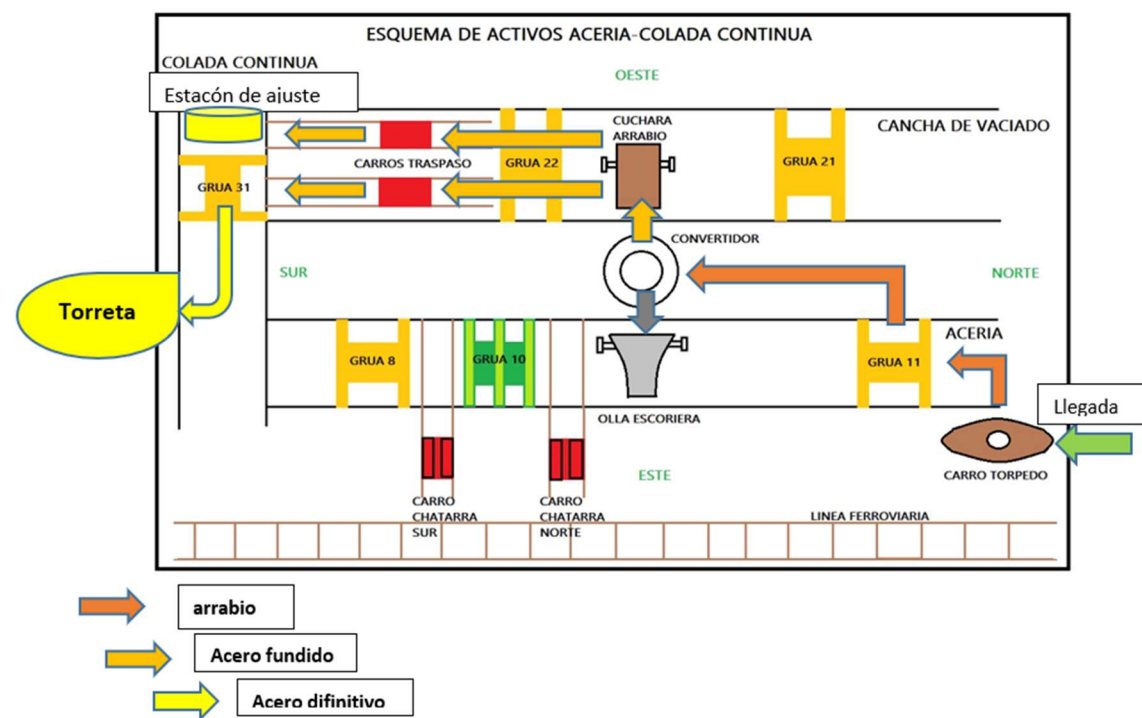


Figura 2- 7: Esquema grúas puente en acería y colada



*Figura 2- 10: Grúa puente 22.
Colada Continua. Imagen propia*



*Figura 2- 9: Grúa semy guntry 10.
imagen Propia*

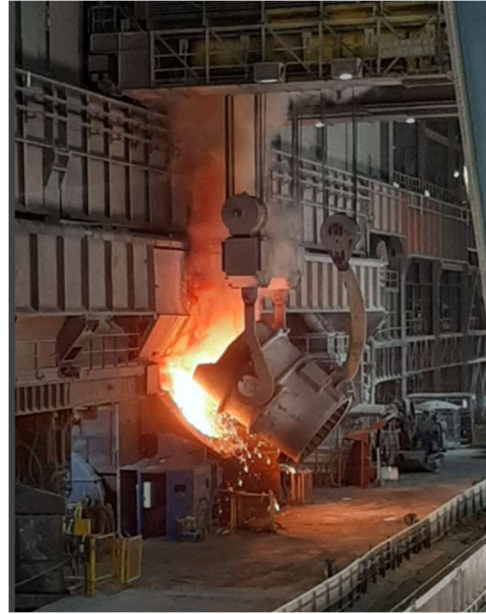


*Figura 2- 8: Grúa puente de 175/45 Ton.
Imagen propia*

Especificaciones de grúas 175 ton.

LEVANTE PRINCIPAL : 175 TONS						
ENGRANAJE	Nº DE DIENTES	MODULO METRICO	FACE	CENTROS	RADIO GENERAL	DATOS Y VELOCIDADES
PIÑON 1º	21	12	130	438	27,6	Velocidad Motor (175 T Load) =380 r.p.m Diam = 1680 mm. Nº Caidas Cable 8 Levante = 380/27,6 x (1680x3,14)/8 9,08 m/min. Tambor Velocidad =
CORONA 2º	52					
PIÑON 2º	18	16	180	510		
CORONA 3º	47					
PIÑON 3º	18	20	220	950		
CORONA 4º	77					
LEVANTE AUXILIAR : G-175 TONS						
PIÑON 1º RED.	31	12	120	690	20,1	Velocidad Motor (45 T Load) =410 r.p.m Diam = 1000 mm. Nº Caidas Cable 4 Levante = 410/20,1 x (1000x3,14)/4 m/min. Tambor Velocidad = 16,1
CORONA 1º RED	84					
PIÑON ENTRADA 2º RED	22	14	140	504		
CORONA 2º COTRAEJE 2º RED.	50					
PIÑON 2ºCONTRAEJE 2º RED.	19	16	220	648		
CORONA TAMBOR	62					
TRASLACION CARRO PRINCIPAL						
PIÑON 1º	18	6	70	264	77,6	Velocidad de Motor Balanceado = 1450 rpm Rueda Diam. = 600 mm Velocidad Especifica: 90% Balance = 0,9x1450x600x3,14/77,6 = 31,4 m/min.
CORONA 2º	70					
PIÑON 2º	17	8	90	376		
CORONA 3º	77					
PIÑON 3º	17	10	120	460		
CORONA 4º	75					
TRASLACION CARRO AUXILIAR						
PIÑON 1º	19	5	60	240	64,6	Velocidad de Motor Balanceado = 1400 rpm Rueda Diam. = 500 mm Velocidad Especifica: 90% Balance = 0,9x1400x500x3,14/64,6 30,6 m/min. =
CORONA 2º	77					
PIÑON 2º	19	6	70	300		
CORONA 3º	81					
PIÑON 3º	19	8	90	360		
CORONA 4º	71					
TRASLACION PUENTE						
PIÑON 1º	18	8	90	428	20,6	Velocidad de Motor Balanceado (2 Motores) 640 rpm Rueda Diam = 800 mm Velocidad Especifica = 100% Balance =640/20,6 x (800x3,14) =80,7 m/min.
CORONA 2º	89					
PIÑON 2º	18	10	120	465		
CORONA 3º	75					

Recopilación de datos

Para obtener la mayor cantidad de datos deseados, fue necesario aplicar ciertas técnicas y herramientas, que ayudaron a obtener toda la información existente respecto a las grúas puente, para así poder llevar a cabo el plan de mantenimiento y ejecutarlo de manera correcta y eficiente.

Entrevista a personal

La primera actividad a desarrollar dentro del área de trabajo, fue realizar entrevistas con todo el personal involucrado tanto en la planificación y ejecución de las tareas de mantenimiento de grúas puente, con el objetivo de recolectar e archivar toda aquella información que se encontrara disponible de los equipos.

Tras consultar al personal del departamento de planificación de la sección sobre los equipos bajo estudio, se ha facilitado toda información correspondiente a los planes de mantenimiento actuales de las grúas puente de 175 ton.

Mediante los planes obtenidos es preciso indicar que debido la falta de información que estos presentan, se hace necesario realizar una verificación de las actividades prescritas en el plan y en qué grado estas afectan en la ejecución del mantenimiento.

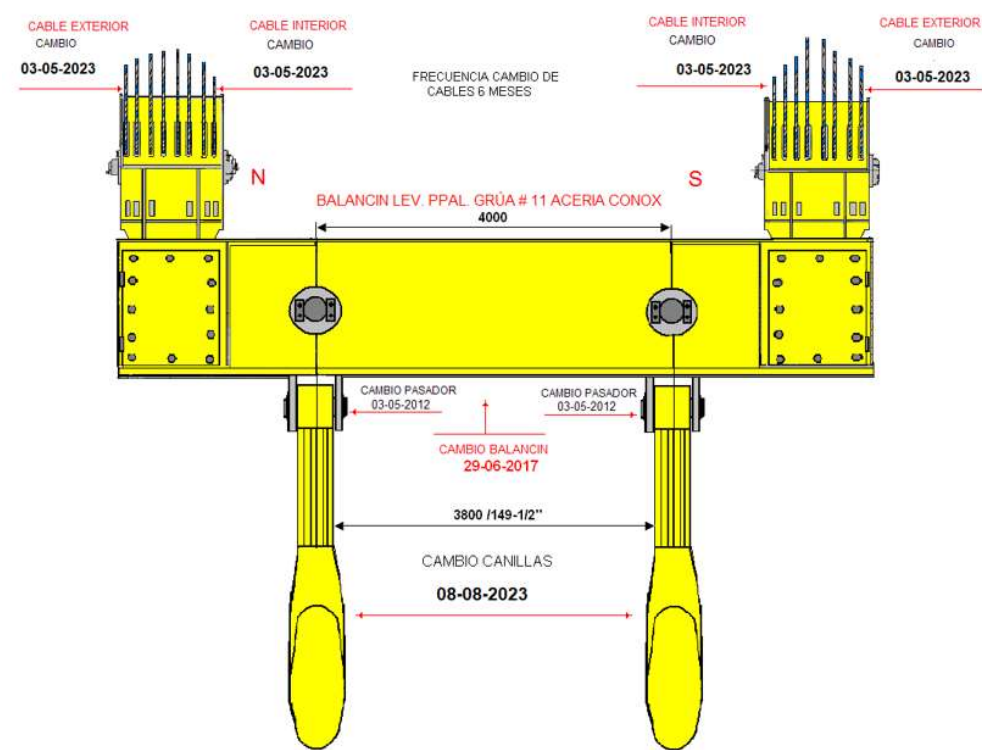


Figura 2- 11: Balancín y canillas del sistema de levante principal. Imagen propia

Planes actuales de mantenimiento sistema de levante

PLANES PREVENTIVOS SISTEMA DE LEVANTE PRINCIPAL	FRECUENCIA PLAN	PLAN
BALANCÍN PRINCIPAL	4A	SHEG56145
REDUCTOR ESTE SIST. LEV. PPAL. (CAMBIO ACEITE)	4A	SHEG56111
EJE SALIDA REDUCTOR ESTE SIST. LEV. PPAL.	8A	SHEG56125
REDUCTOR OESTE SIST. LEV. PPAL. (CAMBIO ACEITE)	4A	SHEG56112
EJE SALIDA REDUCTOR OESTE SIST. LEV. PPAL.	8A	SHEG56133
1ER. EJE INTERMEDIO REDUCTOR ESTE SIST. LEV. PPAL.	8A	SHEG56125
2DO. EJE INTERMEDIO REDUCTOR ESTE SIST. LEV. PPAL.	8A	SHEG56125
1ER. EJE INTERMEDIO REDUCTOR OESTE SIST. LEV. PPAL.	8A	SHEG56133
2DO. EJE INTERMEDIO REDUCTOR OESTE SIST. LEV. PPAL.	8A	SHEG56133
CABLE EXTERIOR TAMBOR ESTE	1A	SHEG56105
CABLE INTERIOR TAMBOR ESTE	1A	SHEG56106
CABLE EXTERIOR TAMBOR OESTE	1A	SHEG56106
CABLE INTERIOR TAMBOR OESTE	1A	SHEG56105
BLOCK CATALINAS SUPERIOR ESTE DEL TAMBOR NORTE LEV. PPAL.	16A	SHEG56148
BLOCK CATALINAS SUPERIOR OESTE DEL TAMBOR NORTE LEV. PPAL.	16A	SHEG56149
BLOCK CATALINAS SUPERIOR ESTE DEL TAMBOR ESTE LEV. PPAL.	16A	SHEG56150
BLOCK CATALINAS SUPERIOR OESTE DEL TAMBOR OESTE LEV. PPAL.	16A	SHEG56151
MOTOR OESTE LEVANTE PRINCIPAL		RESP ELEC
EJE ENTRADA REDUCTOR ESTE SIST. LEV. PPAL.	8A	SHEG56125
EJE ENTRADA REDUCTOR OESTE SIST. LEV. PPAL.	8A	SHEG56133
GANCHOS BALANCÍN PRINCIPAL	6M	SHEG56108
GANCHOS BALANCÍN PRINCIPAL (LUBRICAR)	1S	SHEG56146

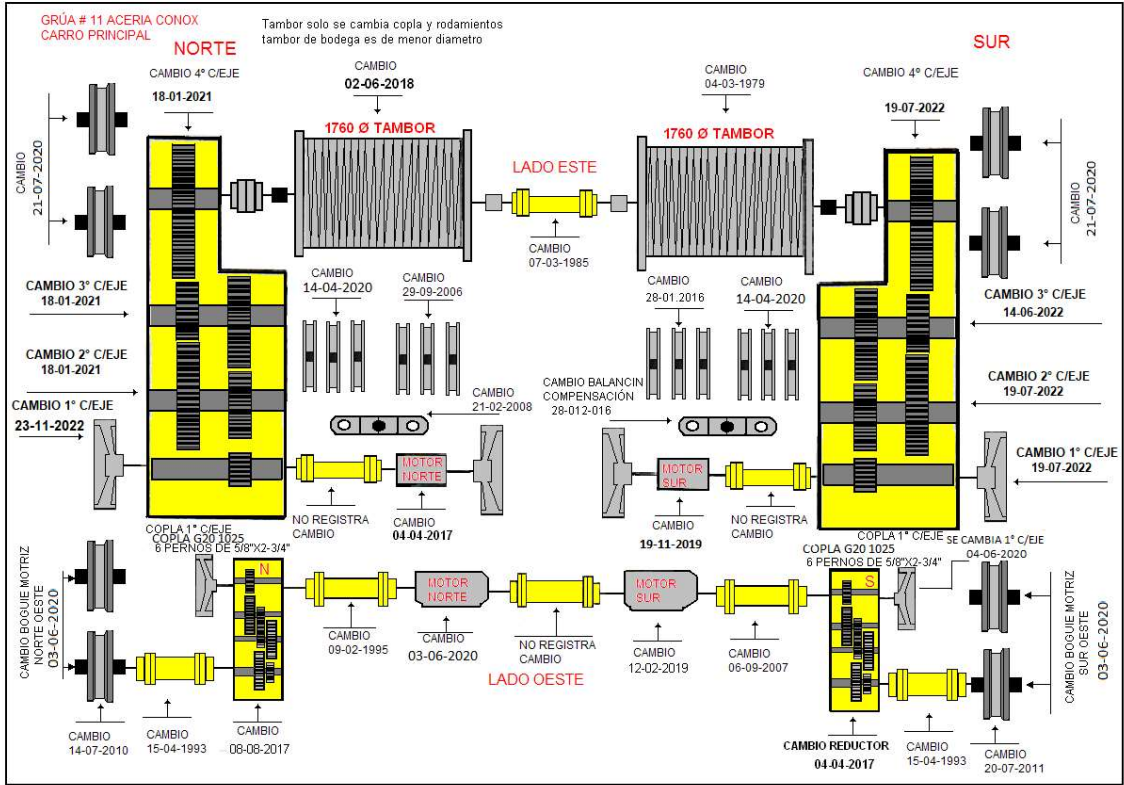


Figura 2- 12: Esquema de componentes, elaboración propia

2.2.5 Falla en balancín de compensación sistema de levante principal

A raíz de una alerta generada por inspectores de grúas puente por mal funcionamiento de balancín de compensación del sistema de levante. En primera instancia se programa a mecánicos realizar la ecualización del cable en el sistema, dejando este según especificaciones. Al paso de 6 días vuelve a ocurrir la misma condición. Luego de esto se planifica el desarme del sistema ecualizador, identificando la falla y verificando lo que se diagnosticaba por situaciones mencionadas por personal de larga experiencia. Mencionar que este sistema ecualizador no cuenta con plan de mantenimiento preventivo en el mapa de procesos, siendo elemento soportante de la carga total del equipo.

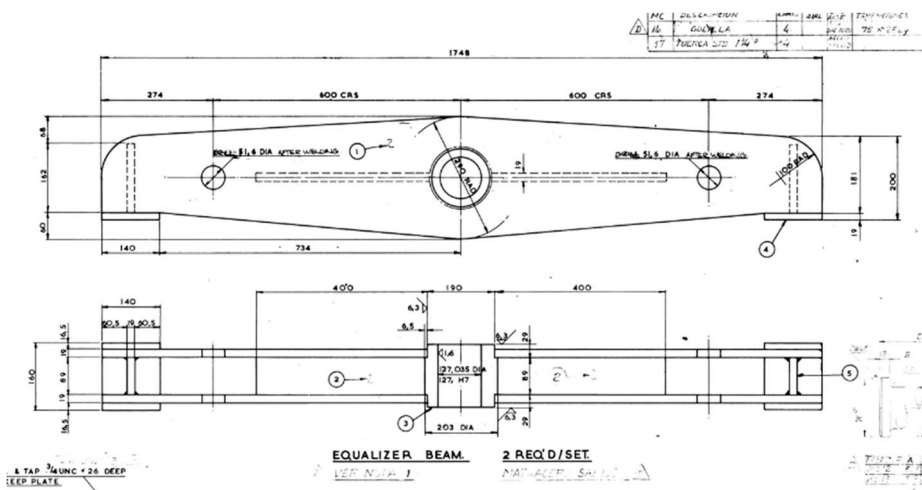
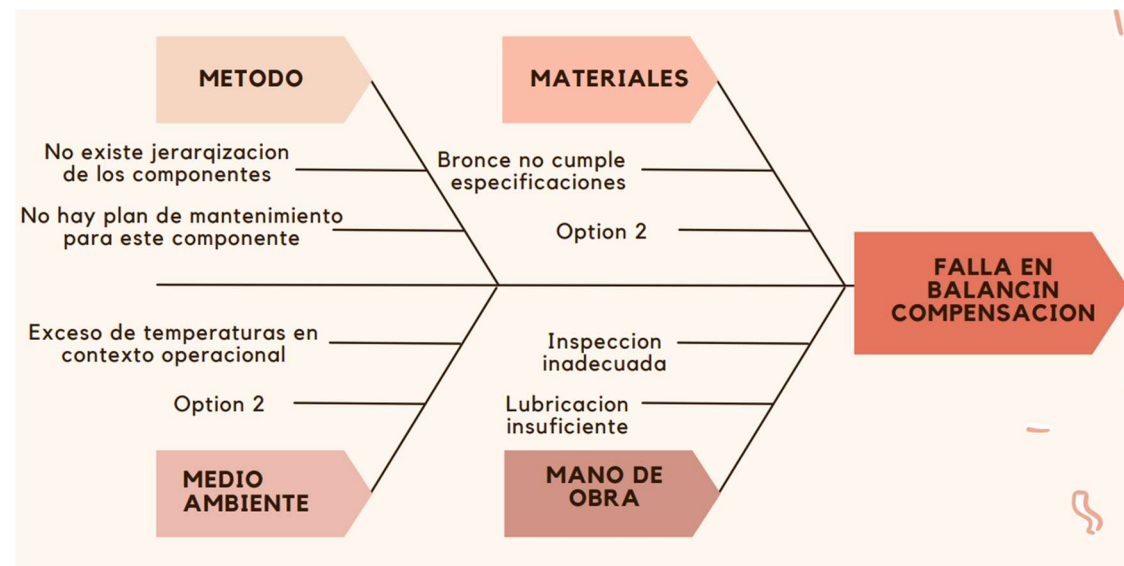


Figura 2- 13: Plano balancin de compensación del sistema de levante principal

Diagrama de Ishikawa



Imágenes de la falla



Figura 2- 14: Imágenes de la falla en balancin de compensación.

GRAFICA DE PARETO A HISTORIAL DE FALLAS

Sistemas de Grúas 175 ton.	N° fallos	Frecuencia	F. acumulada
Sistema levante principal	6	35%	35%
Sistema levante auxiliar	4	24%	59%
Sistema traslación carro principal	3	18%	76%
Sistema traslación carro auxiliar	2	12%	88%
Sistema traslación puente	2	12%	100%

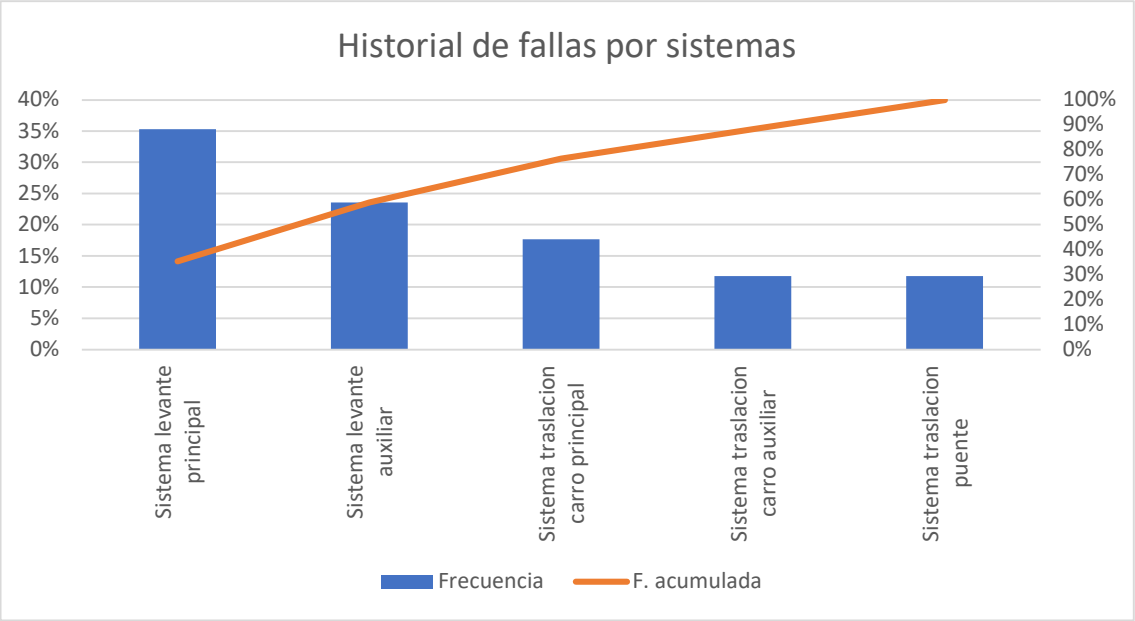


Figura 2- 15: Imagen gráfica de Pareto historial de fallas.

De acuerdo a los datos entregados y a su posterior análisis, se determina que el sistema de levante principal, en conjunto con el sistema de levante auxiliar son quienes generan aproximadamente el 80% de las fallas totales y el 80% aproximado de las horas necesarias totales para reparar. Se recomienda en base al ABC de fallas, optimizar los planes preventivos de mantenimiento e inspección, categorizados en la clase A. Para la clase B se recomienda reevaluar su mantenimiento preventivo, ya que solo ocupa un 14% y para la clase C se también se recomienda un mantenimiento preventivo/ correctivo dependiendo de la naturaleza del equipo y el impacto que llegue a generar en sus fallas y el contexto operacional en el que trabaje la grúa.

2.4 ANÁLISIS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO ACTUAL

Tras realizar un levantamiento del proceso e información correspondiente a las grúas puente, con el objetivo a fin de desarrollar un nuevo plan de mantenimiento, es posible detectar ciertos factores involucrados directamente con la correcta ejecución de los planes, dichos factores son:

- a) Falta de plan de mantenimiento.

Actualmente no existen planes de mantenimiento de este sistema ecualizador del levante principal de las grúas puente. Para esto se debe generar una ruta de inspección, verificando dimensiones según plano y sus porcentajes de desgaste.

- b) Material fuera de especificación.

Dureza de bronce no corresponde a especificaciones requeridas según plano.

- c) Optimización de plan de lubricación del ecualizador.

Crear un check list identificando los puntos de lubricación en hoja de ruta del plan.

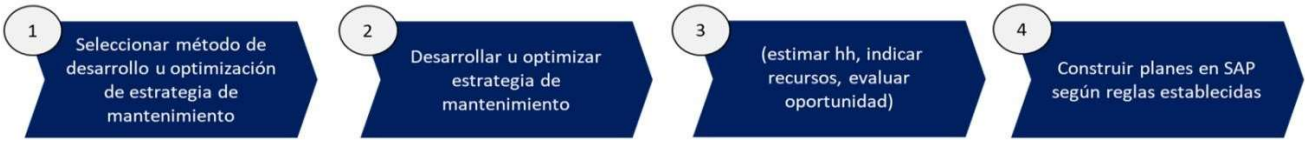
- d) Identificar los sistemas críticos de las grúas puente.

Jerarquizar los componentes críticos del sistema, según histórico de fallas.

CAPITULO 3: PROPUESTA DE MEJORA

De acuerdo a los parámetros anteriormente mencionados es que se busca ejecutar un plan de mantenimiento de manera controlada con el objetivo de reducir aquellas fallas que puedan presentarse durante el proceso productivo. Las intervenciones a realizar deberán ser acordes a los tiempos de producción y detenciones programadas, posteriormente, adecuar las acciones a los periodos correspondientes, procurando asignar tareas a los turnos que mejor se acomoden en función de los tiempos de detención de los equipos.

El gobierno para los planes de mantenimiento de Siderúrgica Huachipato establece las siguientes etapas según el presente diagrama:



Las etapas 1 y 2 son del área de confiabilidad, mientras que las etapas 3 y 4 corresponden al área de planificación.

3.1 Etapas del gobierno de planes

Etapas del gobierno de planes
Etapas del gobierno de planes para selección de método de desarrollo de estrategia u optimización.

El diagrama que se muestra en la figura 2 tiene una entrada tanto para activos y planes. Las condiciones de selección de los activos son: nuevos o modificados, mal desempeño, alta demanda de recursos (HH o altos costos PM), bajo cumplimiento PM, o para aquellos que hayan sido sometidos a cambios del contexto operacional. Los planes a revisar son seleccionados por la demanda de recursos o costos.

N°	Pregunta / tarea	Salida
P1	¿Existe plan? ¿El equipo, instalación o sistema tiene un plan de mantenimiento?	SI → P5 NO → P2
P2	¿El equipo es de criticidad alta? De acuerdo con la clasificación de Siderúrgica Huachipato	SI → T1 NO → P3
P3	¿El equipo es de criticidad media? De acuerdo con la clasificación de Siderúrgica Huachipato	SI → T2 NO → P4
P4	¿El costo de la falla es alto? Si el equipo es de criticidad baja y el costo de la falla es bajo, la recomendación es operar a la falla. En caso de que el costo de la falla sea importante, se recomienda desarrollar un plan básico de mantenimiento.	SI → T3 NO → T4
P5	¿Existe un cambio de contexto operacional o alguna modificación normativa? Es posible que hayan cambiado las condiciones operacionales, se haya modificado un equipo o existan nuevas reglamentaciones o normativas.	SI → T6 NO → P6

P6	¿El cumplimiento del plan supera el 90%? Esta pregunta busca seleccionar en forma rápida y simple aquellos planes que tienen bajo cumplimiento y puedan ser la causa de un mal desempeño del equipo. Por lo tanto, si el cumplimiento es menor a 90%, es prioritario comenzar por cumplir el plan.	SI → T6 NO → T5
T1	Desarrolle un plan aplicando metodología RCM. Si el equipo es de criticidad alta se deberá aplicar una metodología rigurosa	Desarrollar planes de Mantenimiento según Metodología RCM
T2	Desarrolle un plan aplicando metodología FMEA. Si el equipo es de criticidad media se deberá aplicar una metodología menos demandante de recursos para diseñar el plan de mantenimiento	Desarrollar planes de Mantenimiento según Metodología FMEA
T3	Desarrollar un plan básico de mantenimiento. Para los equipos menos críticos que su falla implique altos costos o riesgos para la seguridad y medio ambiente, se sugiere diseñar un plan en base a recomendaciones del fabricante, adaptar planes de equipos similares, etc.	Desarrollar plan Básico
T4	Establecer como estrategia “Operar a la falla” Para los equipos menos críticos que su falla no implique altos costos ni riesgos para la seguridad y medio ambiente, se deberá operar a la falla y realizar una tarea correctiva planificada de reparación o reemplazo del activo.	Operar a la falla
T5	Aquellos planes que tengan un cumplimiento mayor al 90% deben seguir ejecutándose.	Ejecutar plan
T6	Optimizar la estrategia aplicando Metodología PMRO Si existen planes de mantenimiento se debe aplicar la estrategia PMRO	Optimizar planes de Mantenimiento con PMRO

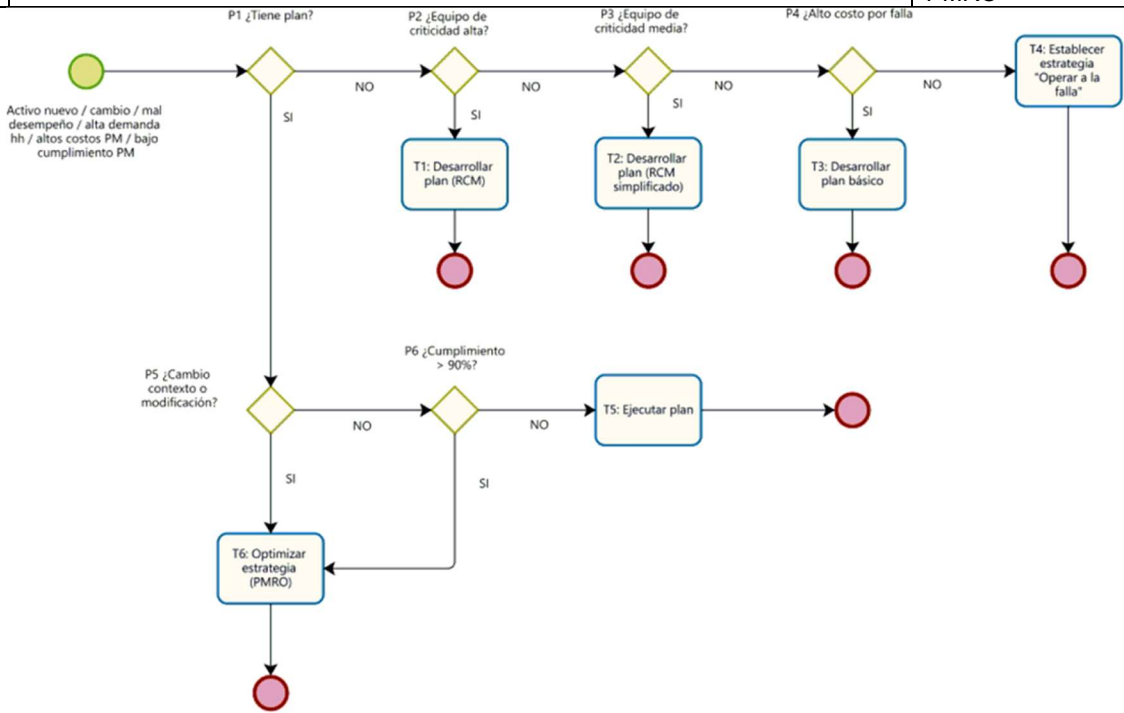


Figura 3- 1: Figura 2: Selección de método de desarrollo de estrategia y optimización

La aplicación del diagrama de selección de método es responsabilidad del ingeniero de confiabilidad del área y completará el formulario de registro que deberá ser aprobado por el jefe de mantenimiento del área operativa y/o el jefe de confiabilidad de la unidad GAF.

Los resultados que arroje el diagrama de selección de método deberán ser registrados en el formato “FO-72-019 Formulario Selección de Estrategia de Manejo de Fallos”.

Etapas 2: Desarrollo u optimización de estrategias

El desarrollo u optimización de estrategias de mantenimiento definido según diagrama de flujo de la figura N°2, será aplicada a equipos nuevos, equipos modificados, por ejemplo, aquellos sometidos a cambios de su contexto operacional, y para equipos que presentan una brecha respecto al desempeño esperado. Además, permite someter a revisión cualquier plan de mantención, guiando al usuario para seleccionar la estrategia de mantenimiento más adecuada, y modificar el plan en cada caso particular si así lo requiere.

El desarrollo de estrategias de mantenimiento o su revisión debe llevarse a cabo con la participación de los involucrados claves. Este grupo de trabajo debe estar constituido por los mantenedores que ejecutan las tareas y los operadores, guiados por el ingeniero de confiabilidad del área. Es posible que para resolver algunas interrogantes específicas sea requerida la participación de especialistas de manera puntual (por ejemplo: seguridad, medio ambiente, calidad, otras disciplinas de mantenimiento, proveedores, fabricantes de equipos, etc.). Según la naturaleza del plan participa la especialidad ejecutora, y en algunas pocas ocasiones puede ser necesaria la asistencia de más de una especialidad. Típicamente para hacer eficiente el trabajo se propone la asistencia de al menos las siguientes personas con sesiones de media jornada.

- Operador (Experto en Operación del Activo)
- Mantenedor (Experto en Mantención del Activo, Eléctrico y Mecánico)
- Ingeniero de Planificación
- Ingeniero de Mantenimiento y/o Confiabilidad (Quien Guía las sesiones)
- Algún otro cargo, dependiendo del tema de la sesión a desarrollar

Finalmente, para el desarrollo u optimización de estrategias de mantenimiento se deberán utilizar los siguientes estándares de trabajo:

RCM: PG-72-72008 Estándar para la aplicación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

RCM Corto: PG-72-010 Confección de RCM Corto.

PMRO: PG-72-007 Estándar para la aplicación de la Metodología PMRO.

Etapas 3: Planificación del trabajo

Una vez definido el método de selección de estrategias de mantenimiento, se debe lograr plasmar los resultados obtenidos en una actividad de mantenimiento a ejecutar de forma rutinaria. Para esto, es necesario estimar los recursos necesarios para la actividad, tales como personal involucrado, materiales, herramientas, equipos auxiliares, etc., y así poder desempeñarla sin inconvenientes en los plazos fijados por la estrategia.

La estimación de recursos debe quedar establecida en el plan de mantenimiento correspondiente, para lo cual, se propone un modelo de rutina estándar para facilitar y uniformar la planificación del trabajo.

N°	Pregunta	Salida
1	Ingresar un código identificador de la rutina de trabajo estándar. Se propone la asignación de un número correlativo como identificador de la rutina.	2
2	¿Cuál es el título de la rutina trabajo? Cada orden de trabajo generada a partir de esta rutina de trabajo estándar cuenta con una descripción o título que permite identificar con facilidad de qué trata y su frecuencia. Ejemplo: Inspección mecánica ventilador KKK F1M	3
3	¿Cuál es la descripción del trabajo? Describir brevemente en qué consiste el trabajo. Indicar: actividad con verbo en infinitivo (por ejemplo: lubricar, calibrar, limpiar, inspeccionar), activo (ejemplo: válvula de seguridad, unidad hidráulica, planta de desulfuración, etc.), frecuencia inicial establecida (por ejemplo: 1S, 2M, 1A, etc.).	4
4	¿A qué tipo de mantenimiento corresponde este trabajo? Cada rutina de trabajo debe ser asignada a una clase de actividad de mantenimiento. Ver tabla 4 con las categorías definidas por Siderúrgica Huachipato	5
5	¿Esta rutina de trabajo aplica a algún activo específico? Se desea determinar si la tarea aplica a varios equipos de similares características (por ejemplo, un grupo de reductores) o es específica para un equipo en particular.	SI → 6 NO → 7

N°	Pregunta	Salida
6	¿Cuál es el código y denominación del activo? ¿Es un activo crítico? Si la respuesta a la pregunta 5 es afirmativa, el trabajo corresponde a un equipo único y vale la pena identificarlo.	7
7	¿Quién debe ejecutar el trabajo? ¿Cuántos técnicos por especialidad? ¿Cuál es la duración de la tarea?	8
8	¿Se requieren materiales o repuestos para ejecutar la tarea? ¿Cuáles? ¿en qué cantidad?	9
9	¿Se requieren herramientas o instrumentos fuera de los usuales en la caja de herramientas?	10
10	¿Se requieren equipos de izaje o andamios? ¿Cuáles?	11
11	¿La tarea se realiza con el equipo en servicio o detenido?	12
12	¿Se requieren permisos y bloqueos? ¿Es trabajo en espacio confinado? ¿Es trabajo con equipo energizado?	13
13	¿Existe algún requisito previo al trabajo a realizar por parte de operaciones? ¿Cuáles son las actividades de preparación que debe realizar mantenimiento? Se debe indicar qué acciones previas a la ejecución del trabajo debe realizar mantenimiento (retirar materiales de bodega, completar formularios de seguridad, delimitar el área de trabajo, etc.).	14
14	¿La tarea requiere instructivo de trabajo? Evaluar si debido a su complejidad o los riesgos involucrados esta rutina requiere de un instructivo de trabajo.	15
15	¿Qué información adicional puede ser de utilidad para ejecutar correctamente el trabajo? Manuales, planos, diagramas, especificaciones técnicas (holgura, valores admisibles, torque, nivel de tensión, ajustes, sentido de rotación o flujo, etc.)	16
16	¿Hay alguna otra información que pueda ser relevante para ejecutar este trabajo?	Fin

N°	Código de clase de actividad PM	Descripción	Clasificación
1	Z03	Lubricación	Preventivo
2	Z04	Inspección	Predictivo
3	Z07	Calibración	Predictivo
4	Z23	Predictivo	Predictivo
5	Z24	Reemplazo cíclico	Preventivo
6	Z25	Prueba del sistema	Detectivo
7	Z26	Reacondicionamiento cíclico	Preventivo

Etapas 4: Reglas para la construcción de los planes en el sistema sap.

Para poner en práctica las estrategias de mantenimiento definidas en la etapa 2 y de acuerdo con la planificación del trabajo realizada en la etapa 3, se requiere alimentar el sistema de gestión de mantenimiento SAP empleado por Siderúrgica Huachipato.

Para poder administrar el mantenimiento rutinario a tiempo fijo (preventivo, predictivo o detectivo) en el sistema SAP se deben emplear los siguientes elementos:

- Hoja de ruta: contiene la información del trabajo, es decir, recursos, especificaciones técnicas, documentos anexos, estado del equipo y puede indicar también las frecuencias de intervención
- Posición: asigna la hoja de ruta a un activo (UT o equipo) y establece las características básicas de la orden de trabajo (por ejemplo, título, clase, prioridad).
- Plan: establece la frecuencia (plan de ciclo único) o hereda las frecuencias definidas en la hoja de ruta (plan con estrategia) y gobierna las condiciones para la emisión de las órdenes de trabajo.

Reglas para hojas de ruta

Nº	Campo	Valor / Uso propuesto
1	Tipo de hoja de ruta	Emplear únicamente tipo "instrucción" (no emplear hoja de ruta para UT ni para equipo). Esto permite utilizar la hoja de ruta para cualquier UT o equipo, evitando mayor trabajo, duplicidad de información y control de actualizaciones.
2	Utilización	4 (mantenimiento).
3	Estado de hoja de ruta	4 (liberado general).
4	Estado de instalación	Emplear alguno de los siguientes valores: 0 (equipo detenido) 1 (equipo en servicio)
5	Estrategia	Sin rellenar (blanco) para planes de ciclo individual. Excepcionalmente podrá justificarse el empleo de estrategias, como por ejemplo actividades por horómetro, actividades por tiempo que no estén definidas en el ciclo individual o actividades con jerarquía.
6	Operaciones	Emplear únicamente una operación por puesto de trabajo. La descripción del trabajo debe estar contenida en los documentos anexos o en el texto ampliado de la operación. Las operaciones en el sistema SAP están diseñadas para la gestión y no la descripción de la actividad. Contar con varias operaciones significa mayor trabajo de programación y notificación que usualmente no se justifica. En caso que la intervención requiera una desconexión y bloqueo se utilizará una operación de seguridad, que contendrá sub operaciones para esta tarea.
7	Sub-operaciones	Emplear únicamente cuando la intervención requiera una desconexión y bloqueo del equipo. La clave de control para este caso será PM06.
8	Paquete de mantenimiento	Sin asignar (frecuencia). Se propone definir la frecuencia en el plan. Esto es válido para los planes que contarán con una única frecuencia y que constituyen casi la totalidad de los planes activos. Excepcionalmente podrá asignarse el paquete para planes con estrategia.
9	Texto explicativo:	Se puede emplear para especificaciones técnicas o descripción de actividad, cuando no se ocupan los documentos anexos como MAF.
10	Clave modelo	No emplear. Si se emplea la clave modelo (por ejemplo, derivada del puesto de trabajo) el sistema completa información en el texto explicativo que no es relevante para el trabajo.
11	Estado de instalación (op)	Emplear alguno de los siguientes valores: 0 (equipo detenido) 1 (equipo en servicio)
12	Clave de control	PM01 para trabajo interno, PM03 para contratación de servicios y PM06 para actividades de desconexión y bloqueos

N°	Campo	Valor / Uso propuesto
13	MAF	Adjuntar documentos tales como lista de verificación (check-list), instructivo, procedimiento, diagramas, plano u otro documento con especificaciones técnicas.
14	Materiales	Para el caso del mantenimiento preventivo, se pueden ingresar los materiales a utilizar. Únicamente pueden ingresarse con código e indicando posición L para que al emitir y liberar la OT generen la respectiva reserva.

Reglas para posiciones:

N°	Campo	Valor / uso propuesto																														
1	Descripción	Título de la OM. 1.- Para caso un plan y una posición: Cada orden de mantenimiento generada a partir de esta rutina de trabajo estándar cuenta con una descripción o título que permite identificar con facilidad de qué trata. La información contenida en el texto debe tener lo siguiente: - Acción a realizar (Según la siguiente tabla de abreviatura): <table> <tr> <th>N°</th><th>Abrev.</th><th>Descripción</th></tr> <tr> <td>1</td><td>IES</td><td>Inspección estructural</td></tr> <tr> <td>2</td><td>IEL</td><td>Inspección eléctrica</td></tr> <tr> <td>3</td><td>IME</td><td>Inspección mecánica</td></tr> <tr> <td>4</td><td>IPR</td><td>Inspección Predictiva</td></tr> <tr> <td>5</td><td>CAL</td><td>Calibración</td></tr> <tr> <td>6</td><td>MME</td><td>Mantenimiento Mecánico</td></tr> <tr> <td>7</td><td>MEL</td><td>Mantenimiento Eléctrico</td></tr> <tr> <td>8</td><td>LUB</td><td>Lubricación</td></tr> <tr> <td>9</td><td>MUE</td><td>Toma Muestras</td></tr> </table> - Equipo o TAG - Frecuencia Ejemplo: IME ECUALIZADOR COMP G-31 F6M (Inspección mecánica ecualizador compensación grúa 31) 2.- Para el caso un plan y varias posiciones, La información contenida en el texto debe tener lo siguiente. - Acción a realizar (Incluir abreviatura especialidad, mecánica, eléctrica, inspección, etc.) - Sector - Frecuencia Para las posiciones se mantiene el formato anterior. Ejemplo: Plan: MME Convertidores F2M Posición: MME Cambio Refractario CV2 F2M Nota: Considerar no exceder de los 40 caracteres como máximo que acepta SAP	N°	Abrev.	Descripción	1	IES	Inspección estructural	2	IEL	Inspección eléctrica	3	IME	Inspección mecánica	4	IPR	Inspección Predictiva	5	CAL	Calibración	6	MME	Mantenimiento Mecánico	7	MEL	Mantenimiento Eléctrico	8	LUB	Lubricación	9	MUE	Toma Muestras
N°	Abrev.	Descripción																														
1	IES	Inspección estructural																														
2	IEL	Inspección eléctrica																														
3	IME	Inspección mecánica																														
4	IPR	Inspección Predictiva																														
5	CAL	Calibración																														
6	MME	Mantenimiento Mecánico																														
7	MEL	Mantenimiento Eléctrico																														
8	LUB	Lubricación																														
9	MUE	Toma Muestras																														
2	Estrategia	Sin estrategia.																														
3	Tipo de plan	Órdenes de trabajo.																														
4	UT	Al nivel del equipo principal (Ej: Grúa 10, Convertidor 1, etc.)																														
5	Centro / grupo planificador	Según área																														
6	Clase de orden	ZM03.																														

Nº	Campo	Valor / uso propuesto
7	Clase de actividad	Emplear alguna de las siguientes clases: Z03 → Lubricación 70Z04 → Inspección Z07 → Calibración Z23 → Predictivo Z24 → Reemplazo Cíclico Z25 → Prueba del sistema Z26 → Reacondicionamiento cíclico
8	Puesto de trabajo responsable	Ejecutor de la actividad.
9	Prioridad	Alta La estrategia de mantenimiento que se ha definido agrega valor porque previene o predice la falla, o reduce sus consecuencias. La tarea seleccionada debe ser ejecutada con la frecuencia definida, por eso su prioridad debe ser alta para favorecer su ejecución ante quiebres del programa semanal.
10	Norma de liquidación	Incluida. Definir la norma de liquidación en la posición facilita el trabajo, porque evita tener que ingresarla manualmente para cada OM emitida por el plan. Usualmente, el receptor del costo será el centro de costos del activo sobre el cual se ejecuta el trabajo.
11	No liberación inmediata	Se recomienda activar este indicador para entregar más alternativas a la planificación. No marcado. Esto significa que la orden es generada en estado “Liberada” (LIB.). Esta debería ser la regla general para los planes, a menos que el trabajo requiera repuestos, estos se hayan incluido en la hoja de ruta y dependan del estado del activo a determinar en inspección previa a la ejecución del trabajo. El plan ha sido validado y debe ser ejecutado, es por eso que la liberación inmediata de la OM al momento de su emisión facilita la gestión de mantenimiento, reduciendo la necesidad de aprobación y liberación manual. La excepción la constituye aquel trabajo que pueda requerir materiales de alto costo y dependa de la condición del equipo. En este caso la orden será generada en estado “abierta” (ABIE).
12	Lista de objetos	Para planes que cubren varios equipos, por ejemplo, rutas de inspección que aplican a áreas o sistemas generales, es conveniente indicar los equipos específicos en la lista de objeto. Esto asegura la trazabilidad de trabajos asociados a equipos específicos.

Reglas para planes de mantenimiento

N°	Campo	Valor / Uso propuesto																														
1	Código	Según valor numérico entregado por SAP. Se elimina prefijo de especialidad.																														
N°	Campo	Valor / Uso propuesto																														
2	Descripción	El nombre del plan y su posición deberán ser idénticos. (Salvo el caso un plan varias posiciones) La información contenida en el texto debe tener lo siguiente: - Acción a realizar (Según la siguiente tabla de abreviatura): <table> <tr> <th>N°</th><th>Abrev.</th><th>Descripción</th></tr> <tr> <td>1</td><td>IES</td><td>Inspección estructural</td></tr> <tr> <td>2</td><td>IEL</td><td>Inspección eléctrica</td></tr> <tr> <td>3</td><td>IME</td><td>Inspección mecánica</td></tr> <tr> <td>4</td><td>IPR</td><td>Inspección Predictiva</td></tr> <tr> <td>5</td><td>CAL</td><td>Calibración</td></tr> <tr> <td>6</td><td>MME</td><td>Mantenimiento Mecánico</td></tr> <tr> <td>7</td><td>MEL</td><td>Mantenimiento Eléctrico</td></tr> <tr> <td>8</td><td>LUB</td><td>Lubricación</td></tr> <tr> <td>9</td><td>MUE</td><td>Toma Muestras</td></tr> </table> - Equipo o TAG - Frecuencia Ejemplo: IME ECUALIZADOR COMPENSACION N G11 F4S (Inspección mecánica ECUALIZADOR COMPENSACION NORTE DE GRUA 11 F4S)	N°	Abrev.	Descripción	1	IES	Inspección estructural	2	IEL	Inspección eléctrica	3	IME	Inspección mecánica	4	IPR	Inspección Predictiva	5	CAL	Calibración	6	MME	Mantenimiento Mecánico	7	MEL	Mantenimiento Eléctrico	8	LUB	Lubricación	9	MUE	Toma Muestras
N°	Abrev.	Descripción																														
1	IES	Inspección estructural																														
2	IEL	Inspección eléctrica																														
3	IME	Inspección mecánica																														
4	IPR	Inspección Predictiva																														
5	CAL	Calibración																														
6	MME	Mantenimiento Mecánico																														
7	MEL	Mantenimiento Eléctrico																														
8	LUB	Lubricación																														
9	MUE	Toma Muestras																														
3	Estrategia	Seleccionar sin estrategia, para generar un plan de ciclo único (sin offset). Excepcionalmente podrá seleccionarse la estrategia, únicamente cuando el plan requiera más de una frecuencia de ejecución.																														
4	Unidad de frecuencia:	MES/AÑO (excepcionalmente SEMANA para algunas rutas de inspección).																														
5	Indicador de programación	Tiempo según día fijado. Esto asegura que las órdenes de trabajo a emitir por el plan caen siempre el mismo día del mes (por ejemplo, todos los días 12). La ventaja de esta selección es que no hay corrimiento de las fechas y para un período determinado siempre se emitirá la misma cantidad de OM.																														
Parámetros de programación																																
6	Tolerancia	10% < 6 meses, 5% >= 6 meses. (Aplica solo a planes sujeto a conclusión) Para el resto dejarlo en blanco.																														
7	Factor de ajuste (decalaje)	100% (excepto para planes de exigencia legal que será 0%).																														
8	Horizonte de apertura	Según la siguiente tabla: <table> <tr> <td>< 0 y >= 12</td><td>6</td><td>50%</td></tr> <tr> <td>18</td><td>6</td><td>67%</td></tr> <tr> <td>24</td><td>9</td><td>63%</td></tr> <tr> <td>30</td><td>9</td><td>70%</td></tr> <tr> <td>36</td><td>9</td><td>75%</td></tr> <tr> <td>42</td><td>12</td><td>71%</td></tr> <tr> <td>48</td><td>12</td><td>75%</td></tr> <tr> <td>60</td><td>12</td><td>80%</td></tr> </table> En caso de alguna frecuencia intermedia a la presentada en tabla, se deberá considerar el horizonte de apertura correspondiente a la frecuencia inmediatamente anterior. Ejemplo: Para 15 meses, el horizonte de apertura será de un 50% o para 34 meses será de 70%.	< 0 y >= 12	6	50%	18	6	67%	24	9	63%	30	9	70%	36	9	75%	42	12	71%	48	12	75%	60	12	80%						
< 0 y >= 12	6	50%																														
18	6	67%																														
24	9	63%																														
30	9	70%																														
36	9	75%																														
42	12	71%																														
48	12	75%																														
60	12	80%																														
9	Intervalo de toma	60 días. Con esto se garantiza tener disponible las OM con 60 días hacia adelante																														

N°	Campo	Valor / Uso propuesto
10	Sujeto a conclusión	Marcar este indicador sólo cuando el valor de la frecuencia sea mayor a 2 semanas, (Planes de Mantenimiento con frecuencias de 1 y 2 semanas no deben estar sujeto a conclusión) ya que esto evita que se sigan generando OM cuando alguna de las OM no ha sido cerrada técnicamente. Planes con más de una posición no deben estar sujetos a conclusión.
11	Posición	Única. Excepcionalmente un plan puede contar con más de una posición siempre y cuando se cumplan las siguientes características: • Todas las posiciones estén asignadas a un mismo puesto de trabajo • Todas las posiciones se ejecuten con la misma frecuencia • Todas las posiciones representen actividades que se ejecuten en un mismo sector • Las posiciones por plan no deben ser mayores a 10 • Estos planes no deben estar sujetos a conclusión

3.2 Propuesta propia.

Grúa 11 175/45 TON

Función: Trasladar cucharas de arrabio y escoria desde sulfuración, lado norte de acería, pesar el arrabio contenido y verter en convertidores.

Falla funcional:

No es capaz de levantar más de 170 ton.

Modos de fallas:

Embobinados del motor eléctrico están quemados y hacen perder potencia

Desajuste de frenos del sistema de levante.



Figura 3- 2: Grúa puente 11 175/45 Ton. Imagen Propia

Según la evaluación de los sistemas, con datos de historial de fallas con Pareto, el 80% de las fallas se concentra principalmente en los sistemas de levante principal y auxiliar de las grúas.

En el caso estudiado el sistema ecualizador, por aumento en su mantenimiento a acusa de alertas de desviaciones en este. El planificador programaba el trabajo sin encontrar lo que provocaba este mal funcionamiento. Se decide enviar a los ejecutores a inspeccionar el

sistema, pues inspectores de grúas solo realizan la inspección visual de la horizontalidad de este ecualizador, pues esta desviación provoca estiramiento excesivo más en uno, que el otro cable, lo que afecta en la planificación de los cambios de estos cables. Este ecualizador de compensación, no contempla ningún tipo de mantenimiento específico, solo por lubricación. Se debe considerar un plan de mantenimiento basado en la inspección de los elementos considerados en el balancín de compensación del sistema ecualizador.

Tareas a realizar en el plan:

Revisar- Controlar- Verificar

- Horizontalidad del sistema
- Estado de pernos de anclaje
- Perforaciones de pasadores
- Estado de eslabones
- Estado de bujes
- Quebraduras
- Estado de pasador
- Lubricación
- Estado de placas seguros
- Estado de tuerca pasadores laterales
- Desgaste de piezas sin lubricación
- Estado de chaveta partida
- Pernos de fijación descanso



Figura 3- 3: Imagen de cambio balancin

CAPITULO 4: COSTOS DE MEJORA PLAN DE MANTENIMIENTO

Sabemos que el costo de reparaciones o del mantenimiento, es una parte más del precio final del producto, independientemente de la buena o mala gestión del mantenimiento siempre será un gasto que debemos de considerar y apegado a indicadores establecidos. En la industria en general, podemos estimar que el costo de mantenimiento de maquinaria y equipo, se sitúa sobre el 5% al 10% del precio total del producto.

En principio esta cantidad no parece elevada, pero tiene 2 características importantes:

- La primera es que, a diferencia de otras partidas como la materia prima, este costo lo fija y controla la propia empresa, pudiendo destinar mayores o menores recursos
- La segunda, es que genera un gasto que obliga a una cierta liquidez que no se recupera, (cómo el costo de la materia prima que puede ser compensando con las ventas)

Los costos de mantenimiento los vamos a diferenciar en cuatro grandes categorías:

- Costos fijos
- Costos variables
- Costos financieros
- Costos de fallas

4.1 Costos fijos

La principal característica es que son independientes del volumen de la producción y de las ventas.

Dentro de estos costos, podemos destacar los de la mano de obra indirecta, las amortizaciones tanto instalaciones productivas como de los edificios, los alquileres, seguros, etcétera, y los costos fijos de mantenimiento.

Estos costos fijos de mantenimiento, están compuestos, principalmente, por la mano de obra y materiales necesarios para realizar el mantenimiento preventivo, predictivo y proactivo.

Dentro del punto de vista de mantenimiento, se trata de un gasto que asegura el estado de la instalación a mediano y largo plazo. La disminución del presupuesto y recursos destinados a este gasto fijo limita la cantidad de revisiones programadas y en su primer momento supone un ahorro para la empresa.

Este supuesto ahorro, implica una mayor incertidumbre sobre el estado de la instalación y por tanto de su capacidad, es decir qué va a depender de la profundidad de acciones específicas.

4.2 Costos variables

Estos costos tienen la peculiaridad de ser proporcional a la producción realizada. Podemos destacar mano de obra directa, materia prima, refacciones, instalaciones, talleres alternos o temporales, contratación o subcontratación de proveedores para proyectos específicos, energía etcétera y otros tipos de costos variables ocultos de mantenimiento, que van a depender de la profundidad de la rutina de técnicas de mantenimiento o el detalle en el que se apliquen.

Dentro de los costos variables de mantenimiento nos encontramos básicamente con la mano de obra y los materiales necesarios para el mantenimiento correctivo. Este mantenimiento correctivo, será tanta consecuencia de las averías imprevistas como de la reparación que se debe de hacer por indicación de los otros tipos de mantenimiento.

Pareciera ser que es evidente, que entre más se utiliza la instalación, la maquinaria el equipo y/o la infraestructura, mayor será el número de averías que aparezcan y por lo tanto, la necesidad de dar un mantenimiento correctivo.

Por eso la importancia de la implementación de un sistema integral de mantenimiento, que reduzca las averías que generen la necesidad de mantenimiento correctivo.

En un principio, pareciera ser imposible reducir este tipo de gasto en el mantenimiento, dado que viene directamente a la necesidad de realizar una reparación para poder seguir produciendo.

4.3 Costos financieros

Los costos financieros asociados a mantenimiento, se dan tanto al valor de los repuestos de almacén, como a las amortizaciones de las máquinas duplicadas o extras, para asegurar la producción.

El costo de todos los recambios de almacén para realizar las reparaciones supone un desembolso para la empresa que limita su liquidez.

Sí los recambios son utilizados con cierta frecuencia nos encontramos con un mal menor dado que esta inversión contribuye a mantener la capacidad productiva de la organización. Sin embargo, cuando las piezas de recambio y/o refacciones tardan mucho tiempo en ser utilizados, nos enfrentamos a un gasto que de manera inicial no genera beneficio alguno para la empresa.

Dentro de los gastos financieros deben tenerse también en cuenta, el costo que supone tener ciertas instalaciones o máquinas duplicadas para obtener una mayor disponibilidad. En determinadas circunstancias que se obliga a una disponibilidad total es necesario montar en paralelo una máquina similar que permita la reparación de una de ellas mientras la otra está en funcionamiento.

El costo de esta duplicidad suele olvidarse en el cómputo de los gastos de mantenimiento, pero debe tenerse en cuenta que el motivo de su presencia es el aumento de la disponibilidad y este concepto es responsabilidad de mantenimiento, o de los departamentos de proyectos, que al momento de revisar volúmenes de producción solicita la inversión de equipo duplicado para utilizarlo en caso de ser necesario.

4.4 Costos de fallas

El costo de fallas se refiere al costo o pérdida de beneficio que la empresa soporta por causas relacionadas directamente con el mantenimiento.

Normalmente este concepto no suele tenerse en cuenta cuando se habla de los gastos de mantenimiento, pero su volumen puede ser incluso superior a los gastos tradicionales (costos fijos variables y financieros) vistos anteriormente. Este concepto es aplicable a empresas productivas como a empresas de servicio.

4.5 Costo integral

Si sumamos estos cuatro costos, obtendremos el costo integral de mantenimiento de la empresa. Este costo nos dará una idea mucho más global de la gestión de mantenimiento, que el análisis de cualquiera de los costos que lo componen o si lo manejamos de forma individual.

En este análisis de costo integral se pretende relacionar no solo el gasto que el mantenimiento ocasiona a la empresa, sino también los posibles beneficios que puede generarle.

Vamos a suponer que una empresa decide reducir su plantilla de personal de mantenimiento, lo cual supone una reducción de costos fijos, pero de manera integral, es muy costoso no contar con el personal suficiente cuando se presente una situación en equipo o infraestructura, que amerite posponer o reducir las rutinas asignadas. Poniendo en riesgo la continuidad del negocio o la producción.

SIST. LEV. PPAL.	REDUCTOR	-	2° CONTRAEJE	70-4328 Mc. 2-70-4348	50044432	7600,00
			3° CONTRAEJE	70-4328 Mc. 3-70-4348	50044433	8400,00
			EJE SALIDA	70-4328 Mc. 4-70-4348	50044865	15200,00
	-		TAMBOR ENROLLADOR (NORTE Y SUR)	70-4504 Mc. 2-70-x724	50093357	25000,00
			CATALINAS SUPERIORES	70-4328 Mc. 1-70-4345	50044436	12360,00
			SISTEMA ECUALIZADOR	70-4328 Mc. 11-70-4350	50044435	5250,00
			LIMITE DE ALTURA	70-4328 Mc. 9-70-4341	-	2540,00
			BALANCIN ARMADO	70-4328 Mc. 501-70-44450	-	38000,00
			GANCHOS CANILLAS	70-4436		15500,00
			PORTA CATALINA Y CTLNA INFERIOR	70-4449 Mc. 4-70-4451	-	13200,00

Tabla 4- 1: valores en USD de componentes del sistema de levante principal de grúas 175 ton

4.6 Análisis económico

Para abordar el análisis económico es necesario tener conocimiento de aquellos elementos que componen el sistema de levante de grúas puente y qué importancia tienen en su funcionamiento, de manera que se pueda realizar un stock de repuestos mínimos en las bodegas de CAP Acero. La importancia de lo anterior se basa en poseer elementos mecánicos disponibles ante una presunta falla que se pueda registrar durante las mantenciones programadas, como también sustentar de manera inmediata aquellas acciones correctivas que se puedan generar durante el funcionamiento del equipo en el proceso. Siderúrgica Huachipato actualmente realiza la compra de ciertos elementos directamente con su fabricante, como también la solicitud de fabricación de elementos mecánicos que en la actualidad no se encuentran en el mercado. Se establece también que todos los valores son referenciales y no necesariamente representan el valor actual. Cada elemento que compone el sistema se encuentra identificado con su codificación del software SAP y con su valor referencial en dólares; cabe destacar que existen elementos mecánicos que son compartidos entre las grúas puente. Debido a que son cinco grúas con las mismas especificaciones y poseen una gran cantidad de elementos mecánicos, se hace necesario dividir los componentes según corresponda, de manera que pueda visualizarse proporcionadamente. En tabla 5.0 se muestran los valores correspondientes al sistema de levante de grúas puente 175 ton.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Mantenimiento debe tener la participación conjunta de todos los involucrados en los procesos o servicios que se presten así se podrá solucionar los problemas que se presente en la ejecución del mismo. Un buen diagnóstico de la situación actual de la grúa es el punto indicado de partida para la planificación y ejecución de un plan de mantenimiento. El correcto manejo del mantenimiento industrial implica lidiar con actividades de la ejecución, por lo que la capacitación del personal involucrado es indispensable para el mismo.

Las principales operaciones de mantenimiento generalmente involucran: limpieza periódica, reparaciones menores, lubricaciones periódicas, y revisiones eléctricas menores.

Se determino los puntos críticos de mantenimiento en el puente grúa, y como al implantar un plan de mantenimiento se puede determinar soluciones objetivas, rápidas y eficientes para poder evitar falla y que se repita la misma causa y problema de disminuir el tiempo que este pueda estar fuera de servicio.

Dentro de la compañía lo primero que se presenta como deficiente es el registro de información que se posee en el área de mantenimiento, alguna de ella incompleta, mientras que otras inexistentes, tales como historiales de fallas, órdenes de trabajo sin detalles técnicos necesarios para la ejecución de actividades de mantenimiento. Además, otro factor importante es que, en base a los estudios realizados, se pudieron encontrar varios componentes mecánicos y estructurales que no se encontraban considerados en el plan de mantenimiento actual de la empresa, sin embargo, dada las tecnologías actuales y el importante uso y desgaste de los equipos, ampliamente expuesto en este proyecto, se considera como un eslabón fundamental que sean incorporados al plan de mantenimiento tal como se ha señalado en el desarrollo de este apartado. Por esta razón se vuelve indispensable llevar a cabo de manera ordenada y secuenciada las actividades de este proyecto con el fin de optimizar las acciones realizadas propias del plan de mantención y velar por un trabajo a mediano y largo plazo sin fallas imprevistas. Acciones que se enmarcan bajo los estándares de rendimiento de la época actual que necesita de innovación, emprendimiento, liderazgo y renovación a lo tradicionalmente hecho con visiones nuevas y enfocadas en el futuro para el beneficio, tanto de producción como de la economía de la empresa. Las ventajas de una buena ejecución de un plan de mantenimiento son las siguientes:

- Previene las averías.
- Reduce los tiempos muertos en reparaciones.
- Reduce costos.
- Reduce el consumo energético.
- Propicia una mayor disponibilidad de los equipos.
- Alarga la vida útil de los equipos.

Finalmente, un correcto estudio y análisis económico es indispensable para verificar la viabilidad en la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo, ya que esto va marcando las pautas de la posible ejecución del mismo con el objeto de satisfacer las necesidades técnicas acordes a los requerimientos de la empresa.

RECOMENDACIONES

- Mantener actualizados los planes de mantenimiento después de cada ejecución de un trabajo de mantenimiento debe registrarse de forma ordenada cada proceso realizado, incorporando fechas, secuencias, componentes, ejecutor y todo lo involucrado con el desarrollo de las tareas realizadas.
- Realizar un monitoreo y control de los elementos rotativos: para el caso de los rodamientos involucrados es necesario realizar un análisis de vibraciones con una periodicidad mínima de un año con el fin de determinar la desalineación de los ejes, desajustes de rodamientos, entre otras fallas. Para la cadena de traslación se hace necesario realizar un análisis de carga, como también medir su elongación con una periodicidad mínima de seis meses.
- Solicitar análisis de aceite: tiene por objetivo determinar su estado y si este cumple con los requerimientos para una lubricación adecuada, ya que actualmente se utiliza el mismo tipo de aceite para diferentes cajas reductoras. Teniendo en consideración un aceite ideal para cada equipo se busca disminuir un desgaste excesivo de aquellos elementos de engranaje de los sistemas y su correcto funcionamiento, beneficiando la vida útil de los mismos.
- Utilizar órdenes de trabajo propuestas: estas se presentan como una herramienta significativa en el desarrollo del trabajo, con uso de fácil acceso para el personal de mantenimiento. En la actualidad se generan órdenes de trabajo mediante el software SAP, tienen información escasa; en cambio la propuesta realizada es que el plan de mantenimiento sea visible y ejecutable por todos los trabajadores para así tener un control periódico y de conocimiento del personal que efectúa los trabajos de mantención.

- Considerar las recomendaciones propuestas por los ejecutores: estas deben ser consideradas como la base de información para nuevas mejoras de mantenimiento y que se tomen como un trabajo continuo dentro de las actividades del plan de mantención.
- Proponer programas de capacitación: se sugiere que, por lo menos una vez al año, los ejecutores y operadores asistan a capacitaciones relacionadas con la ejecución propia de las labores que se desempeñan en la empresa.

BIBLIOGRAFIA Y FUENTES DE LA INFORMACION

PISTARELLI, Alejandro J. Manual de Mantenimiento: Ingeniería, Gestión y Organización. 1a ed. Buenos Aires: El autor, 2010. 696p.: il; 27 x 19 cm ISBN: 978-987-05-8420-9.

GÓMEZ DE LEON, Félix C. Tecnología del mantenimiento industrial. 1a ed. Murcia: Servicio de publicaciones, 1998. 341p. ISBN 84-8371-008-0.

TORO Raúl. Diseño mecánico para la limpieza de lanza de oxígeno en acería conox de la C.S.H. Seminario de título (Ingeniero en ejecución mecánica). Concepción, Chile: UBB. Sede Concepción, 2001. 168 h.

SEW-EURODRIVE. Reductores y motorreductores. Manual. Bruchsal, Alemania. (2006).

SKF. Productos de mantenimiento y lubricación. Catálogo. Mijdrecht, Países Bajos. (2015).

Libro: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Reliability Centered Maintenance), John Moubray

