



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Mecánica

**“Sistemas de control, medición y mejora
continua” de acuerdo a la lubricación basada en
la confiabilidad en CAP Acero.**

Seminario de Título presentado en
conformidad a los requisitos para
obtener el título de Ingeniero de
Ejecución en Mecánica.

Profesor Guía:

Sr. Víctor Durán Sáez

Ingeniero Supervisor:

Sr. Rodrigo Leal Guzmán

Danilo Matías Beltrán Pedrero

Diego Ramiro Flores Oyarzún

2016

RESUMEN

CAP acero empresa con 65 años de trayectoria, transformado en el mayor productor siderúrgico en Chile y el más importante procesador de acero del Cono sur.

Hoy en día CAP Acero en cada proceso productivo que realiza busca optimizar, evitando fallas prolongando así la vida útil de cada uno de los equipos que influyen en la producción y en la confiabilidad del proceso. Implementando indicadores que permitan medir para así llevar un control riguroso de cada actividad, dejando en evidencia el objetivo principal que tiene la “Lubricación Basada en Confiabilidad”. Dicha metodología está definida por niveles, partiendo desde el cimiento de la pirámide como nivel básico hasta el la cumbre de la pirámide como mejoras continua, esta metodología busca darle la importancia que realmente merece la lubricación, profesionalizando al personal, mejorando la aplicación, almacenamiento de lubricantes y disminuir factores que provocan la contaminación.

Para poder poner en funcionamiento la tercera etapa de esta metodología la cual implica medición, control y mejoras continuas es necesario que las dos etapas anteriores estén previamente realizadas. La tercera etapa permitirá medir la gestión y nivel básico así determinar cuáles son las principales fallas o falencias que se presentan en el proceso de lubricación y poder tener la capacidad de anticiparse a estas y poder generar las más certeras mejoras tanto para las rutas de lubricación, sistemas de lubricación y paños.

Para la implementación de un sistema adecuado que permita la medición, control y reporte de anomalías será necesario utilizar un determinado software y una serie de herramientas de control las cuales puedan administrar y dar seguimientos a las gestiones realizadas durante el proceso de lubricación, entregando información clara y generando una base de datos. Finalmente una vez ya implementadas las etapas de la metodología basada en la confiabilidad se logrará que cada proceso realizado por la empresa CAP Acero, sea de calidad y confiable.

INDICE	
RESUMEN.....	2
OBJETIVOS.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
ALCANCES DEL PROYECTO.....	7
CAPITULO I.....	9
1 MARCO TEÓRICO	9
1.1 Etapas del proceso de lubricación	9
1.2 Niveles de la lubricación	11
1.3 Actividades para la gestión de lubricación	12
CAPÍTULO II.....	18
2 ESTRUCTURA DE PERSONAL DE LUBRICACION PLANTA.....	18
2.1 Estructura de lubricación planta	18
2.2 Niveles de capacitación de personal.....	42
2.3 Sistema de medición evaluación de desempeño	46
CAPITULO III.....	50
3 SISTEMA DE CONTROL Y MEDICION.....	50
3.1 Control	51
3.2 Situación actual de lubricación planta Huachipato	59
3.3 Propuesta de control.....	60

3.4	Herramientas de medición	61
3.5	Propuesta de lubricación planta Huachipato	75
CAPITULO IV		79
4	MEJORA CONTINUA	79
4.1	Metodologías de mejora continua	80
4.2	Enfoque de mejora continua en lubricación basada en confiabilidad.	84
4.3	Caso práctico mejora continua ventilador KKK	90
4.4	Bloque de acabado veloz “BGV”	102
CONCLUSIONES		119
GLOSARIO		121
BIBLIOGRAFIA		124

OBJETIVOS

1.1 Objetivo general:

- Definir sistemas de control, medición y mejora continua de acuerdo a la metodología basada en la confiabilidad contemplando, la administración de programas de lubricación, almacenamiento de lubricantes y manejo de aceites usados.

1.2 Objetivos específicos:

- Definir estándares operacionales para tareas de lubricación e instaurar sistema de evaluación para desempeño del trabajador.
- Definir metodología de control para ruta de lubricación establecida en el programa de lubricación por áreas e indicadores que permitan identificar y corregir desviaciones en el proceso de lubricación.
- Especificar indicadores para sistema de control de fuga y detección de anomalías.
- Generar un plan de inspección definiendo los parámetros e indicadores de medición para el control de estándares de pañol, implementar un plan de inspección que permita controlar el cumplimiento de instalaciones para el manejo de aceite usado, definiendo indicadores que puedan medir la gestión de esta tarea.
- Desarrollar trabajos específicos de diseño y mejora continua en la lubricación de equipos críticos con el fin de aumentar la confiabilidad de estos.

INTRODUCCIÓN

El presente seminario se realizó para implementar la metodología de lubricación centrada en la confiabilidad a la siderúrgica CAP Acero ubicada en Talcahuano, la cual se dedica a elaborar sus productos a partir de materias primas básicas presentes en la naturaleza, como material de hierro, carbón y caliza, lo que garantiza acero de alta pureza y calidad controlada.

La lubricación es como la sangre que corre por nuestras venas, por lo cual si no se toman medidas pertinentes para que el lubricante se encuentre exento de contaminantes y en buen estado químicamente, el equipo comenzará a tener complicación por lo cual la confiabilidad ira irremediablemente en descenso. La lubricación basada en confiabilidad es una metodología del mantenimiento la cual permite generar responsabilidades y definir una serie de actividades que llevan a mejores prácticas de lubricación de acuerdo a estándares de clase mundial, considerando desde cómo deben realizarse los procedimientos de la lubricación hasta como debe ser la persona encargada de la lubricación en la planta.

Actualmente en la planta no existe ningún tipo de control en los procesos de lubricación, mecánicos lubricadores que sean especialistas y capacitados, no se toman los resguardos necesarios para operaciones apropiadas y confiables para que los activos mantengan su confiabilidad.

Por esto se plantea la tercera etapa de lubricación centrada en la confiabilidad la cual se compromete con la medición, control y mejora continua. Principalmente se desea tener el control a cabalidad de todas las tareas de lubricación, para ello se debe medir como se hacen las tareas de lubricación. Procurando que estas se hagan a tiempo y de buena forma no dejando de lado ninguna tarea propuesta, para ello contar con personal calificado es fundamental, el cual cumpla con las actividades que el programa de lubricación recomienda. Como último desafío de esta tercera etapa está la mejora continua de los sistemas de lubricación, la cual propone buscar nuevas tecnologías y motiva a la innovación constante.

ALCANCES DEL PROYECTO

La tercera etapa del proyecto de implementación de la metodología, “*Lubricación Basada en Confiabilidad*” en CAP Acero, corresponde a los sistemas de medición, control y mejora continua en la lubricación, la cual busca controlar el cumplimiento de la administración del programa de lubricación, para satisfacer las necesidades de la empresa reduciendo las fallas relacionadas con lubricantes, disminuyendo los costes de mantención.

Este proyecto va dirigido a jefes de programación, supervisores de área, encargados del sector, mecánicos lubricadores, empresas contratistas y todas las personas con grado de responsabilidad en la lubricación en las siete áreas productivas de CAP Acero.

Los sistemas de control, medición y mejora continua apuntan al cumplimiento de los objetivos propuestos en los niveles básicos y de gestión. Para mejorar la confiabilidad es fundamental evitar que los activos fallen, por lo cual se definen una serie de actividades y medidas que permiten controlar la ejecución de las tareas de lubricación. De igual forma se definen indicadores que permiten medir y detectar desviaciones en los procesos de lubricación. Indicadores que permiten controlar los avances de los sistemas de detección de fugas y anomalías que se presenten en terreno, de igual forma se establece el perfil que debe tener el personal encargado de la lubricación con sus respectivas aptitudes, también se generará una planilla de control del plan predictivo de análisis de aceite, que permitirá contar con historial preciso de los comportamientos de la lubricación de equipos críticos. Para el control de la zona de manejo de aceite usados, se implementará una planilla de control para verificar el orden, limpieza del pañol y manejo de aceite usado, resguardando los estándares definidos por Servicio de Salud Talcahuano, para finalizar se evaluará casos prácticos de mejora continua en equipos críticos de la planta con el fin de mejorar su confiabilidad desde el punto de vista de la lubricación.

Principalmente el plan de lubricación y la aplicación de lubricantes son el pilar fundamental según la “*metodología lubricación basada en la confiabilidad*”, permitiendo eliminar falla e irregularidades. Es necesario definir de muy buena forma las tareas, controlando la ejecución y aplicación de lubricantes mediante software especializado que se detallan más adelante. De esta forma cumplir todos los objetivos planteados.

CAPITULO I

1 MARCO TEÓRICO

Se define confiabilidad la capacidad de una maquinaria o sistemas para desempeñar una función requerida bajo condiciones establecidas, particularmente la confiabilidad garantiza una producción continua y planeada en un tiempo determinado sin que el activo de producción salga de operación durante ese tiempo.

Cuando se habla de lubricación basada en confiabilidad se refiere a establecer estrategias de lubricación que permitan eliminar barreras que se oponen a la correcta operación de las máquinas con consecuencias de alto costo como; detenciones no programadas y disminución de la vida útil de equipos o máquinas.

La lubricación basada en confiabilidad permite evaluar el estado actual de los equipos rotativos y la eficiencia de los programas que la empresa está desarrollando. El objetivo es analizar y evaluar tanto fortalezas como debilidades para lograr especificar las recomendaciones necesarias que involucren a la empresa con los mejores estándares mundiales en la materia.

1.1 Etapas del proceso de lubricación

1.1.1 Selección del lubricante

La selección de lubricantes no solo debe considerar las recomendaciones del fabricante, es muy importante evaluar el entorno de operación, ya que se producen equipos genéricos y no diferencian su aplicación, es decir, si la misma máquina es para industria de la madera o siderurgia donde presentan factores como, laminilla, altas temperaturas o químicos, los cuales afectan la vida útil del equipo. Por esta razón en algunos casos cuando las condiciones de operación sean influyentes, se deberá pensar en modificar la máquina en función del

lubricante o bien implementar un sistema centralizado, muchas veces se invierte mucho dinero en súper lubricantes que pueden sustituirse con mejores métodos de aplicación.

1.1.2 Recepción y almacenamiento de lubricantes.

Se debe asegurar que los lubricantes recepcionados sean los solicitados, en los tiempos requeridos y asegurar la calidad de los mismos. Otro punto importante a considerar son los envases, éstos deben ser almacenados de tal forma que los lubricantes se mantengan limpios, frescos y secos, asegurando cero contaminación. Los lubricantes deben estar siempre disponibles para su uso, en caso contrario puede ocasionar incluso detenciones de líneas productivas.

1.1.3 Manejo y aplicación de lubricantes en el equipo.

Esta etapa puede ocasionar cerca del 80 % de los problemas que se pueden generar más adelante, por ende se considera uno de los factores más importantes en el proceso de lubricación. Los elementos de aplicación deben ser los adecuados que aseguren cero contaminación, también es muy importante los conocimientos del personal ejecutor de la lubricación, en cuanto a los lubricantes a aplicar, el modo y su frecuencia.

1.1.4 Administración del programa de lubricación

No solo se deben definir las tareas de lubricación para los diferentes equipos en lubricante y frecuencia. Para el programa de administración de la lubricación se definirán adecuadamente los objetivos, de forma clara y que apunten a satisfacer las necesidades de la compañía, por ejemplo:

- Reducir fallas relacionadas con lubricantes
- Usar la menor cantidad de lubricantes
- Aplicar los lubricantes de la manera correcta, en el momento adecuado y en la cantidad adecuada

- Integrar los objetivos de mantenimiento preventivo y predictivo de la planta en el programa de lubricación.
- Investigar continuamente e implementar métodos para mejorar y alcanzar los objetivos mencionados

1.1.5 Disposición ecológica del lubricante

Una vez que el lubricante ha cumplido con su función, se ha contaminado o simplemente ya no protege a la maquinaria, éste debe ser removido, las alternativas de disposición pueden variar, así como los registros y controles. El uso de la conciencia ecológica más allá de la legislación, nos permitirá aportar a los esfuerzos de conservación de recursos no renovables y aplicar los criterios para la reducción de su consumo, reutilización y reciclado.

1.2 Niveles de la lubricación

1.2.1 Nivel básico

El nivel básico de lubricación comprende aquellas acciones que se deben hacer para que el proceso de lubricación funcione adecuadamente, es decir, estas acciones son el principio donde se establecerá la estrategia completa de lubricación.

Es así que estos elementos básicos son inamovibles y primordiales en implementación para que el programa de lubricación tenga un éxito, estableciendo lo siguiente:

- ¿Cómo voy hacer mi lubricación?
- ¿Con qué voy a lubricar?
- ¿En dónde voy a tener mi lubricante guardado?
- ¿Cuáles son mis herramientas de aplicación?
- ¿Cuáles son los elementos fundamentales del lubricante?

1.2.2 Nivel de Gestión

Este nivel apunta asegurar que lo que se seleccionó anteriormente se administre y se aplique correctamente para darle seguimiento, asegurando que las cosas se hagan de la misma manera.

1.2.3 Nivel de Control

Permite mantener el programa en la ruta a la excelencia de lubricación, siguiendo por supuesto las reglas y los principios básicos que mantendrán el programa dentro de los objetivos diseñados anteriormente.

1.2.4 Nivel de Medición

Nivel que ayuda a saber si los objetivos se están completando, si se está logrando lo que se quiere o permite saber cuáles son los indicadores actuales.

1.2.5 Mejora Continua

Se llevarán a cabo una serie de acciones que van dirigidas a optimizar y mejorar, tanto las actividades como las condiciones actuales que todo proceso debe tener una mejora continua.

1.3 Actividades para la gestión de lubricación

1.3.1 Selección de lubricantes

1.3.1.1 Nivel Básico

S1B : Cómo se seleccionan los lubricantes?, quien decide la compra?, como hacer el reconocimiento de las condiciones y características de operación de los equipos para así seleccionar el lubricante correcto.

S2B : Relacionado con los estándares genéricos de calidad de los lubricantes, los cuales estarán plasmados en las cartas de lubricación de los equipos, para aclarar las condiciones de operación de los lubricantes y equipos, así asegurar el mejor desempeño de estos.

S3B : Se refiere al sistema de identificación de los lubricantes enfocados hacia el concepto de que los lubricantes se apliquen correctamente donde sea necesario

1.3.1.2 Nivel de Control

S4C : Sistema de control de calidad para la recepción de los lubricantes nuevos.

1.3.1.3 Nivel de Mejora Continua

S5I : Relacionado a optimizar los lubricantes y pruebas de nuevas tecnologías, es decir, asegurar de tener el mejor lubricante, el menor número de éstos utilizados y que se mantiene constantemente la mira al avance de la tecnología para saber cuál es el lubricante que puede ayudar a mejorar la condición actual.

1.3.2 Recepción y almacenamiento de lubricantes

1.3.3 Nivel Básico

H1B : Poseer un lugar de almacenamiento de lubricantes o una sala de lubricación, lugar donde aplicar los lubricantes de un contenedor original a uno intermedio.

H2B : Con que elementos se efectuará la aplicación del lubricante al equipo o máquina (OilSafe).

H3B : Si la recepción y almacenamiento del lubricante se efectúa incorrectamente, es decir, elementos y acciones inadecuadas al manejo de lubricantes, estos ingresarán degradados a los equipos o máquinas (prácticas inseguras del manejo de lubricantes y el uso de protección personal).

1.3.4 Aplicación del lubricante

1.3.4.1 Nivel Básico

A1B : Diseñar la tarea de lubricación, ¿cómo hacer cada actividad de lubricación? e instalarlo en el programa de lubricación.

A2B : Como efectuar el engrase a los equipos o máquinas.

A3B : Como definir el programa de lubricación, ¿quién va hacer la ruta?, ¿con qué frecuencia?, ¿en qué secuencia? y cuales herramientas.

A4B : Efectuar el mantenimiento a los sistemas centralizados o automáticos de lubricación para evitar posibles fallas en la lubricación de los equipos.

1.3.4.2 Nivel de Gestión

A5G : Se refiere a los responsables de la lubricación, supervisores y ejecutores de la lubricación de equipos.

A6G : Los puntos de lubricación deben estar accesibles evitando que el lubricador haga un esfuerzo adicional para llevar a cabo su actividad de lubricación. Como idea principal es evitar prácticas inseguras y mala lubricación.

A7G : Que dispositivos se utilizan para las inspecciones de lubricantes.

A8G : Cual es la cantidad y la frecuencia de las inspecciones de las tareas de lubricación.

1.3.5 Administración de la tarea de lubricación

1.3.5.1 Nivel Básico

M1B : Son los métodos y sistemas de exclusión de contaminantes, con el objetivo que el lubricante no se contamine.

M2B : Con que se toman las muestras de aceite, es importante que la toma de muestra sea bien tomada (idealmente que el equipo este en operación).

1.3.5.2 Nivel de Gestión

M3G : ¿Cuál es el programa?, ¿cuál es la herramienta?, ¿cuál es el método?, el software que se está utilizando para la administración del proceso de lubricación.

M4G : Como hacer la estrategia de cambio de filtro ya sea respiradores o filtros de aceite.

M5G : ¿Cuál es el método para la toma de muestra?, procedimiento de cómo se toma la muestra de aceite.

1.3.5.3 Nivel de Control

M6C : Son los métodos y sistemas de control de contaminación para la remoción de los contaminantes, es decir, ¿cómo lo hago para sacar la contaminación que ya está en el equipo o máquina?.

M7C : Como definir los niveles de limpieza de contaminación sólida en los lubricantes.

M8C : Cuales son los indicadores de lubricación, como medir el avance del programa de lubricación.

1.3.5.4 Nivel de Medición

M9P : Se refiere a como establecer la estrategia de programa de monitoreo de la condición del lubricante. Como definir los ensayos, como definir la frecuencia de las muestras.

M10P : Quién es el encargado de interpretar los resultados, no es solamente hacer una muestra y enviarla al laboratorio, sino que realmente el programa entregue beneficios gracias a que se tomaron las decisiones correctas en función de los resultados del laboratorio.

M11P : Como establecer los objetivos y las recompensas del programa de lubricación. Lo que no se mide no se controla, lo que no se recompensa no se consigue.

1.3.5.5 Nivel de Mejora Continua

M12I : Busca los mejores sistemas de extracción de contaminantes, como identificar los mejores métodos para la toma de muestras, como identificar nuevos instrumentos para el análisis de lubricantes, como se ve las nuevas tendencias de los indicadores de lubricación y como ajusto los objetivos en función a los resultados que se obtendrán.

2.3.5 Disposición del lubricante

1.3.5.6 Nivel Básico

D1B : Se necesita diseñar un área correcta para el almacenamiento de los residuos de lubricantes.

1.3.5.7 Nivel de Gestión

D2G : Como administrar los residuos contaminados con lubricantes.

1.3.5.8 Nivel de control

D3C : Estableciendo una estrategia para evitar fugas y derrames en mi lubricante.

Con los elementos descritos en cada etapa de la lubricación se ubicarán respecto al nivel que les corresponda, es de esta manera como la pirámide se compone y a la vez da a conocer lo que está ocurriendo en el proceso de lubricación. La idea de la pirámide (ver imagen 1) es identificar los elementos en el cual se debe mejorar. Para identificar los puntos que se deben mejorar tiene que considerarse el nivel básico, ya que éste último es cimiento donde se regirá la estrategia de lubricación.

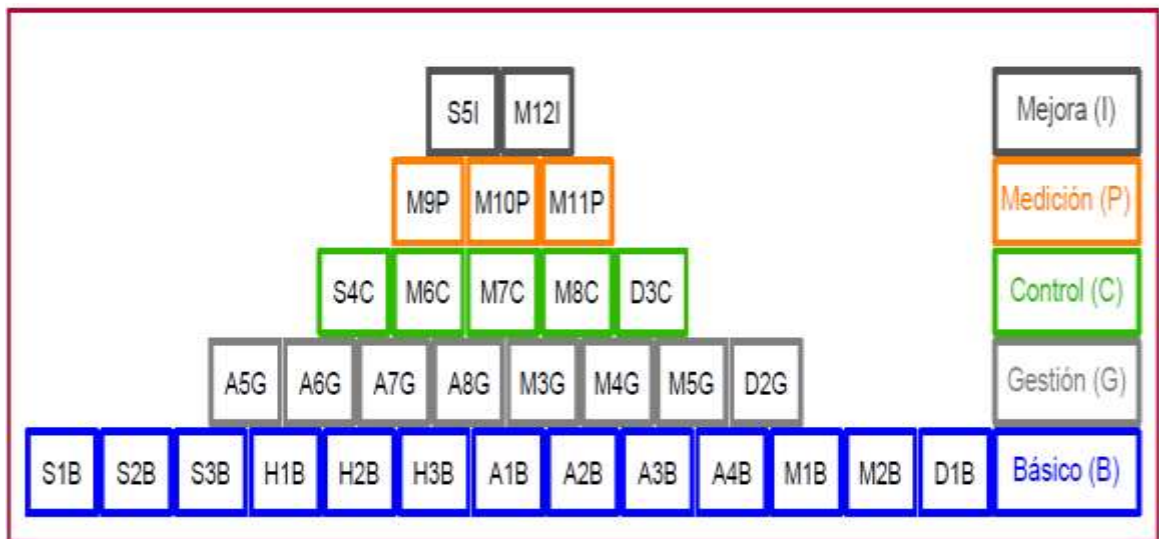


Imagen N°1: Pirámide de parámetros de gestión de lubricación

CAPÍTULO II

2 ESTRUCTURA DE PERSONAL DE LUBRICACION PLANTA.

Para que los procesos de lubricación tengan buen resultado, el factor humano es fundamental, es imprescindible contar con el número de personal adecuado para alcanzar a realizar todas las tareas asignadas, además el personal dedicado a la lubricación debe ser capacitado en su actividad, generalmente en las organizaciones el puesto de lubricador jerárquicamente es considerado al último escalafón, paradójicamente cuando un mecánico lubricador ha alcanzado un alto nivel de conocimientos es promovido a realizar otras funciones y volviendo a dejar las actividades de lubricación en manos de un aprendiz. Se debe entender que la lubricación incide directamente en aproximadamente el 80 % de las fallas ocurridas en los activos, por ende es necesario contar con profesionales de alto conocimiento para realizar las actividades de lubricación.

2.1 Estructura de lubricación planta

Planta Huachipato presenta distintas áreas productivas (Planta coque, Combustibles, Alto horno, Materias prima, Acería, Colada continua, Laminadores, Taller de Terreno, Maestranza), las cuales funcionan bajo diferentes condiciones o requerimientos de servicio, es necesario considerar estas condiciones para lograr definir de manera correcta la dotación de trabajo requerida para realizar las tareas de lubricación de forma adecuada y evitar tiempos muertos.

Cada área presenta diferentes retos al momento de realizar las tareas de lubricación, dependiendo de la zona, las cuales difieren en gran parte en estructura una de otra, se deben considerar factores como el determinado número de puntos de lubricación, las distancias que debe recorrer el mecánico lubricador para realizar las actividades, las condiciones operacionales de los equipos y su disponibilidad para intervenirlos entre otras. Conocer estos aspectos permite lograr estimar la dotación de personal adecuada que cubra todas las tareas de lubricación asignada por los programas de lubricación establecidos.

A continuación se detalla una breve descripción de la estructura de lubricación que cuentan las diferentes áreas productivas para sus diferentes equipos con el fin de generar un análisis de los diferentes retos y dificultades a considerar al momento de realizar las tareas de lubricación correspondientes y definir finalmente cuál es la dotación de personal necesaria y óptima.

2.1.1 Área Planta de Coque



Imagen N° 2: Vista panorámica de las baterías del horno de carbón coque y parte de la planta de coque.

Se caracteriza la diversidad de equipos empleados para la producción de carbón Coque y una producción continua, además de tiempos muy cortos para realizar mantenciones, por ende es necesario optimizar los tiempos asignados a las tareas de lubricación, la planta de Carbón Coque se divide en 3 áreas productivas principales:

2.1.1.1 Almacenamiento del Carbón Mineral



Imagen N°3: Área de almacenamiento del carbón mineral

En esta área se recibe, a través de cintas transportadoras, el carbón mineral desde el puerto, y es almacenado, trasladado y procesado para ser entregado a las baterías. El proceso en esta área contempla una serie de equipos y mecanismos

para remoción de materias primas como: Correas transportadoras, apiladores como el Stacker y Sumitomo, equipos de molienda como Chancadores, además se consideran componentes que requieren engrase manual y una serie de reductores asociados a estos equipos, también se ven en esta área una gran variedad de bombas para mover diferentes fluidos y lodos.

El área de almacenamiento de Carbón Mineral es muy extensa y se encuentra a la intemperie, las principales dificultades en las tareas de lubricación son: La distancia entre equipos, lo que implica mover por largos trayectos a personal de lubricación para cumplir con las tareas, por otro lado existe un factor importante de contaminación, por ende se debe verificar constantemente la hermeticidad de los equipos y componentes, además el clima es muy incidente ya que puede causar suspensión de la tarea de lubricación.

2.1.1.2 Baterías Horno



Imagen N° 4: Horno de carbón coque vista desde el lado cerro.

El carbón mineral se somete a un proceso de destilación seca para obtener Coque Metalúrgico. Los mecanismos presentes son expuestos a temperaturas muy elevadas. En esta área existen maquinarias específicas de gran complejidad

mecánica e hidráulica, de las cuales se identifican como: Pusher, Larrycar, Extractor de puerta 1 y 2, Locomotora de Apagado, Bombas de apagados.

Dentro de las dificultades al momento de la realización de las tareas de lubricación, se tendrá presente la disponibilidad de equipo, por lo cual se debe efectuar una programación para la detención de este y considerar el corto tiempo de disponibilidad para realizar los trabajos de mantención, de igual forma existen un gran número de válvulas lubricadas de forma manual.

2.1.1.3 Planta Química



Imagen N° 5: Gasómetro

En esta área se extrae el gas que genera el horno que se utilizará como combustible en el resto de las instalaciones. Los mecanismos presentes en esta área son el gasómetro (imagen 5) que se encarga de almacenar gas y presenta un sistema de lubricación importante y de gran volumen, además se consideran en el área un número importante de bombas para el traslado de fluidos generando como mayor dificultad en las tareas de lubricación un elevado número de puntos de lubricación y de inspección.

a) Estructura de lubricación de planta de Coque:

En la actualidad la lubricación de esta área se realiza por 2 personas, los cuales ejecutan las tareas descritas en el programa de lubricación entregada por área de lubricación planta, el plan de lubricación contempla una totalidad 7215 puntos de lubricación, los cuales tienen diferentes tareas asignadas, todas estas enfocadas a la aplicación de lubricantes, sin embargo se requiere además complementar los programas de lubricación con tareas asignadas para el control de equipos, por eso es necesario y se ha definido complementar los programas de lubricación considerando nuevas tareas de control para los equipos que puedan entregar información clave para evaluar su confiabilidad y anteponerse a posibles fallas. Las tareas realizadas actualmente por personal de lubricación de planta de coque y las demás áreas productivas de la planta Huachipato y que están definidas en los programas de lubricación actuales contemplan las siguientes actividades.

- Rellenar graseira (re lubricaciones)
- Verificar nivel de equipos
- Cambio filtro de venteo
- Cambio de filtro de línea
- Limpieza exterior
- Cambio de aceite
- Relleno de aceite (según verificación de nivel)

Como se mencionó anteriormente, todas estas tareas son enfocadas en la aplicación de lubricante, sin embargo es necesario complementar estas tareas con actividades de control que permitan establecer una base de información vital para las operaciones de los equipos y con mayor importancia obtener retroalimentación de la ejecución de las tareas asignadas a través de reportes, para esto se definen las siguientes tareas complementarias a las actividades de lubricación:

- Mediciones de temperatura en:
 - Descansos
 - Rodamientos de alta velocidad
 - Reductores
 - Control de termómetros en sistemas hidráulicos y de circulación
- Medición de presión (manómetros de equipos y sistemas hidráulicos y de circulación).
- Generación de planillas y reportes de control de actividades diarias y semanales.
- Levantamiento y detección de fugas y anomalías.

Estas nuevas actividades requerían un mayor esfuerzo de parte del personal de lubricación, por ende es fundamental distribuir de buena forma los tiempos asignados a las tareas de lubricación, además de definir cuál es el número de mecánicos lubricadores para ejecutar un completo programa de lubricación considerando las nuevas funciones que estos debieran realizar.

b) Cálculo de dotación de personal

Al considerar el personal necesario para ejecutar de buena manera los programas de lubricación, se debe primero que todo conocer la distribución de tareas por lapso de tiempo, además de considerar factores como las distancias que deben recorrer los mecánicos lubricadores hacia los equipos, los tiempos que toman en realizar la preparación de los trabajos, el tiempo estimado para generar los permisos de ingresos a la faenas, los tiempos designados a las actividades de seguridad diaria y los tiempos adicionales para tareas de mayor envergadura como cambio de carga de lubricantes.

Tarea	Tiempo estimado
Rellenar Grasea (RG)	5 min
Verificar nivel (VN)	1 min
Verificar Filtro de venteo (V)	1 min
Limpiar filtro de Y (L)	20 min
Relleno de lubricante(de acuerdo a VN)	30 min
Cambio de Filtro de Línea (CF)	20 min
Cambio de carga de Lubricante (C)	60 min
Brochar (BR)	5 min

Tabla N° 1: Muestra los tiempos estimados que personal de lubricación tarda en realizar las tareas de lubricación menor en Planta de Coque por punto de lubricación.

Además se consideran tiempos de preparación de trabajos y herramientas, actividades de seguridad que deben realizar los mecánicos lubricadores en el día además de los tiempos que tardan en recorrer las distancias para llegar al punto de lubricación y el tiempo requerido para obtener permisos de ingreso a las faenas.

Preparación de herramientas	1 hrs
Cambio de aceite mayor	1 hrs adicional
Actividades de seguridad	20 min
Distancias recorridas	1,5 hrs

Tabla N° 2: Muestra los valores de tiempos estimados que día a día utiliza el lubricador para realizar todas las actividades complementarias dichas anteriormente.

De acuerdo a la metodología de control fundamentada en la lubricación basada en confiabilidad, se deben definir una serie de actividades nuevas que deberá desarrollar el mecánico lubricador comenzando con el control de sus actividades, el control de variables operativas de los activos como medicion de temperaturas, presiones entre otras logrando generar base de datos y detectar desviaciones que se pueden presentar antes de una falla, de igual forma además se deben generar reportes de hallazgos encontrados en la ruta de acuerdo al sistema de detección de fugas y anomalías ya definido.

Medición de Temperaturas Descansos	2 min
Medición de Temperaturas rodamientos alta velocidad	2 min
Medición temperatura reductores	2 min
Control de temperatura termómetros unidades hidráulicas y de circulación	1 min
Control de presiones de unidades hidráulicas y de circulación	1 min
Generar planilla de control	30 min
Detección de fugas y anomalías	2 horas al mes

Tabla N° 3: Presenta los tiempos asignados a estas nuevas tareas que deben considerarse al momento de generar un completo programa de lubricación.

En el caso particular de planta de coque a partir de las actividades descritas en el plan de lubricación dispuesto para el área, se establece a partir del número de actividades de lubricación definidas en un año que se deben realizar en el área todas llevadas a tiempos promedios diarios obteniendo con estos las HH requeridas para el cumplimiento de las actividades diarias de modo de lograr especificar el número de mecánicos lubricadores y línea de supervisión contemplando de igual forma las nuevas actividades de control necesarias para lograr generar la confiabilidad de los activos.

Actividad	Tiempo promedio diario
Rellenar graseras (RG)	7,901
Verificar nivel (VN)	0,210
Aplicar lubricante con brocha (BR)	1,401
Cambiar filtro (CF)	0,025
Cambiar carga lubricante (C)	0,123
Cambiar aceite bombas (CA)	0,224
Cambiar grasa coplas (CG)	0,017
Accionar Farval (AC)	0,05
Limpiar filtro de Y (LP)	0,103
Total HH diarias	10,054

Tabla N° 4: Muestra la distribución de actividades promedio diaria.

Para establecer el número de personal de lubricación en planta de coque se toman las HH necesarias para cubrir las tareas diarias en promedio más los tiempos requeridos para la preparación de herramientas, actividades de seguridad e ingresos a las faenas y los traslados diarios a los equipos.

Tareas programa de lubricación	13,054 hrs
Preparación de Herramientas y equipo	1 hrs
Tareas de seguridad	20 min
Tiempo distancias recorridas	1,5 hrs
Actividades de Control	3 hrs
HH efectivas diarias	19,8 HH
Personal requerido 8 hrs Diarias	2,45

Tabla N° 5: Muestra finalmente el número de personal requerido para cumplir con las faenas de lubricación menor designadas a planta de Coque.

Finalmente se concluye que se requiere contar con 2,45 trabajadores, el personal actual de dos personas no es posible atender todas las tareas de lubricación asignadas. Se propone realizar integración entre áreas para cubrir las necesidades de planta con personal de lubricación de área de combustible de ser necesario.

2.1.2 Área Combustibles



Imagen 6: Extremo norte del área combustibles

Esta área almacena y distribuye suministros auxiliares para la producción del Acero como: Gas, Petróleo, Aire Comprimido, Vapor y Agua, esta área comprende equipos tales como bombas, Válvulas, Sopladores, entre otros equipos, las áreas de combustibles se distribuye por toda la planta, por lo tanto el reto de la lubricación en la área será la cantidad y distancia entre puntos, lo cual implica mayor tiempo para ejecutar las tareas de lubricación.

Áreas:

- Planta de Agua Bio-Bio
- Planta de agua Degremont
- Equipos de vapor
- Equipos Sopladores AAHH
- Equipos GAS, Petrolero, IND

Planta de Coque y Combustible son las áreas más complejas de la planta en términos de tareas de lubricación, en la cuales existen aproximadamente 7000 puntos de lubricación solo considerando planta de Coque y otros 3000 puntos de lubricación en Área de Combustible, los cuales se encuentran a la intemperie y distanciados entre sí. Debido a que es un área muy grande, concretar los puntos estipulados anteriormente será una tarea ardua, es conveniente que el área de planta de coque y combustible estén encargado por el mismo supervisor, agrupando ambas áreas para así cuando se necesite dotación extra sea posible contar con 1 o más mecánico lubricador adicional.

Considerando las tareas del programa de lubricación y las demás actividades que debe realizar personal de lubricación, se obtiene el personal requerido (Tabla N°6).

Tareas programa de lubricación	1,45 hrs
Preparación de Herramientas y equipo	1 hrs
Tareas de seguridad	20 min
Tiempo distancias recorridas	1,5 hrs
Actividades de Control	2 hrs
HH efectivas diarias	6,28 HH
Personal requerido 8 hrs Diarias	0,78

Tabla N° 6: Muestra finalmente el número de personal requerido para cumplir con las faenas de lubricación menor designadas área combustibles.

Finalmente se requiere contar con 1 mecánico lubricador para cubrir las necesidades de lubricación de la Planta de Combustible. Considerando los tiempos muertos en las actividades diarias, se determinó unificar el área Planta de Coque y Combustibles, de esta forma cumplir eficientemente con el plan de lubricación.

2.1.3 Área Altos Hornos (AAHH)



Imagen N° 7: Altos Hornos

Esta área es la encargada de producir el arrabio, materia prima principal para la producción de acero, a partir de mineral de hierro, piedra caliza y carbón coque producido, el Alto Horno presenta 4 áreas principales las cuales se describen a continuación:

2.1.3.1 Sector Muelle



Imagen N° 8: Muelle Huachipato con vista a la bahía San Vicente

Administra el embarque y desembarque de materias primas dentro del complejo industrial. En el muelle de carga existe equipos de gran envergadura como: Cintas Transportadoras y Torres de Descarga de alto tonelaje. El muelle es una de las áreas más complicadas para ejecutar trabajos de lubricación, en la cual se puede ver afectada la integridad del mecánico lubricador, considerando que existen puntos de difícil acceso, distancia entre un puntos y altos riesgos debidos a las condiciones del clima que en algunos casos es un factor el cual puede causar suspensión de la tarea de lubricación.

2.1.3.2 Materias Prima (MP)



Imagen N°9: Almacenamiento y área de Materias Primas

Esta área clasifica y almacena las materias primas necesarias para la elaboración del acero, los mecanismos presentes son tanto para traslado como para triturar la materia prima, los principales mecanismos: Cintas Transportadoras, Stackert de distribución y un Chancador de gran tonelaje.

El área de Materias Primas se encuentra a la intemperie por lo cual existe un exceso de contaminación, se deben recorrer distancias importantes para llegar a los equipos y muchas veces los puntos de engrase no están visibles.

2.1.3.3 Alto Horno



Imagen N° 10: Área inferior del alto Horno número 2

Son los encargados de producir el arrabio, los hornos cuentan con una serie de equipos auxiliares como Cintas Transportadoras, Carros de romana, Carro Skip, Bombas, perforadoras y sus sistemas hidráulicos. Considerando que alto horno es un área fundamental para CAP Acero, la disponibilidad de los equipos en esta área es una de las mayores dificultades a la hora de realizar las tareas de lubricación, seguido de la gran cantidad de puntos de lubricación existente, contaminación en el área y además el factor climático ya que gran parte del área está al exterior.

2.1.3.4 Planta Clarificadora

Se encarga de Purificar el agua residual utilizada en los procesos productivos del Alto Horno, es un área crítica desde el punto de vista medio ambiental ya que elimina contaminante del agua, es un área en donde se encuentran equipos como bombas y reductores para agitación de las aguas.

En número de mecánicos de lubricación requeridos para Altos Hornos, está dado por la siguiente tabla. (Tabla N° 7)

Tareas programa de lubricación	37,63 hrs
Preparación de Herramientas y equipo	1 hrs
Tareas de seguridad	20 min
Tiempo distancias recorridas	0,5 hrs
Actividades de Control	4 hrs
HH efectivas diarias	43,46 HH
Personal requerido 8 hrs Diarias	5,4

Tabla N° 7: Muestra finalmente el número de personal requerido para cumplir con las faenas de lubricación menor designada en área de Altos Hornos.

Finalmente para área de altos hornos se establece contar con un numero de 5 lubricadores para realizar todas las tareas, sin embargo se debe ajustar este valor, ya en el plan de lubricación se considera la lubricación de polines de las correas trasportadoras, los que en el tiempo han sido reemplazados por polines con lubricación sellada, de acuerdo a esto solo se requiere contar con 4 personas para realizar las tareas, además de un supervisor que controle y genere las actividades de esta área.

2.1.4 Área de Acería y Colada Continua



Imagen 11 área de acería y colada continua

En esta área se producen, mediante la refinación del arrabio, aceros de diferentes calidades mediante la eliminación de carbono a través de lanzas de oxígeno y la adición de metales en la estación de ajuste metalúrgico, para finalizar el proceso de colada continua con producto final en formato de palanquillas para la laminación, esta área cuenta con una serie de equipos críticos donde se debe enfocar en actividades de control y cumplir con todas las tareas de lubricación.

Esta área comprende las unidades de Acería, Estación de Ajustes Metalúrgicos y Colada Continua, además de áreas auxiliares de insumos como planta de cal y canchas de vaciado de escorias.

2.1.4.1 Área Acería



Imagen N° 12: Convertidor al oxígeno ubicado en el área de Acería.

Como ya se ha dicho la acería se encarga de producir acero a través del **arrabio**. En esta fase se refina el arrabio inyectando oxígeno de alta pureza, se ajusta el contenido de carbono y se agregan ferroaleaciones que aportan las características básicas de cada tipo de acero. La mayoría de los equipos son de alta criticidad, denotando equipos el ventilador KKK, lanzas de oxígeno, Convertidores y Grúas de alto tonelaje, esta área es de alta contaminación por laminilla y las actividades de lubricación deben estar enfocadas a la hermeticidad de los equipos. La dotación requerida es la siguiente (Tabla N° 8):

Tareas programa de lubricación	7,3 hrs
Preparación de Herramientas y equipo	1 hrs
Tareas de seguridad	20 min
Tiempo distancias recorridas	30 minutos
Actividades de Control	1 hrs
HH efectivas diarias	9,13 HH
Personal requerido 8 hrs Diarias	1,14

Tabla N° 8: Muestra finalmente el número de personal requerido para cumplir con las faenas de lubricación menor designadas al área acería y planta de cal.

Las actividades de lubricación pueden realizarse con 1 mecánico lubricador el cual debiera depender de un supervisor de área para toda la sección de acería y colada continua.

2.1.4.2 Planta de Cal:

Esta área produce cal viva para el proceso de generación de acero en acería, cuenta con hornos rotatorios y una serie de correas transportadoras y reductores, la lubricación es realizada por mecánicos del área, de acuerdo a las actividades solo se requiere contar con un mecánico lubricador que puede ser movido de servicio de acería un día a la semana.

2.1.4.3 Estación de Ajuste metalúrgico (EAM)

Esta área se encarga de adicionar metales para lograr diferentes calidades de acero requeridos, los equipos de esta área son sistemas hidráulicos, algunos reductores y bombas, las tareas de lubricación serán incluidas en las funciones de colada continua por baja cantidad y cercanía con esa área.

2.1.4.4 Colada Continua (CC)



Imagen N° 13: Barra saliendo al rojo en el área de colada continua

Una vez ya obtenido la calidad de acero requerido en estado líquido, pasa a la máquina de colada la que tiene como función dar forma sólida al acero en palanquillas para su posterior laminación, esta área es de alta temperatura y existen equipos que requieren constante lubricación, con lubricantes especiales, hay muchos equipos de precisión y sistemas hidráulicos de alto control de contaminación. La tabla número 9, muestra el personal requerido que se necesita para el proceso CC.

Tareas programa de lubricación	20,81 hrs
Preparación de Herramientas y equipo	1 hrs
Tareas de seguridad	20 min
Tiempo distancias recorridas	30 minutos
Actividades de Control	1 hrs
HH efectivas diarias	23,64 HH
Personal requerido 8 hrs Diarias	2 ,95

Tabla N° 9: Muestra finalmente el número de personal requerido para cumplir con las faenas de lubricación menor designadas área estación de ajuste metalúrgico y Colada Continua.

Finalmente para realizar las tareas de lubricación y control se requiere contar con 3 mecánicos lubricadores para Colada continua y estación de ajuste metalúrgicos. Respecto a la supervisión se establece contar con un supervisor para que realice control de actividades del área general de acería y colada continua.

2.1.5 Área Laminadores

A partir de las palanquillas se inicia el proceso final de laminación, del cual se obtiene una amplia gama de productos largos y rollos para ser comercializados. El proceso de laminación se realiza en caliente a través de rodillos a diferentes velocidades y abertura de laminación. Existe una gran variedad de reductores de diferentes tamaños, sistemas hidráulicos con servo válvulas con exigentes códigos de limpieza y sistemas de lubricación centralizados de aceite y grasa.

2.1.5.1 Sector Laminador de Barras Rectas (LBR)



Imagen N° 14: Laminador de Barras en proceso continuo.

A continuación la Tabla N° 10, muestra la dotación de personal necesaria para el funcionamiento del LBR:

Tareas programa de lubricación	11,57 hrs
Preparación de Herramientas y equipo	1 hrs
Tareas de seguridad	20 min
Tiempo distancias recorridas	30 minutos
Actividades de Control	1 hrs
HH efectivas diarias	14,4 HH
Personal requerido 8 hrs Diarias	1,8

Tabla N° 10: Muestra finalmente el número de personal requerido para cumplir con las faenas de lubricación menor designadas al área LBR.

La producción de este laminador se enfoca en productos largos a partir de palanquillas, como barras para construcción y barras de molienda, presenta una serie de laminadores en sincronización perfecta con equipos de lubricación centralizados de gran volumen, en esta área existen varios equipos críticos como la guillotina de corte comercial la cual debe monitorearse de forma constante.

Para LBR se establecen finalmente la cantidad de 2 personas para realizar todas las tareas asignadas del programa de lubricación y actividades de control.

2.1.5.2 Sector Laminador de Barras Talcahuano (LBT)



Imagen N°15: Barra para la producción de alambón

Este laminador se enfoca en la laminación y producción de rollos a partir de palanquillas, para barras de construcción de bajo diámetro y alambón como materia prima para la fabricación de alambres y clavos entre otros, también tiene la posibilidad de producir barras rectas para fabricación de bolas de molienda con una producción mucho menor que LBR, en esta área existen equipos de lubricación centralizado de gran volumen y una serie de sistemas hidráulicos, bombas y un sinfín de reductores.

A continuación la Tabla N° 11, muestra la dotación de personal necesaria para el funcionamiento del LBT:

Tareas programa de lubricación	13,5 hrs
Preparación de Herramientas y equipo	1 hrs
Tareas de seguridad	20 min
Tiempo distancias recorridas	30 minutos
Actividades de Control	1 hrs
HH efectivas diarias	16,33 HH
Personal requerido 8 hrs Diarias	2,04

Tabla N° 11: Muestra finalmente el número de personal requerido para cumplir con las faenas de lubricación menor designadas al área LBT.

La Tabla N° 11 establece para LBT una dotación de 2 personas. Respecto a la supervisión se requiere contar con 1 persona para el control y programación de las actividades, las propias del área de laminación, evaluar la necesidad de contar con personal que rote para atender las tareas y equipos de esta sección.

2.1.6 Taller de Terreno (TT) y Maestranza (MZA)

En esta área se realiza la elaboración y reparación de piezas mecánicas para la planta CAP Acero. Las tareas en estas áreas son las menos complejas de la planta en la cual existen mayormente Máquinas Herramienta tales como: tornos, fresas, prensas y taladros.

La lubricación de estas áreas puede realizarse con personal de lubricación mayor por la baja frecuencia de lubricación y criticidad de los equipos.

Según la cantidad y otros factores ya definidos, la cantidad de mecánico lubricadores queda expresada en la Tabla N° 12:

Área	Planta Productiva	Puntos a Lubricar	Mecánico Lubricador	Supervisor a cargo
Planta Coque y Combustibles	Almacenamiento o carbón	7000	2	1
	Baterías de Horno			
	Planta Química			
	Combustibles	3000	1	
Altos Hornos	Muelle	4000	1	1
	Materias Primas		2	
	Alto Horno		1	
	Planta Clarificadora		0	
Acería y Colada Continua	Acería	2500	1	1
	Planta de Cal			
	Colada Continua	2500	3	
	Estación de Ajuste			
Laminación	LBR	5500	2	1
	LBT	5000	2	

Tabla N° 12: Resumen de la cantidad de personal que debe tener cada área productiva.

Para simplificar la organización y cantidad de puntos por área, se muestra la estructura de la planta CAP Acero.

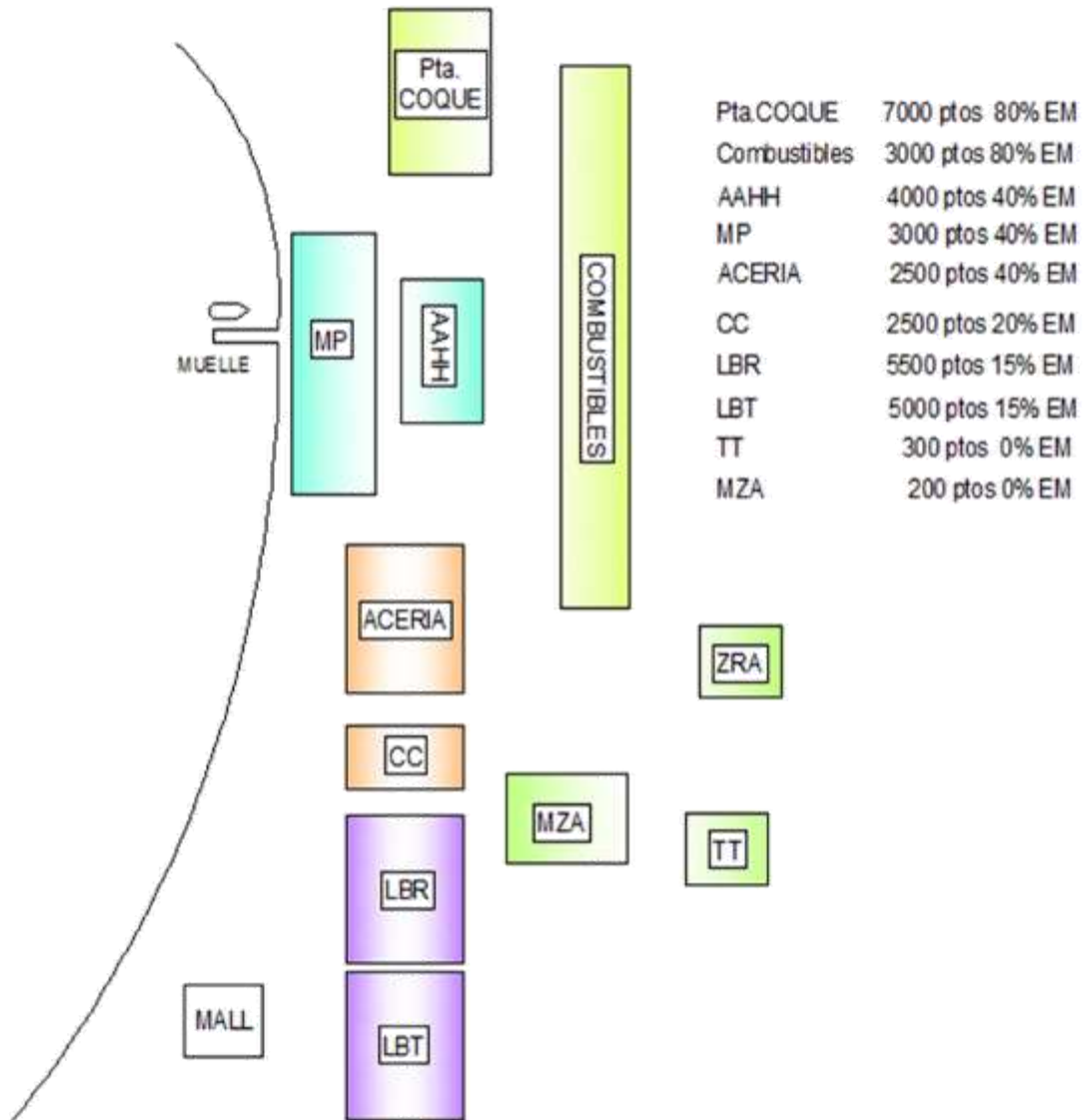


Imagen N° 16: Diagrama de planta CAP y cantidad de puntos existentes por área

2.2 Niveles de capacitación de personal

Para las actividades de lubricación, el personal de ejecución y su línea de supervisión debe cumplir con un grado de conocimiento que le permita realizar las tareas designadas.

Para esto se debe implementar un programa de capacitación resguardando los estándares de lubricación de clase mundial que asegure la confiabilidad en las tareas de lubricación, cabe señalar que la capacitación del personal debe estar graduada o nivelada para que el aprendizaje sea progresivo (Tabla N° 13).

Mediante las capacitaciones que se le entreguen al mecánico lubricador, este obtendrá conocimiento de lubricación de clase mundial, además actualizarse con las nuevas tecnologías y herramientas que ofrece el rubro de la lubricación.

La capacitación se divide en módulos, los cuales se atribuyen al nivel progresivo que debe ir manejando el mecánico lubricador y supervisor, los módulos se definen de acuerdo a la Tabla N° 13.

		Nivel de capacitación personal	
		Mecánico lubricador y supervisor	Horas
Módulo 1	1	Conocimiento lubricación	4
	2	Conocimiento lubricantes	4
	3	Seguridad	2
Módulo 2	1	Lubricación de clase mundial	2
	2	Lubricación basada en la confiabilidad	3
Módulo 3	1	Lubricación de componentes equipos: Rodamientos, reductores.	2
	2	Lubricación de precisión rodamientos	2
Módulo 4	3	Análisis visual de contaminantes en aceite	1

Tabla N° 13: Niveles de capacitación personal de lubricación.

2.2.1 Perfil del Mecánico lubricador

Poner en funcionamiento la lubricación de clase mundial requiere muchos cambios estructurales principalmente a nivel de recursos humanos, una correcta práctica de requiere de un personal con conocimientos que a la vez posea habilidades y aptitudes que le permitan ejecutar de manera correctas las diferentes tareas que se le asigne.

Se debe considerar que la persona que se desempeñe en el cargo deberá ser capacitada en los diversos módulos estipulados anteriormente (Tabla N° 13), los cuales van desde lo más básico a lo más especializado.

El mecánico además de poseer un nivel de conocimiento, debe presentar cualidades que le permitan realizar sus tareas de mejor manera, tales como:

- Persona dinámica, proactiva, con capacidad de autocontrol.
- Fuerte orientación al cumplimiento de compromisos, programas de trabajos y convenios de desempeño.
- Tener nociones claras de las clases de mantenimiento, para así generar una buena práctica de lubricación.
- Un buen lubricador no debe abusar de su memoria, lo mejor es tener los registros de lubricación por escrito.
- Fuerte orientación hacia la prevención de riesgos operacionales, medio ambiente y calidad de procesos.
- Flexible y orientado al aprendizaje permanente.
- Tolerante a trabajos esporádicos bajo presión de tiempo y volumen de trabajo.
- Gran disposición hacia el trabajo en equipo, respetuoso de procedimientos de trabajo, pautas operacionales y de seguridad.
- La limpieza es una virtud, debido a que los contaminantes causan pérdidas de eficiencia o averías en un sistema de lubricación, por lo cual el mecánico

lubricador debe ser limpio, ordenado y prolijo a la hora de realizar su tarea de lubricación.

2.2.1.1 Funciones del Mecánico lubricador (ejecución de tareas de lubricación)

Las tareas de lubricación deben ser realizadas por un mecánico lubricador el cual debe estar capacitado para realizar dichas tareas.

Las tareas a realizar por el mecánico lubricador serán previamente definidas de acuerdo a la ruta de lubricación establecida para cada área productiva, estas podrán variar en dificultad pero siempre serán solo tareas de lubricación menor. Específicamente las tareas de lubricación que debe realizar el mecánico lubricador son tales como:

- Verificar nivel
- Re-lubricación (grasera)
- Verificar nivel de reductor
- Revisar rellenos de lubricantes
- Cambio de cargas de lubricantes
- Cambio de filtros (del sistema de circulación de máquina de micro-filtrado y de venteo)
- Medir temperaturas de equipos específicos
- Coordinar rutas de trabajo con el Supervisor directo y reportar las actividades de lubricación semanal, dar cuenta y generar reporte de actividades realizadas de la ruta. “El mecánico lubricador debe dejar registro escrito o llevar a software las tareas realizadas de la ruta de lubricación, con el fin de dejar historial”.
- Detectar anomalías en la ruta e informar al supervisor a cargo.
- Realizar servicio de micro-filtrado según mantenimiento predictivo.

- Usar procedimientos, manuales, estándares e instructivos para la ejecución de las diferentes tareas.
- Manejo y almacenamiento de lubricantes, uso adecuado de los contenedores.
- Recolectar aceite usado en las diferentes áreas de CAP acero en formato tambor.
- Solicitar implementos y lubricantes adecuados al supervisor directo.
- Uso y almacenamiento adecuado de los diferentes equipos y accesorios de lubricación tales como: bombas neumáticas, bombas manuales, recipientes, contenedores, graseras, equipos de filtración, implementos de limpieza, etc.

2.2.2 Perfil ideal del supervisor de lubricación

El supervisor lubricador será una persona con un cierto nivel de conocimientos de lubricación o mantenimiento, debido a que estará encargado de controlar, tomar decisiones y entregar la ruta de lubricación asignada que deberá realizar el mecánico lubricador, es decir tanto el mecánico lubricador como el supervisor serán los responsables de resguardar la confiabilidad en los procesos de lubricación. Además el supervisor debe presentar ciertas cualidades y habilidades que le permitan desenvolverse de buena forma en su entorno de trabajo, dentro de las, principales se encuentran:

- Tener habilidades blandas.
- Compromiso con su función.
- Tener conocimiento en temas de lubricación y experiencia.
- Tener orden en el control y seguridad de actividades.

2.2.2.1 Función supervisor de Lubricación

El supervisor debe estar encargado de la inspección de todas las tareas de lubricación. Debe coordinar y entregar la ruta de lubricación que debe ejecutar el mecánico lubricador, verificar si existen los recursos para las tareas de lubricación y controlar que estas se ejecuten de buena manera. Específicamente las funciones que debe realizar el supervisor de lubricación son:

- Supervisar las tareas realizadas por el mecánico lubricador.
- Gestionar elementos de lubricación como herramientas mecánicas, de lubricación e insumos respectivos, además controlar el buen uso e inventario de estos.
- Generar dotación extra de acuerdo a la carga de trabajo.
- Programación y ejecución de trabajos de lubricación en detenciones y mantención mayor.
- Según programa predictivo de lubricación, ordenar Instalación de equipo de micro filtrado cuando se estime conveniente.
- Verificar el orden, limpieza del pañol y de sus insumos.
- Cerrar las OM de acuerdo al cumplimiento de la ruta de lubricación de la plataforma SAP.

2.3 Sistema de medición evaluación de desempeño

La evaluación del desempeño es un instrumento que se utiliza para comprobar el grado de cumplimiento de los objetivos propuestos. Permite una medición sistemática u objetiva de la gestión, además de medir el desempeño en las tareas de lubricación.

Este sistema Identifica los tipos de problemas que el personal o área evaluada puedan presentar. Es importante resaltar que se trata de un proceso sistemático, se establece de antemano lo que se va a evaluar y de qué manera se va a realizar, además se limita a un periodo de tiempo establecido que normalmente será de cada 3 meses.

La realización consta de algunos métodos para evaluar el desempeño, dentro de los métodos de evaluación se aplicaran los siguientes:

2.3.1 Evaluación por Objetivos

Este método se basa en evaluar tanto al mecánico lubricador como al supervisor, en la ayuda y el cumplimiento de los objetivos propuestos por la compañía CAP acero, bajo las políticas de: seguridad, producción y medio ambiente. La evaluación de los objetivos propuestos al mecánico lubricador y supervisor pueden ser a diario, mensual o anual.

2.3.2 Indicadores Medición de Desempeño

Resulta imprescindible en cualquier sistema de evaluación de desempeño definir indicadores de cumplimiento, que permitan medir y obtener resultados concretos sobre el estado actual de diversas tareas de lubricación.

Los indicadores de desempeño en las tareas de lubricación pueden ayudar en gran medida a identificar el cumplimiento de la ruta, cumplimiento de estándares del pañol de lubricantes, reporte de detección de fugas y anomalías. Además mide el desempeño de la organización en lo referente a las tareas de lubricación, que representa un elemento crítico para la confiabilidad. Todos ellos están relacionados entre sí y son parte integral del éxito global de una planta. Si el indicador muestra en baja, o permanece bajo del objetivo, entonces se requiere intervenir y tomar acciones correctivas.

Gestión de Trabajo: Evalúa la eficiencia y eficacia de la planificación, programación, ejecución y revisión de las tareas de lubricación de rutina y especiales.

2.3.2.1 El indicador del cumplimiento de las tareas de lubricación

Brinda una visión clara de la eficiencia global de las tareas de lubricación. Prácticamente se mediría como un índice de porcentaje, se calcularía como: el número total de las tareas de lubricación completadas dividido por el número total de las tareas de lubricación programadas en un período de tiempo determinado. Un número bajo puede revelar ineficiencias en los trabajos asociados como: rutas de lubricación, asignación de recursos y disponibilidad de los equipos.

2.3.2.2 El indicador de tareas de lubricación no realizadas

Refleja el número total de las tareas de lubricación que no se han concluido en comparación con el número total programado. Un número alto aquí revela preocupaciones similares a una puntuación baja en el cumplimiento de las tareas de lubricación. Más importante aún, el conjunto de ambos indicadores, le dice a las organizaciones de mantenimiento con qué frecuencia y en qué grado se están cumpliendo los objetivos de lubricación.

2.3.2.3 El indicador de la realización de las tareas pendientes

Se compara con las tareas pendientes existentes por lo cual se llevará un historial cuidadoso para no dejar ninguna tarea sin realizar, cuando se obtiene un bajo porcentaje de realización en un periodo de plazo asignado no más de un mes, quedará en evidencia la ineficiencia y también el poco compromiso del personal de la lubricación.

2.3.3 Almacenamiento y Manejo

Este indicador es un factor importante que permite la aplicación de una lubricación de calidad, los indicadores a medir en este ámbito son: limpieza general del pañol, verificar que los implementos de trabajo sean los apropiados y que se encuentren en buen estado, generar inventario mensualmente de los implementos y

lubricantes almacenados en la bodega. Tal como se define en el capítulo de lubricación basado en confiabilidad ([Anexo VI, Pág. 78](#))

El método de medición a implementar corresponderá a un check-list, y asociado a un estándar de revisión por pañol, procurando que con esta herramienta la medición de las actividades sea más sencilla (Ver Anexo I)

2.3.4 Reportabilidad de detección de fugas y anomalías

El control de detección de fugas y anomalías ([Anexo VII, Pág. 59](#)) consta con un procedimiento de gestión en el cual, al mecánico lubricador se le encomienda la tarea de reportar posibles fugas y anomalías que detecte en la ruta de lubricación, para ello se le solicita un mínimo de reportes mensuales. Los reportes observados por el mecánico lubricador serán informados al supervisor del área, el cual se encarga de levantar la orden de mantenimiento (OM), coordinar con el Jefe de programación los recursos necesarios y buscar la solución para luego cerrar la orden de mantenimiento (OM).

Para medir estas tareas de lubricación se definen objetivos tanto para el mecánico lubricador como para el supervisor del área, los cuales se representaran como un índice de porcentaje de las anomalías detectadas y las resueltas

CAPITULO III

3 SISTEMA DE CONTROL Y MEDICION

Una metodología de control es una herramienta administrativa que bajo mecanismos de medición cuantitativa y cualitativa permitirá guiar las acciones, para que los resultados coincidan o superen los objetivos propuestos los cuales siempre apuntan a resguardar la confiabilidad de los activos.

Es de vital importancia tener control de cada actividad que el mecánico lubricador realice tanto como en la inspección de pañol, rutas de lubricación y detección de anomalía. Actualmente en planta el mecánico lubricador ejecuta las actividades de lubricación de forma autónoma, no dejando ningún registro de las tareas de lubricación realizadas, pudiendo afectar directamente la confiabilidad de los equipos.

Frente a las falencias que existen en la planta con respecto al control de las actividades de lubricación, teniendo presente que obtener confiabilidad es primordial, con todos los retos que esto demanda. Se propone establecer indicadores en sistemas de control para la detección de fugas y anomalías, el cumplimiento del plan de lubricación, además de medir el correcto almacenamiento y manejo de aceite usado. Para la medición de la ejecución de la lubricación, lo ideal es implementar un software de control el cual permita principalmente minimizar problemas potenciales en los equipos, al notificar las tareas no asignadas o tareas no completas. La utilización de este tipo de software organiza los registros, permite generar rutas y programar las tareas de lubricación automáticamente así como también informar quien realiza la actividad, las que se encuentran pendientes y además proporciona un historial de las tareas ejecutadas en tiempo real. Mientras que para el almacenamiento y manejo del lubricante se desea implementar un check-list el cual mediante auditorias proporcione información del estado en que se encuentra el pañol de lubricantes de acuerdo a los estándares establecidos.

3.1 Control

La palabra control proviene del término francés *contrôle* y significa comprobación, inspección, fiscalización o intervención. También puede hacer referencia al dominio, mando y preponderancia, o la regulación sobre un sistema. El control es de vital importancia debido a que establece medidas para corregir las actividades de lubricación, de tal forma mantener la confiabilidad de los equipos.

3.1.1 Sistema de Control

El sistema de control permite revisar las actividades de lubricación, contribuye en el análisis detallado de situaciones fuera del estándar.

El término “control” es una etapa del proceso operativo o administrativo de una organización, el cual compara la relación de éxito entre las acciones realizadas con los resultados esperados conseguidos durante el seguimiento de los objetivos planteados.

El control es una serie de procedimientos que se utilizan para eliminar o corregir defectos que se presenten en la ejecución de las actividades de lubricación, como gestión de tareas realizadas, almacenamiento, manejo de aceite en los paños de lubricación y además reporte de detección de fugas y anomalías. El sistema de control permite observar, dirigir y medir a través de la comparación sistemática de los objetivos previstos con los resultados obtenidos.

3.1.2 Metodologías de control

Las empresas a nivel mundial en los diferentes ámbitos de producción han optado por regir sus diversas actividades productivas y administración de sus recursos bajo las diversas metodologías o filosofías de control existentes en la actualidad, para poder implementar una metodología correcta y que se adecue a la empresa debido a esto deberá pasar un periodo de años para recién comenzar a poner en

marcha esta nueva metodología y así obtener los primeros resultados claros y representativos para los objetivos propuestos .

Dentro de las principales metodologías que se han puesto en práctica en las diferentes empresas encontramos:

3.1.2.1 Método de las 5`S

Las 5`s es un método para crear y mantener un área de trabajo segura, organizada, limpia y productiva, adquiere un protagonismo como herramienta básica del mejoramiento continuo siendo una práctica de la calidad, ideada en Japón referida al “Mantenimiento Integral” de la industria, no sólo de maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos. Se implementa porque coloca la seguridad con un alto valor, crea un ambiente adecuado para el trabajo estandarizado, es un requisito previo para la calidad perfecta, alienta al control visual, ayuda a identificar los desperdicios y promueve la satisfacción de los empleados.

Es denominado método de las 5s por la primera letra del nombre que en japonés designa cada una de sus cinco etapas.

- SEIRI (ordenamiento o clasificación): Eliminar del espacio de trabajo lo que sea inútil.
- SEITON (organizar todo en su lugar): Organizar el espacio de trabajo de forma eficaz
- SEISO (Limpieza): Mejorar el nivel de limpieza de los lugares
- SEIKETSU (estandarizar): Prevenir la aparición de la suciedad y el desorden (Señalizar y repetir) Establecer normas y procedimientos.
- SHITSUKE (mantener disciplina): seguir mejorando e implementar las 4 s anteriores.

Según la lubricación basada en confiabilidad la etapa de aplicar el lubricante es la más importante, porque si se aplica lubricante de forma segura y libre de

contaminación se podrán prevenir una serie de problemas que pueden ocurrir más adelante. Es necesario primero que todo cumplir los estándares de almacenamiento de lubricantes en los pañoles y asegurar que estos se encuentren frescos, limpios y secos. Para esto la aplicación de la filosofía de las 5s es importante porque como el pañol está ordenado y limpio se garantiza que los lubricantes se encuentren exentos de contaminación, además optimiza el tiempo en cada tarea de lubricación, ayuda a enfocarse en tareas que son primordiales y tareas que se realizan a largo plazo.

3.1.2.2 El Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Es una filosofía de mantenimiento que surge en los años 60 en Japón y enfatiza la importancia de implicar al operario en la confiabilidad de la máquina. Garantiza resultados drásticos, transforma visiblemente los lugares de trabajo, eleva el nivel de conocimientos y capacidad de los trabajadores tanto como en producción y mantenimiento.

Los objetivos se resumen en:

- Maximizar la efectividad y productividad del equipo.
- Crear un sentimiento de propiedad en los operarios a través de la formación e implicación.
- Promover la mejora continua a través de actividades de pequeños grupos que incluyen a personal de producción, ingeniería y mantenimiento.

Los pilares aplicados para el desarrollo del T.P.M. en una organización se describen a continuación:

1. Mejora Focalizada: El objetivo principal es eliminar las grandes pérdidas ocasionadas en el proceso productivo, las cuales pueden ser: fallas en los equipos principales y auxiliares, cambios y ajustes no programados, ocio y paradas menores, reducción de velocidad, defectos en el proceso.

2. Mantenimiento autónomo: El objetivo es involucrar al operador respecto de las condiciones de operación, y se basa en el conocimiento que éste posee del equipamiento para detectar a tiempo fallas potenciales o realizar inspecciones preventivas y trabajos de mantenimiento.

3. Mantenimiento Planeado: El objetivo del mantenimiento planificado es el de eliminar los problemas del equipamiento a través de acciones de mejora, prevención y predicción. Para una correcta gestión de las actividades de mantenimiento es necesario contar con bases de información, obtención de conocimiento, capacidad de programación, gestión de tecnologías de mantenimiento y un poder de motivación y coordinación del equipo humano encargado de estas actividades.

4. Mantenimiento de Calidad: Esta clase de mantenimiento tiene como propósito mejorar la calidad del producto reduciendo la variabilidad, mediante el control de las condiciones de los componentes y estado del equipo que tienen directo impacto en las características de calidad del producto.

5. Prevención del Mantenimiento: Busca mantener la óptima operación de los equipos a través de la gestión temprana de los mismos, en la que se valida las condiciones del diseño o del fabricante, que permite corregir o eliminar de raíz pequeños errores, más aún cuando se aplica experiencias anteriores de rediseños u operaciones de montaje.

6. Educación y Entrenamiento: Las habilidades tienen que ver con la correcta forma de interpretar y actuar de acuerdo a las condiciones establecidas para el buen funcionamiento de los procesos. Es el conocimiento adquirido a través de la reflexión y experiencia acumulada en el trabajo diario durante un tiempo.

7. Áreas Administrativas: Tiene como propósito contar con la participación de todos, puede ser individual o en equipo, desde los directivos hasta los operadores de primera línea, constituye un control y mejora de la cultura empresarial que

busca la máxima eficiencia del sistema de producción o de servicio como es el rendimiento global y la formación continua del personal.

8. Medio Ambiente y Seguridad: El número de accidentes crece en proporción al número de pequeñas paradas. Por ese motivo el desarrollo del Mantenimiento Autónomo y una efectiva implementación de las 5S son la base de la seguridad. Sirve como instrumento para eliminar riesgos en los equipos. La formación en habilidades de percepción es la base de la identificación de riesgos ya que el personal formado profundamente en el equipo, asume mayor responsabilidad por su salud y su seguridad.

3.1.3 Teorías de control

En busca de un correcto análisis preventivo y predictivo en el sistema de lubricación, es de importancia determinar las variables físicas del equipo a controlar, que sean indicativas de la condición de la máquina. El objetivo de monitoreo es verificar el estado de salud de la máquina, llevando consigo un registro histórico de los síntomas que presente. Con la comparación de mediciones que tenga el equipo determinaría posibles fallas y así lograr una alerta temprana que permitiría planificar una parada del equipo para corregir el problema.

Existen varias técnicas de control aplicadas al análisis predictivo del sistema entre las cuales tenemos las siguientes

3.1.4 Técnicas de control

3.1.4.1 Inspección visual, acústica, olores y tacto de los componentes accesibles.

El mecánico lubricador al momento de realizar su ruta de lubricación, debe ser capaz de determinar a partir de sus sentidos poder detectar condiciones anormales, ya sea por el tacto, oído, vista e incluso el olfato. Al estar familiarizado

con sus rutas de lubricación y mediante la inspección podrá determinar la existencia de condiciones atípicas, dentro de las cuales se pueden encontrar principalmente las siguientes anomalías:

- VISUAL: Grietas, fisuras, desgates, soldadura de elementos de fijación, cambios de color, derrames, pobre lubricación, contaminación, nivel de aceite y grasas.
- ACÚSTICA: Golpeteos atípicos, desalineamientos, sobre cargas.
- OLORES: Dilución de combustible, olor a quemado y cualquier tipo de Olor inusual.
- TACTO: Si el lubricante se siente pegajoso, pastoso, duro, existencia de lodos, el aumento de temperatura (aunque no es recomendable tocar con las manos superficies calientes).

3.1.4.2 Control de temperatura

El control de la temperatura no se utiliza como técnica de análisis predictivo, pero es muy eficaz si se realiza control de temperatura en diferentes elementos de la máquina y además teniendo un historial de la temperatura en determinado punto, cuya variación siempre indicará algún comportamiento anómalo del equipo.

La temperatura en un lubricante es muy importante de la cual depende su viscosidad y de la mano su poder lubricante. Un aumento excesivo de temperatura hace descender la viscosidad de modo que puede llegar a romperse la película de lubricante. En ese caso se produce un contacto directo entre las superficies en movimiento con el consiguiente aumento del rozamiento y del calor generado por fricción, pudiendo provocar dilataciones y fusiones muy importantes.

Es importante instaurar un sistema de control de temperaturas y asignarlas paralelamente a las rutas de lubricación para obtener tendencias y detectar aumentos de temperatura anormales de componentes móviles con lubricación de

modo de encontrar la causa raíz y generar las medidas correctivas correspondientes y evitar aumentos de deterioro de los equipos.

3.1.4.3 Control de presión (manómetros)

Dependiendo del tipo de equipo es importante confirmar o descartar ciertos defectos, por lo cual el control de presión mediante manómetros dejando registros de estos para evaluar los parámetros normales de operación, la presión del sistema puede indicar una serie de eventos que pueden ser corregidos, como flujos anormales y cañerías obstruidas por ejemplo.

3.1.4.4 Control de niveles de lubricantes y hermeticidad de equipos

Es primordial controlar que los equipos cuenten con la cantidad de lubricante necesario, si un equipo se encuentra con menor nivel del necesario pueden ocurrir una serie de problemas que atentan directamente a la confiabilidad de la máquina, un menor nivel de aceite puede ocasionar un aumento en la temperatura y generando finalmente contacto metal con metal y desgastes acelerados por una disminución de la película lubricante, se debe entender que una de las funciones del lubricante también radica en eliminar el calor de los componentes, de igual forma se debe chequear constantemente la hermeticidad de los componentes, de modo de asegurar que no ingrese contaminación desde el exterior que finalmente puede reducir la vida útil del aceite y del equipo.

3.1.4.5 Residuos depositados

a) Filtros

Debido a la gran cantidad de residuos acumulados en un filtro, es necesario examinar el indicador de variación de presión (delta-P) a través del filtro y además el indicador de derivación (bypass) para confirmar que el filtro esté en condiciones de servicio. Cuando el filtro se obstruye prematuramente pueden generarse problemas asociados a la canalización y roturas por fatiga.

Si es necesario realizar cambios de filtros debe realizarse asegurándose de que no ingrese contaminación.

b) Control de colectores magnéticos

En algunos equipos están instalados filtros magnéticos capaces de eliminar partículas de hierro, estos deben ser revisados con cierta frecuencia y permiten verificar si los mecanismos están generando desgastes o bien si está ingresando laminilla del exterior y poder evaluar la correcta operación de los componentes.

c) Verificar Nivel Grasa de sistemas centralizados y puntos de engrase.

Verificar niveles de lubricante durante la ruta de lubricación que realiza el mecánico lubricador es de vital importancia, el mecánico lubricador debe asegurarse que la mirilla o varilla de nivel estén en buen estado ya que en ambientes muy sucios suele obstruirse fácilmente, provocando una lectura de nivel errada. El encontrar un nivel de grasa anormal dará indicio de que existe una fuga de grasa del equipo poniendo en riesgo la integridad de este, por lo cual debe ser reportado inmediatamente.

Otra de las tareas que se deben controlar, es la condición de los puntos de engrase, los cuales deben encontrarse en buen estado para realizar la tarea de lubricación. Considerando que la grasera esté en perfectas condiciones, que no se encuentre obstruida y el relleno de grasa sea de forma adecuada, verificar que no existe un sobre-engrasado ya que esto puede traer consecuencias como causar elevadas temperaturas de operación, falla prematura del rodamiento e incrementar el riesgo de ingreso de contaminantes. Al encontrar alguna desviación puede ser una señal de algún tipo de anomalía en el equipo, por consiguiente debe ser informado al supervisor para que se levante una orden de mantenimiento y se verifique la anomalía.

3.2 Situación actual de lubricación planta Huachipato

Dentro de la principales falencias presentes en la empresa siderúrgica Aceros CAP, una es el escaso control en las tareas de lubricación, lo cual es alarmante debido a que se sabe de acuerdo a estadísticas, que aproximadamente el 80 % de las fallas son producidas por el mal manejo y aplicación de lubricación a los equipos, lo que puede generar detenciones no programadas y la disminución de la vida útil de los equipos o máquinas e incluso fallas catastróficas, lo que impide garantizar la confiabilidad en el proceso de lubricación.

Los parámetros de gestión de lubricación de la planta presentan falencias evidentes en procedimientos de lubricación, donde no se cuenta con ningún control de las actividades de lubricación como en las rutas de lubricación, donde el mecánico lubricador ejecuta las actividades de lubricación de forma autónoma, no dejando ningún registro de las tareas de lubricación realizadas ni verificando su realización, no existe control en el orden y limpieza del pañol, no se controla la aplicación de la lubricación de acuerdo a los estándares establecido anteriormente.

El no poseer un sistema de control adecuado deja a ciegas el saber si se están realizando o no las actividades de lubricación definidas, afectando directamente a la confiabilidad de los activos. Por otro lado, la base de datos del programa de lubricación presenta falencias respecto a frecuencias y actualización de tareas debido a esto se deben establecer límites a los parámetros operativos que influyen sobre la lubricación como temperaturas, presiones, límites de contaminación, además incorporar procedimientos de aplicación de lubricantes.

3.3 Propuesta de Control

El control es una metodología que se debe llevar a cabo a la perfección, ya que esta metodología dará una visión amplia del comportamiento de las actividades de lubricación, para ello se debe tener como prioridad la organización de todo el personal de lubricación, de esta forma el control será eficiente y brindará frutos considerables.

Debido a las falencias existentes en la planta CAP Acero es necesario implementar estrategias de mejoras para el desarrollo de la gestión de lubricación en la planta, para ello se propone el uso de un software de control y diversos indicadores que permitan medir y controlar las actividades que deben ser ejecutadas por el personal encargado de la lubricación en la planta, de esta manera verificar si el programa de lubricación va en el camino correcto o no, además si el personal está cumpliendo con los objetivos propuestos. Cada procedimiento estipulado en el plan de lubricación debe ser medido, de esta forma se llevará control de todas las actividades de lubricación en la planta desde inspección de pañol, hasta detección de fugas y anomalías.

La finalidad de implementar el control en las actividades de lubricación es la obtención de información ,generando historial de acontecimientos y parámetros de determinados equipos no dejando en el olvido ninguna actividad de lubricación manteniendo un orden estricto de los datos que genere la ruta de lubricación realizada por el mecánico lubricador.

3.4 Herramientas de medición

Se deben realizar mediciones para ir viendo la evolución en el comportamiento de las variables que se desean controlar. Medir es un proceso fundamental para llevar el control a cada una de las actividades de lubricación, de esta forma dar veredictos anticipados de posibles fallas y generar medidas correctivas oportunamente, para ello es necesario implementar herramientas que permitan medir y clarificar si las actividades con objetivos propuestos están en buen camino o no.

Los indicadores deben ser relevantes y específicos para medir el aspecto en particular del programa de lubricación. Son prácticos, de fácil obtención, proporcionan información relevante sobre el desempeño de las actividades de lubricación y están asociados a objetivos o metas propuestas. Estas podrían ser reflejadas en porcentaje, en nivel de limpieza, etc. Con el objetivo fundamental de obtener una fácil comprensión de los registros que deja las actividades de lubricación en la planta, presentando un formato claro, resumido que muestre rendimiento actual e histórico de las actividades y además los objetivos propuestos y parámetros.

Otro aspecto fundamental en la medición es la implementación de un software que recopile y almacene la información de cada una de las actividades de lubricación que se realicen en la planta, facilitando la interpretación del cumplimiento de los objetivos, parámetros propuestos y rendimiento actual e histórico de las actividades de lubricación.

3.4.1 Indicadores de Gestión de Lubricación

Resulta imprescindible en cualquier sistema de evaluación de desempeño definir indicadores de cumplimiento, que permitan medir y obtener resultados concretos sobre el estado actual de diversas tareas de lubricación, a continuación se describen los indicadores que deben implementar para tener una correcta evaluación de los objetivos planteados para la lubricación en planta Huachipato.

3.4.1.1 Medición de Desempeño

En todo proceso de cambio y mejora, y en aquellos que son significativamente importantes para la confiabilidad de la planta, es necesario llevar un seguimiento de las actividades para poder controlar su desempeño. Si se usa apropiadamente, un indicador de desempeño puede trabajar como una brújula para la organización, ayudar a descubrir su comportamiento y guiarlo por la vía adecuada cuando el desempeño está por debajo del estándar. Una vez que la organización ya está logrando su objetivo, los indicadores le ayudan a mantener el camino adecuado.

Los indicadores de desempeño en las tareas de lubricación pueden ayudar en gran medida a identificar el cumplimiento de la ruta, cumplimiento de los estándares de almacenamiento en el pañol, la reportabilidad de detección de fugas y anomalías. Además se mide el desempeño de la organización en lo referente a las tareas de lubricación, qué representa un elemento crítico para la confiabilidad. Todos ellos están relacionados entre sí y son parte integral del éxito global de una planta. Si el indicador aumenta positivamente a favor de su objetivo (meta) o permanece estable encima del objetivo, entonces se encuentra en buen estado o está en la dirección correcta. Si el indicador está en baja, o permanece bajo del objetivo, entonces se requiere intervenir y tomar acciones correctivas necesarias.

3.4.1.2 Gestión de Trabajo

Evalúa la eficiencia y eficacia de la planificación, programación, ejecución y revisión de las tareas de lubricación de rutina y las especiales.

- **El indicador del cumplimiento de las tareas de lubricación**, brinda una visión clara de la eficiencia global de las tareas de lubricación. Prácticamente se mediría como un índice de porcentaje, se calcularía como: el número total de las tareas de lubricación completadas dividido por el número total de las tareas de lubricación programadas en un período de tiempo determinado. Un número bajo puede revelar ineficiencias en los trabajos asociados como: rutas de lubricación, balanceo en la carga de trabajo, asignación de recursos y disponibilidad de los equipos.

CUMPLIMIENTO DE LAS TAREAS DE LUBRICACION	
Frecuencia	Objetivo
Mensual o Semanal	>90%
Definición: $\frac{\# \text{ de tareas de lubricacion completadas (TLC)}}{\# \text{ de tareas de lubricacion programadas (TLP)}} * 100\%$	
Ejemplo: $\left. \begin{array}{l} \text{TLC}=523 \\ \text{TLP}=600 \end{array} \right\} \text{Cumplimiento} = 87\%$	

Tabla N° 14: Cumplimiento de las tareas de lubricación. De acuerdo al objetivo estimado el ejemplo utilizado para cumplimiento de tareas estaría fuera de norma.

- **El indicador de tareas de lubricación no realizadas**, refleja el número total de las tareas de lubricación que no se han concluido en comparación con el número total programado. Un número alto revela preocupaciones similares a una puntuación baja en el cumplimiento de las tareas de lubricación. Más importante aún, el conjunto de ambos indicadores, le dice a las organizaciones de mantenimiento con qué frecuencia y en qué grado se están cumpliendo los objetivos de lubricación. Refleja el número total

de las tareas de lubricación que no se han concluido en comparación con el número de tareas programadas. Ver tabla número 15:

TAREAS DE LUBRICACION NO REALIZADAS	
Frecuencia	Objetivo
Mensual	< 10%
Definición: $\frac{\# \text{ de tareas de lubricacion no realizadas (TLNR)}}{\# \text{ de tareas de lubricacion programadas (TLP)}} * 100\%$	
Ejemplo: $\left. \begin{array}{l} \text{TLNR} = 77 \\ \text{TLPE} = 600 \end{array} \right\} \text{Cumplimiento} = 13\%$	

Tabla N° 15: Tareas de lubricación no realizadas. De acuerdo al objetivo estimado el ejemplo utilizado para tareas no realizadas estaría fuera de norma.

- **El indicador de la realización de las tareas pendientes**, se compara con las tareas pendientes existentes por lo cual se llevara un historial cuidadoso para no dejar ninguna tarea sin realizar, cuando se obtiene un bajo porcentaje de realización en un periodo de plazo asignado no más de un mes, quedará en evidencia la ineficiencia y también el poco compromiso del personal de la lubricación. Ver Tabla N° 16:

TAREAS DE LUBRICACION PENDIENTE	
Frecuencia	Objetivo
Mensual	= 100%
Definición: $\frac{\# \text{ de tareas de lub. pendiente realizada (TLPR)}}{\# \text{ de tareas de lub. pendiente existente (TLPE)}} * 100\%$	
Ejemplo: $\left. \begin{array}{l} \text{TLPR} = 7 \\ \text{TLPE} = 10 \end{array} \right\} \text{Cumplimiento} = 70\%$	

Tabla N°16: Tareas de lubricación pendientes. De acuerdo al objetivo estimado el ejemplo utilizado para tareas pendientes estaría fuera de norma.

- **Reportabilidad de detección de fugas y anomalías:** el control de detección de fugas y anomalías consta con un procedimiento de gestión en el cual, al mecánico lubricador se le encomienda la tarea de reportar posibles fugas y anomalías que detecte en la ruta de lubricación, para ello se le solicita un mínimo de reportes mensuales. Los reportes observados por el mecánico lubricador serán informados al supervisor del área, el cual se encarga de levantar la orden de mantenimiento (OM), coordinar con el Jefe de programación los recursos necesarios y buscar la solución para luego cerrar la orden de mantenimiento (OM).

Para medir estas tareas de lubricación se definen objetivos tanto para el mecánico lubricador como para el supervisor del área, los cuales se representaran como un índice de porcentaje, el cual indicará la efectividad que tiene el personal de lubricación. Ver tabla número 17:

REPORTABILIDAD	
Frecuencia	Objetivo
Mensual	= 100%
Definición:	
$\frac{\# \text{ Reporte solucionado (RS)}}{\# \text{ Reporte generado (RG)}} * 100\%$	
Ejemplo:	
$\left. \begin{matrix} RS=3 \\ RG=4 \end{matrix} \right\} \text{Cumplimiento} = 75\%$	

Tabla N° 17: Reportabilidad de fugas y anomalías. De acuerdo al objetivo estimado el ejemplo utilizado para reportabilidad de fugas y anomalías estaría fuera de norma.

- **Almacenamiento y Manejo de lubricantes:** El almacenamiento y manejo de lubricantes, son incidentes finalmente en la aplicación de lubricantes. Este indicador es factor importante medir en cumplimiento de los estándares definidos, en este ámbito son relevantes: la limpieza general del pañol, si los implementos son apropiados y están buen estado, además

de generar inventario mensualmente de los implementos y lubricantes almacenados en la bodega.

El método de medición a implementar corresponderá a un check-list, y asociado a un estándar de revisión por pañol, procurando que con esta herramienta la medición de las actividades sea más sencilla.

3.4.2 Check list de control de estándares de pañoles de lubricación.

El check list que se desea implementar servirá para llevar el control de cada uno de los requerimientos que deben cumplir los pañoles de planta Aceros CAP con el fin de que el proceso de lubricación se realice con confiabilidad a los estándares establecidos, y detectar las desviaciones que pueden incidir en una inadecuada aplicación de lubricantes.

La ventaja de los check list es que, además de sistematizar las actividades a realizar, una vez rellenos sirven como registro, que podrá ser revisado posteriormente para tener constancia de las actividades que se realizaron en un momento dado.

El Check-list ([Ver Anexo I](#)) debe ser demostrativo sobre en qué estado se encuentra el pañol al momento de ser evaluado, este procedimiento será realizado cada determinado tiempo en los distintos pañoles de la planta de acuerdo al programa establecido ([Ver Anexo II](#)).

Parámetros a evaluar:

a) Seguridad

1. Listado de lubricantes ([Ver Anexo III](#))
2. El pañol cuenta con hojas de seguridad de los productos.
3. Hoja de actividades de contingencia.
4. El pañol cuenta con señalética que indique los peligros y vías de evacuación del área (No fumar, almacenamiento de residuos de aceite usado, extintor).
5. El extintor se encuentra certificado y habilitado para el uso.

b) Almacenamiento correcto

1. Los lubricantes se encuentran debidamente identificados.
2. los lubricantes se encuentran dispuestos en forma vertical en su ubicación determinada.
3. Los tambores cuentan con filtro de venteo en buenas condiciones.
4. Cada tambor cuenta con una bomba trasvasije única.
5. Existe un elemento de trasvasije por tipo de lubricante.
6. Los elementos de trasvasije se encuentran debidamente rotulados.
7. Los elementos de trasvasije se encuentran libres de contaminación externa.
8. Se encuentra el listado de stock mínimo establecido de lubricantes.
9. El pañol cuenta con el stock mínimo establecido de lubricantes ([Ver Anexo III](#)).

c) Condición de pañol

1. El pañol se encuentra limpio y ordenado.
2. El pañol cuenta con la iluminación adecuada.
3. El pañol cuenta con una ventilación adecuada.
4. El piso se encuentra en buen estado, demarcaciones y estado de pintura de piso.
5. La canaleta de desagüe se encuentra limpia y libre de residuos de aceite.

Se realizará control de pañoles de las siguientes áreas productivas:

- Planta Coque
- Alto horno
- Combustible
- Acería
- Colada continua
- LBR
- LBT
- Grúas puente
- M.Y.R.E

3.4.3 Software de Control

De acuerdo a los nuevos tiempos y tecnologías de la información, el uso de software de control son muy utilizados para obtener información de la ejecución de tareas, un software es una herramienta que ayuda a ordenar y contabilizar tareas y procesos, de no ser bien utilizada de buena forma se convertirá en un obstáculo para la realización de las tareas de lubricación. Es por ello que se debe saber exactamente cuál es su objetivo y sus funciones, ya que como cualquier herramienta se puede volver obsoleta. Sabiendo que el software se puede implementar en distintas áreas para las cuales se debe tener presente la característica y condiciones de las actividades de lubricación asociados a los equipos existentes, trabajo a realizar, lapso de tiempo y cantidad de actividades.

La puesta en marcha de un Software siempre traerá consigo la implementación de una eficaz modificación de las funciones de mantenimiento generando nuevas y buenas prácticas. Lo ideal es que en un primer momento no modifique demasiado los procedimientos pero ayude a precisarlos.

Considerando las falencias que existen en la planta en temas de gestión de lubricación, se propone la implementación de un software de control que cumpla con dichas falencias. Las características principales que se obtienen mediante el implante de un software de control son:

- Planificación y organización de las intervenciones:
- Preventivas (sistemático, predictivo).
- Correctivas (arreglos, reparación).
- Tratamiento de urgencias y cargas de trabajo.
- Ordenes de trabajo, lanzamiento.
- Preparación y programación de trabajos.
- Control de trabajos terminados.
- Histórico de equipos.
- Análisis estadístico de fallos y operaciones de Mantenimiento

A continuación se describen algunos softwares del mercado que podrían ser utilizados en la gestión de lubricación de planta Huachipato.

3.4.3.1 SKF Lubrication Planner



La herramienta SKF Lubrication Planner ha sido creada para ayudar en la tarea de planificación de la lubricación, salvando así la distancia entre la necesidad de una plataforma de software y la planificación mediante una simple hoja de cálculo.

Características básicas

- Ayuda a crear un esquema completo de los puntos de lubricación de una aplicación determinada mediante una hoja de cálculo de MS Excel
- Registra las últimas 500 tareas de lubricación para cada punto, dejando un historial.
- Se puede añadir cualquier lubricante a la base de datos.
- La base de datos permite hacer copias de seguridad, restaurarla o compartirla para evitar perder información valiosa.
- Los puntos en la ruta de lubricación se actualizan en línea.
- Se puede cerrar una ruta de forma parcial.
- Los usuarios registrados en www.skf.com obtienen licencia gratuita.

Ventajas de aplicar SKF Lubrication Planner

- Permite minimizar los errores humanos.
- Transforma el conocimiento del personal experto en lubricación en información explícita y precisa, almacenada de modo seguro, gestionado y disponible para todo el equipo de lubricación.
- Permite gestionar rutas de relubricación flexibles, en lugar de fijas. Esto significa que cuando sucede un cambio en los parámetros de un punto de lubricación determinado, no hay necesidad de actualizar ninguna ruta de lubricación, ya que se generan de forma flexible.
- Otra ventaja de las rutas flexibles es que cada punto de lubricación se trata individualmente. Esto significa que las rutas de lubricación siempre se pueden finalizar aunque no se hayan realizado todas las tareas. Las tareas que no se lleven a cabo aparecerán automáticamente en las listas de tareas nuevas la próxima vez que se inicie el sistema.
- La posibilidad de “desactivar” un punto determinado, junto con el programa de rutas flexibles, evita que existan tareas de lubricación falsas en las rutas.



Imagen N° 17: Lista de tareas de lubricación ingresadas software SKF Lubrication Planner

3.4.3.2 Mobil Lubepplus



Es un software diseñado por Empresas COPEC, para la gestión de lubricación de una Planta Industrial. Su desarrollo es principalmente en base al conocimiento de lubricantes según aplicaciones y a la experiencia de sus servicios de Outsourcing especializados en lubricación. El cual administra el programa maestro de lubricación de una planta industrial. Es un software amigable que permite entregar reportabilidad de las actividades en línea y genera responsabilidades en la ejecución de las tareas a quien las realiza, el sistema de trabajo consiste en un plan maestro de lubricación el cual semanalmente entrega las rutas asignadas a los diferentes mecánicos lubricadores, los cuales a través de un dispositivo PDA o Tablet manejan la ruta asignada y reportan su cumplimiento a medida que se ejecutan las tareas.

Características

- Planifica las actividades a realizar, según requerimientos de cada planta.
- Obtiene información de todo el plan de lubricación de forma rápida y sencilla.
- Genera historial de las actividades ejecutadas, las cuales son almacenadas y respaldadas en un servidor.
- Genera reportes de volumen por el tiempo que se requiera, para generación de informes.
- Identifica las actividades pendientes que no se ejecutaron.
- Modifica y actualiza la información en la base, por cambio de equipos, lubricantes, etc.
- Descarga la información en formato Excel para un mejor manejo de la información.

Ventajas de aplicar Mobil Lubepius

- Fácil de utilizar, amigable con el usuario.
- No necesita ser instalado en los ordenadores.
- No requiere Licencias ni actualizaciones de éstas.
- La carga de la base de datos es notablemente rápida, ya que se puede hacer en forma masiva.
- Permite planificar las rutas según requerimientos de cada planta, dando flexibilidad por rotación de personal en las áreas.
- Permite crear rutas para programación de detenciones y en servicio normal de operación.
- Permite ingresar la totalidad de los puntos que correspondan lubricar.
- Cuenta con una aplicación para computadores portátiles PDA, reemplazando el almacenamiento de las hojas impresas, aplicando la tecnología actual.
- Permite generar reportes inalterables de cumplimiento de ruta y utilización de lubricante

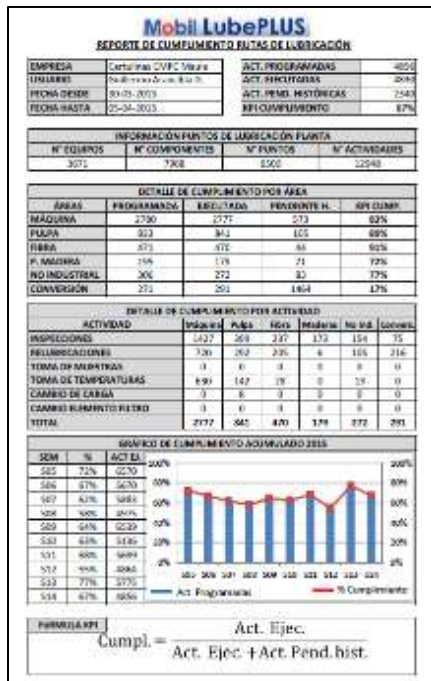


Imagen N° 18: Actividades realizadas mediante el uso del software Lubepus (Adjunto en anexo V, pág. N° 141)

Lo interesante que presenta Lubepus es su reportabilidad, según se muestra en la Imagen N° 18, exhibe el cumplimiento de plan maestro de lubricación contemplando un indicador de las actividades desarrolladas frente a las programadas además se contemplan las actividades pendientes históricas que no se han ejecutado, con esto se mantiene bajo control el total del cumplimiento del programa establecido, además este software permite reportar condiciones de anomalías detectadas en la ruta quedando establecidas en la base de datos del software dando solución a estas, siendo visible para todos los usuarios.

Este software cuenta con diferentes perfiles los cuales tienen asignadas atribuciones distintas, en el caso de los mecánicos lubricadores solo pueden informar cumplimientos de ruta y la supervisión puede crear planes de lubricación y crear nuevos áreas y componentes.

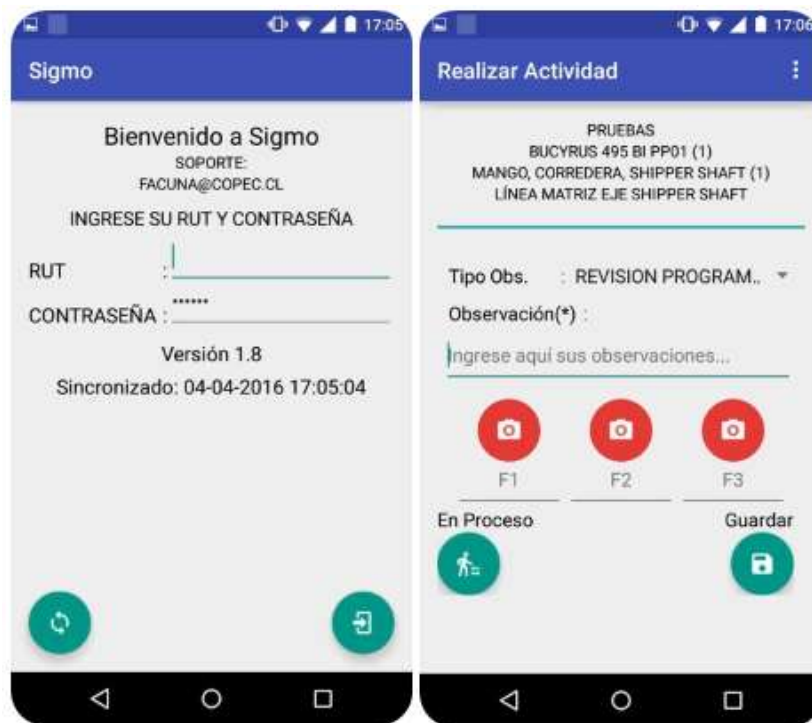
3.4.3.3 SIGMO



El significado de sus siglas es “Sistema Integrado de Gestión en Mantenimiento y Operación”. Es un software diseñado por Empresas COPEC, para la gestión de lubricación de la planta mediante una plataforma web y de aplicación móvil, orientada el control de la lubricación en su totalidad en operaciones y servicios entregados al cliente, SIGMO es la evolución de Lubepius con características más amigables y moderno, presenta varias ventajas en su desarrollo y potencialidad de uso en el control de actividades.

Características:

- Rescata información directamente de terreno en tiempo real
- Minimiza actividades administrativas de personal operativo
- Entrega confiabilidad a los servicios realizados en clientes industriales
- Incorpora el proceso de planificación previa a las actividades de cada servicio
- Genera base de datos e indicadores de gestión respecto de los servicios en terreno
- Genera reportabilidad a clientes internos y externos
- Incorpora nivel de supervisión remota, que permite orientar y corregir la operación en tiempo real
- Comunica a las distintas áreas de operación el traspaso de oportunidades
- Incorpora transversalmente unidades de gestión como Seguridad, Capacitación
- Se puede manejar a través de una aplicación para Smartphone.



IDM	ID	QT	EQUIPO	COMPONENTE	ACTIVIDAD	APP	DETALLE	PLANIFICADA	ESTADO	REALIZADA	OBSERVACION	IMG
9860	14370	0	PA 14	COMPRESOR	INSPECCIONAR DUCTO DE LUBRICACIÓN	INSPECCIONAR DUCTO DE LUBRICACIÓN DE AIRE DEL COMPRESOR	LÍNEAS SIN RUGA	01-05-2016	REALIZADA ADELANTO POR OPORTUNIDAD	01-05-2016 19:12:28 (MILASTARRIA)	SISTEMA COMPRESOR 1 OK SE RELLENA CON 4 LITRO DE ACEITE BARUS 10 24 FALTA INSTALAR DUCTO	
9875	14388	0	PA 14	CORREDERA	LIMPIEZA DEL AREA	VERIFICAR LIMPIEZA DEL SECTOR.	LIMPIAR ÁREA SI CORRESPONDE	01-05-2016	REALIZADA ADELANTO POR OPORTUNIDAD	01-05-2016 19:07:22 (MILASTARRIA)	PROGRAMAR LIMPIEZA	
9877	14387	0	PA 14	CORREDERA	INSPECCIONAR LUBRICACIÓN	INSPECCIONAR LUBRICACIÓN DE LAS PLACAS DE DESGASTE VERTICAL Y LATERAL DE LA CORREDERA	LUBRICACIÓN VISIBLE EN TODO EL SECTOR	01-05-2016	REALIZADA ADELANTO POR OPORTUNIDAD	01-05-2016 19:06:40 (MILASTARRIA)	SISTEMA OK	
9876	14388	0	PA 14	CORREDERA	CHEQUEAR FUNCIONAMIENTO	INSPECCIONAR FUNCIONAMIENTO	CONJUNTO DE INYECTORES DEBEN FUNCIONAR CORRECTAMENTE.	01-05-2016	REALIZADA ADELANTO	01-05-2016 19:05:31	SISTEMA OK	

Imagen N° 19 y 20: Actividades realizadas mediante el uso del software SIGMO

El sistema SIGMO permite tener un control absoluto de una lubricación de clase mundial, utilizando las nuevas tecnologías; su ventaja primordial es la reportabilidad de condiciones y el almacenamiento de información, el mecánico lubricador realiza su ruta definida en un dispositivo smartphone donde registra la actividad en tiempo real, además le permite levantar inmediatamente condiciones de fugas o anomalías y reportarlas de manera fácil permitiendo adjuntar fotografías quedando registros de condición abierta hasta su reparación, de igual

forma se pueden adjuntar condiciones insegura de trabajos, actividades de seguridad, control de inventario por ejemplo, la alimentación de información en tiempo real genera un importante ahorro en gestión de tiempo y trabajos administrativos.

3.5 Propuesta de lubricación planta Huachipato

La lubricación basada en la confiabilidad contempla el desarrollo de actividades de ejecución e inspección que permiten mantener el control de todos los parámetros que inciden en la lubricación asegurando la confiabilidad de los activos.

La condición actual de planta Huachipato no permite realizar un control estricto de todos los parámetros que inciden en una lubricación de clase mundial y además presenta un escaso respaldo de información en el estudio de los equipos presentes en la planta, los cuales permitan anticiparse a las posibles fallas y tomar medidas correctivas a tiempo, es por ello que se propone implementar una estructura de personal de lubricación planta, exclusivamente dedicado a la lubricación, en conjunto a nuevas herramientas adecuadas que controlen cada una de las actividades de lubricación.

En lo que respecta a la estructura del personal de lubricación se considera la presentación del servicio en jornada diurna de Lunes a Sábado, donde la mayoría de la dotación trabajará en jornada 5x2 y un equipo de trabajo rotativo en jornada 6x1. Este equipo rotativo estará compuesto por un 1 Supervisor y 2 Lubricadores por cada área para cubrir emergencias. Para las emergencias generadas fuera de la jornada ordinaria y tiempo extraordinario, se debe mantener personal disponible para acudir a la planta.

Para ello se define un organigrama que señala la dotación de personal para las diversas áreas de la planta CAP acero. Basándose en el cálculo de personal requerido para realizar tareas de ejecución de lubricación menor y tareas de control de equipos, considerando de igual forma la supervisión requerida.

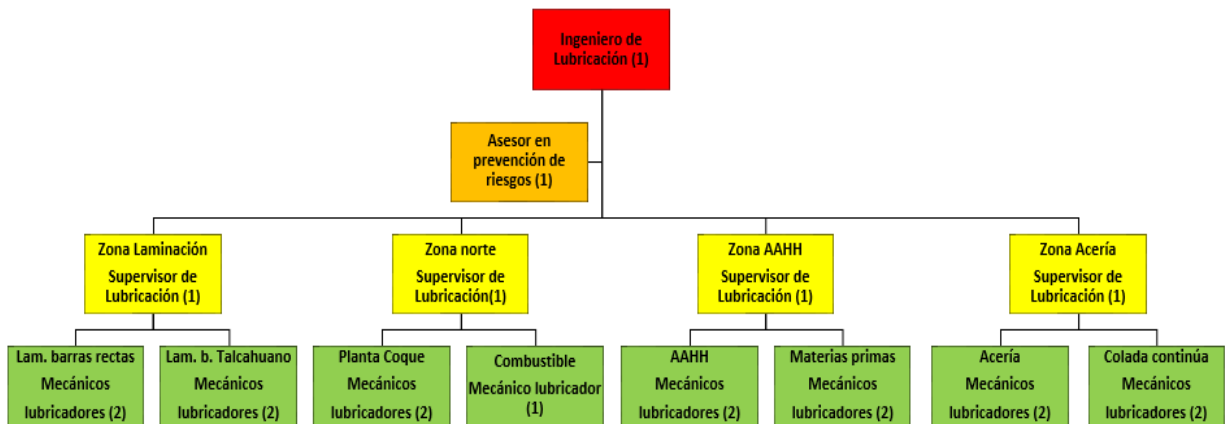


Imagen N° 21: Organigrama de dotación de personal propuesto para Cap Acero

La lubricación basada en confiabilidad no se basa solamente en tener la dotación correcta de mecánicos lubricadores y supervisores, además deben saber que actividad desempeñan y cuál es la forma adecuada de realizar las actividades de lubricación, para ello el personal de lubricación debe contar con las capacitaciones correspondientes definidas gradualmente.

- Conocimiento de Lubricación (Duración 4 Hrs.)
- Conocimiento de Lubricantes (Duración 4 Hrs.)
- Seguridad (Duración 2 Hrs.)
- Lubricación de Clase Mundial (Duración 2 Hrs.)
- Lubricación Basada en Confiabilidad (Duración 3 Hrs.)
- Lubricación de componentes equipos: Rodamientos, Reductores. (Duración 2 Hrs.)
- Lubricación de precisión Rodamientos (Duración 2 Hrs.)
- Análisis visual de contaminantes en aceite. (Duración 1 Hrs.)

La principal herramienta de medición para obtener control es implementar un software, que brinde a los usuarios claridad sobre las actividades de lubricación que se realicen. Para la recopilación de información y como complemento del

software, el mecánico lubricador debe tener en su mando un dispositivo portátil ya sea una PDA, Palm, o cualquier dispositivo que disponga para cargar el software deseado, con el objetivo de obtener Información directamente de terreno en tiempo real, de esta forma generar reportabilidad automática, tales como el cumplimiento de la ruta, consumo mensual de lubricante, informe de gestión mensual y detección de fugas o anomalías. En otro aspecto incorporar nivel de supervisión remota, que permite orientar y corregir la operación en tiempo real. El software ayuda además en minimizar actividades administrativas de personal, planifica previamente las rutas que debe realizar el mecánico lubricador, proporciona un historial, base de datos e indicadores de gestión respecto las actividades realizadas en terreno y como principal aporte entregar confiabilidad por cada actividad que se realice.

El software que cumple con las expectativas para el programa maestro de lubricación es el SIGMO, primeramente porque es un software más amigable y fácil de utilizar frente a *Lube Plus* y *SKF Lubrication Planner*. Tiene ventajas como, rescata información directamente de terreno permitiendo tener la base de datos actualizada en tiempo real gracias a la conexión vía internet, puede almacenar procedimientos detallado de las tareas de lubricación, tiene la capacidad de emitir o almacenar información de seguridad, registra el consumo de lubricantes y además reporta la detección de fugas y anomalías que se encuentren en la ruta en tiempo real de esta forma el supervisor se entera al instante de la anomalía que se presente, además permite ingresar datos como temperaturas y evaluar tendencias y planes de acción de mejoras.

El software va de la mano con otras medidas de control las que tienen que ver con el desempeño de las actividades de lubricación e indican si el programa de lubricación va por el camino correcto, estos son los indicadores de gestión para las tareas de lubricación y el checklist para verificar el cumplimiento del estado de cada uno de los pañoles, de esta forma reguardar que los lubricante presentes en

el pañol no se contaminen, y controlar que la cantidad de lubricantes sea la que establece el plan de lubricación.

Todo ello controla cada una de las actividades de lubricación, permitiendo reportar anomalías, fugas de lubricantes y condiciones subestándar con anticipación, puntualmente se controlará en la ruta de lubricación diaria, la temperatura de los equipos, inspección a líneas de presión y unidades hidráulicas y además inspeccionar niveles de los equipos, todo esto con el fin de realizar un seguimiento y evaluación al estado de todos los equipos medidos, que permita determinar la condición del equipo.

La finalidad de implementar el control en las actividades de lubricación es la obtención de información, generando historial de acontecimientos y parámetros de determinados equipos no dejando en el olvido ninguna actividad de lubricación manteniendo un orden estricto de los datos que generen tanto de la ruta de lubricación, las inspecciones de pañol y reportes de anomalías realizada por el equipo de lubricación.

Capítulo IV

4 MEJORA CONTINUA

Un sistema siempre tiene que estar en constante evolución de acuerdo avanza los mercados, siempre hay que tener presente el concepto de eficiencia, la correcta lubricación de una planta permite generar importantes ahorros que al final aportan a la empresa a ser más competitivos y obtener mejores resultados. La lubricación basada en confiabilidad en sus niveles define claramente, las acciones básicas que se deben realizar para tener éxito, con la gestión necesaria, como se deben controlar los procesos y finalmente como se deben medir y afrontar las desviaciones que se pueden presentar frente a los objetivos planteados. Una vez que un sistema de lubricación está en camino a la excelencia, siempre se debe evaluar que mejoras se pueden realizar buscando siempre la eficiencia. El objetivo principal de estar en constante mejoramiento, es mantener la confiabilidad de nuestros activos en la empresa evitando que estos fallen y a la vez aumentar la productividad de la planta.

Conceptos como evolución, cambio constante, competitividad permiten a las organizaciones mantenerse activas, por ende es necesario en la industria innovar en productos y planes de mantención que permitan generar confiabilidad de los activos a menores costos.

En el ámbito de la lubricación la mejora continua se enfoca específicamente en implementar acciones que permitan mejorar el rendimiento de los equipos y generar confiabilidad, la implementación de mejora continua en lubricación requiere contar con personal altamente especializado ya que mejorar el rendimiento de los equipos contempla decisiones de gran nivel técnico, las medidas de mejora continua apunta a generar ahorros y confiabilidad en dos focos principales, el primero es el uso de nuevas tecnologías de lubricantes, a medida que evolucionan los equipos y componentes, los lubricantes igual lo hacen, lubricantes de tecnologías sintéticas permiten aumentar periodos de cambio,

trabajan sin problemas en aplicaciones de alta temperatura e incluso pueden disminuir el consumo de energía, el otro foco apunta a acciones específicas de equipos donde se requiere un desarrollo de ingeniería para mejorar la condición de lubricación, mejoras de control de contaminación y la instalación de alternativas centralizadas para la aplicación de lubricante, también se considera el desarrollo de ingeniería para el monitoreo de lubricación de equipos críticos a través de sensores en sistema de monitoreo continuo y alarmas de detención y avisos en caso de anomalías.

A continuación se describen una serie de metodologías que se pueden adoptar como conceptos de mejora continua, los enfoques que se desean implementar de esta materia y se establecen desarrollos de mejora de condición de lubricación de equipos críticos de planta.

4.1 Metodologías de mejora continua

En la actualidad existe varias metodologías de mejora continua que se han establecido en industria de mayor éxito a nivel mundial con el fin de mejorar los procesos a mediano o largo plazo, si bien la lubricación basada en confiabilidad establece sistemas de mejora continua específicos según se establece en la introducción del capítulo, es bueno conocer que sistemas se emplean en la actualidad y tomar de ellos criterios que puedan aportar al desarrollo de mejoras de la lubricación en planta.

4.4.1 Fundación Europea para la Gestión de la Calidad (EFQM)

Asume su papel como clave en el incremento de la eficacia y la eficiencia de las organizaciones, reforzando la Calidad en todos los aspectos de sus actividades, así como estimulando y asistiendo el desarrollo de la mejora de la Calidad.

Enfoque: En determinados agentes facilitadores de la organización y en los resultados.

Elementos de retroalimentación:

- Enfoque
- Estrategia
- Despliegue
- Evaluación y revisión

Beneficios: Aprender de sus puntos fuertes y débiles. Aprender acerca del concepto y de lo que implica la “excelencia” para la organización y su trayectoria. Proporciona un planteamiento muy estructurado con base en datos que permite identificar y evaluar los puntos fuertes y las áreas de mejoría. Comparación con otras organizaciones, de naturaleza similar o distinta, mediante conjuntos de criterios aceptados.

4.1.2 Deming

Crea un sistema organizativo que fomenta la cooperación interna y externa así como el control estadístico, en la resolución de problemas y en perfeccionamiento o mejora continua de aprendizaje que facilite la implementación de prácticas de gestión de procesos.

Enfoque: En el control estadístico, en la resolución de problemas y en perfeccionamiento o mejora continua.

Elementos de retroalimentación:

- Planificar
- Hacer
- Chequear
- Actuar

Beneficios: Gestión de la rutina diario y/o equipo. Gestión de proyectos. Desarrollo del recurso humano, de nuevos productos y pruebas de proceso.

4.1.3 Kaizen

Busca cambiar para mejorar continuamente la vida personal, familiar, social y de trabajo, es decir un mejoramiento continuo que involucra a todos gerentes y trabajadores por igual. Bajo la premisa de que no habrá ningún proceso si se continúan haciendo las cosas de la misma manera.

Enfoque: Es una cultura relativamente informal de mejora continua.

Elementos de retroalimentación:

- Organización
- Orden
- Limpieza
- Control visual
- Disciplina y hábito

Beneficios: Aumento de la productividad. Reducción del espacio utilizado. Mejoras en la calidad de los productos. Reducción del inventario en proceso. Reducción del tiempo de fabricación. Mejora el manejo y control de la producción. Reducción de costos de producción. Mejora el clima organizacional. Aclara roles.

4.1.4 Los 7 pasos

Se enfoca en formar equipos de trabajo para concientizarlos acerca de los problemas de calidad y productividad con el fin de buscar soluciones efectivas. A las mismas se ha de hacer un seguimiento para reforzarlas y crear así un nuevo ciclo de mejoramiento.

Enfoque: El estudio, análisis y soluciones de problemas.

Elementos de retroalimentación:

- Seleccionar
- Cuantificar
- Analizar
- Definir
- Solucionar

Beneficios: Se concentra el esfuerzo en ámbitos organizativos y de procedimientos puntuales. Consiguen mejoras en un corto plazo y resultados visibles. Si existe reducción de productos defectuosos, trae como consecuencia una reducción en los costos, como resultado de un consumo menor de materias primas. Incrementa la productividad y dirige a la organización hacia la competitividad, lo cual es de vital importancia para las actuales organizaciones.

4.1.5 Seis-sigma

Tiene como objetivo conocer y comprender los procesos con la opción que puedan ser modificados al punto de reducir el desperdicio u errores generados en ellos enfocándose en la producción con mínimos defectos. Lo cual se verá reflejado, en la reducción de los costos de hacer las cosas y a su vez le permitirá asegurar que el precio de los productos o servicios sean competitivos en el mercado.

Enfoque: Conceptualiza el problema y analiza desde varios puntos de vista para conocer hacia donde van a ir dirigidos los objetivos.

Elementos de retroalimentación:

- Definir
- Medir
- Analizar
- Mejorar
- Controlar

Beneficios: Mejorar la visión de la administración de las actividades, calidad y costos. Mejorar el entendimiento y la apreciación de la capacidad de servicio. Proveer un nivel más acertado de las expectativas de los clientes. Reducción de tiempo de ciclo y residuos. Resolución sistemática de problemas. Motivación de los empleados. Análisis de los datos antes de la toma de decisiones. Reducciones de los incidentes. Desarrollar habilidades de liderazgo.

4.1.6 Philip Crosby

Busca crear una cultura administrativa para enfatizar que todos los miembros de la empresa entiendan la responsabilidad personal en las actividades desarrolladas para el funcionamiento de esta.

Enfoque: La calidad empieza en la personas no en las cosas.

Elementos de retroalimentación:

- La definición
- El sistema
- La estandarización del desempeño
- La medición

Beneficios: Se toma en cuenta al personal administrativo y de servicios sin distinciones. Concientiza a todo el personal acerca de la calidad y lo que cuesta no tenerla. Implementa el programa “Cero Defectos por un día”. Establece metas específicas y cuantificables. Reconoce a aquellos que alcancen las metas o hagan actos sobresalientes.

4.2 Enfoque de mejora continua en lubricación basada en confiabilidad.

Como se ha descrito, la metodología lubricación basada en confiabilidad busca el desarrollo específico de mejoras, ya que los estándares de operación se definen de buena forma, el enfoque central se realiza bajo el concepto de pruebas de tecnologías de nuevos lubricantes que en su medida puedan mejorar el

rendimiento de los equipos, enfocándose en reducir costos de operación, muchas veces el costo de lubricantes de mejor tecnología es mayor en un inicio, sin embargo se ven importantes ahorros por extensión de vida útil de lubricantes y componentes reduciendo costos de mantención a mediano plazo y reduciendo en algunos casos incluso el consumo de energía asociado a una disminución de temperatura generada por la disminución de la fricción fluida generada en el lubricante que siempre es bueno para el componente, De igual forma a través de análisis de aceite se pueden encontrar deficiencias en la lubricación, permitiendo mejorar en tipo de lubricante atacando posibles problemas existentes, tan bien la mejora continua busca el desarrollo de proyectos de lubricación para atacar problemas específicos de aplicación y control de signos vitales de los equipos además de actividades que permitan el control de la contaminación, el principal problema de los lubricantes.

4.2.1 Prueba de lubricantes de mejor tecnología

La elección de lubricantes en primera instancia se debe regir por las recomendaciones del fabricante, en el caso de no tener referencias se deben realizar cálculos de lubricación para determinar cuál es el lubricante adecuado en la aplicación, para realizar esto se requiere un alto nivel técnico, como comentario, el fabricante establece dentro de sus especificaciones la calidad mínima que el lubricante debe tener, asegurando la confiabilidad del equipo, sin embargo a medida que avanzan las tecnologías los lubricantes también van evolucionando, permitiendo lograr importantes beneficios en rendimientos y durabilidad de los componentes, cabe destacar que la mayoría de los equipos utilizados en planta Huachipato tienen varios años de uso, la aplicación de lubricantes de mejores tecnologías permitirían aumentar la vida útil de estos siempre y cuando se trabaje con seriedad en el control de la contaminación.

Al elegir el producto errado se puede generar un aumento en el consumo de energía y además un desgaste de mecanismo por fricción, lo que puede llegar a

producir una pérdida de potencia, aumento del consumo, paradas no programadas, disminución de la vida útil del aceite, entre otras.

Siempre que se vaya a seleccionar el aceite para un equipo se debe tener presente las especificaciones definidas por el fabricante. Para seleccionar los lubricantes adecuados es necesario tener en cuenta los siguientes pasos:

- Consultar en el catálogo del fabricante del equipo. las recomendaciones del aceite a utilizar.
- Selección del grado ISO del aceite requerido a la temperatura de operación en el equipo.

Para dejar claro a que se refiere el cambio de lubricantes de nuevas tecnologías se deben definir primero que todo cuales son las bases lubricantes de las cuales están fabricados, existen 5 familias de lubricantes en donde los primeros 3 grupos corresponden a lubricantes minerales generados a partir de la destilación del petróleo crudo, refinados para mejor desempeño y mejorados con un paquete de aditivos según la aplicación para los cuales están diseñados, los grupos 4 y 5 corresponden a aceites procesados a base de síntesis química en reactores , obteniendo aceites base de gran calidad y de un sin número de propiedades y beneficios, a continuación se describen de forma general estos dos tipos de grupos de lubricantes.

4.2.1.1 Lubricante Mineral

El mineral, está formado por una base obtenida directamente de la destilación del petróleo, a lo que se suman una serie de aditivos que le confieren propiedades que aportan a la mejoría de sus prestaciones de acuerdo a la aplicación que se requiere, en esto diferenciamos, aceites de turbina, fluidos hidráulicos, aceite de motor, aceite de compresores, aceite para engranajes entre otros.

Si bien los aceite cumplen y satisfacen los requerimientos de los equipos, presentan una serie de limitaciones frente alguna aplicaciones más exigentes si se

los compara con los aceites sintéticos, bajo condiciones de temperatura se acidifican y producen oxidación de aceite y favorecen la formación de herrumbre en los componentes, y se ve reducida su vida útil en la lubricación con respecto a un lubricante sintético.

4.2.1.2 Lubricante Sintético

Los lubricantes sintéticos son una sustancia creada a medida en laboratorio a partir de una base mineral o bien en base a alcoholes, con lo que se obtiene un producto de mayor calidad y rendimiento mejorando su durabilidad y evitando los problemas que se generan en lubricantes minerales.

Ofrecen excelentes propiedades lubricación tanto a altas como a bajas temperaturas, incluyendo una mayor protección de los componentes en estas condiciones, la película de lubricidad es homogénea disminuyendo las fricciones entre las partículas del lubricante y además al tener mayor utilidad su consumo será menor.

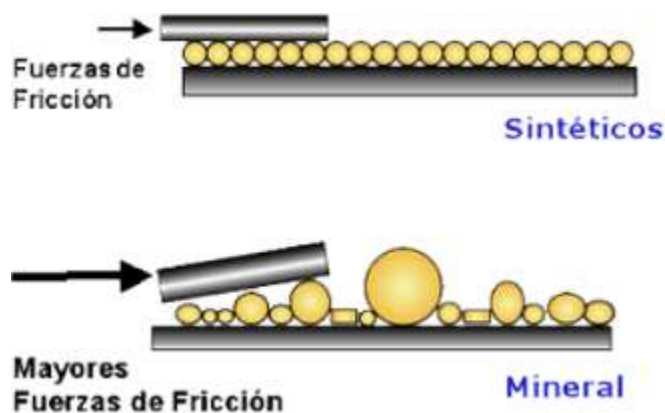


Imagen N°22: Ilustración comparativa entre un lubricante sintético y uno mineral

Cuadro Comparativo de Lubricantes

LUBRICANTE MINERAL	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Barato.	No sirve para altas temperaturas.
Compatibilidad con los sellos.	Se crean barnices a temperaturas elevadas.
	Genera sedimentos.
	Partículas heterogéneas, produciendo fricción entre estas.

Tabla N°18: Ventaja y desventaja lubricante mineral

LUBRICANTE SINTETICO	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
Mayor punto de inflamación	Alto costo, 2 veces el valor del aceite mineral
Estabilidad de oxidación	Toxicidad
Menor fricción de partícula	Es difícil mantener algunos aditivos disueltos
Alta resistencia al corte	Incompatibilidad con sellos
Detergencia natural	Estabilidad electrolítica
Alto índice de viscosidad	No mezclabilidad con otros fluidos
Estabilidad térmica	
Menor punto de fluidez	

Tabla N° 19: Ventajas y desventajas lubricante sintético

4.2.2 Protocolos de prueba

Un protocolo de prueba establece una relación comparativa entre el lubricante o elemento utilizado actualmente con el propuesto, comparando el desempeño de productos de especificaciones técnicas similares o mejoradas en un periodo determinado.

A continuación se describen diferentes protocolos de pruebas:

4.2.2.1 Protocolo de prueba con nuevos lubricantes y tecnologías aceites sintéticos

1. Comparación teórica y técnica, verificar que el aceite tenga propiedades específicas iguales o mejoradas que permitan obtener un mejor comportamiento en su aplicación.
2. Hacer una limpieza general de los componentes del equipo.
3. Cargar el equipo con el lubricante nuevo de nueva tecnología.
4. Evaluación mediante análisis de aceite, cada 3 meses para ver la evolución del lubricante.
5. Inducir el proceso de compra.

4.2.2.2 Protocolo de pruebas con filtros alternativos

1. Comparación teórica y técnica, verificar que el filtro tenga propiedades específicas similares o propiedades mejoradas, para tener un mejor comportamiento en la aplicación.
2. Hacer limpieza del cárter o estanque y componentes generales del equipo.
3. Instalar filtro alternativo seleccionado.
4. Evaluación mediante análisis de aceite cada 3 meses para ver la evolución del lubricante.
5. Inducir el proceso de compra.

4.2.2.3 Protocolo de pruebas de grasas

1. Comparación teórica y técnica, verificar que la grasa tenga propiedades específicas iguales o mejoradas que permitan obtener un mejor comportamiento en su aplicación.
2. Hacer una limpieza general de los componentes del equipo.
3. Cargar el equipo con el lubricante de mejor tecnología, con la cantidad precisa especificada.
4. Verificar constantemente las variaciones de signos vitales de la máquina, de esta forma decidir si la grasa es adecuada o no.

4.3 Caso Práctico Mejora Continua ventilador KKK

Dentro de la mejora continua se proponen bases técnicas requeridas para la lubricación centralizada de los descansos del ventilador KKK en el sector acería en Planta “CAP Acero”. Es considerado un equipo crítico en la planta, el cual realiza la función de absorber todos los gases de la acería especialmente los del convertidor los cuales tienen una gran cantidad de material particulado, estos gases pasan por un lavador de aire, luego pasan por el ventilador KKK para ser eliminados a la atmosfera.

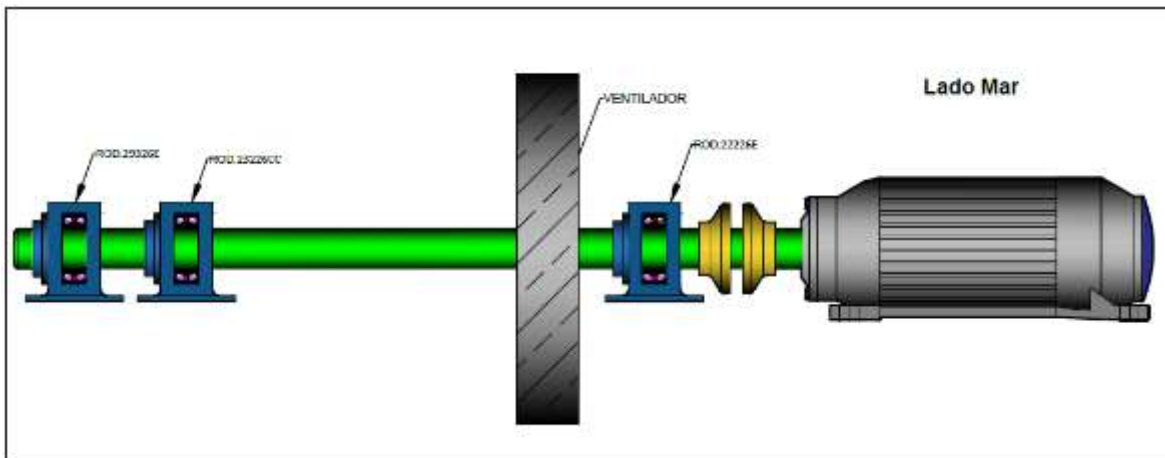


Imagen N°23: Ilustración ventilador KKK

Al determinar una mejora para este equipo, aumentaría la confiabilidad y disminuiría los riesgos de falla, por lo cual es necesario controlar los signos vitales del equipo tal que se puedan establecer alarmas de cambio de las variables en estudio, dar aviso oportuno para poder detectar, corregir la causa raíz de una futura anomalía y mejorar el sistema de lubricación.

Una falla por lubricación ocurrida últimamente, fue en la cual el medidor de nivel del lubricante se encontraba quebrado, debido a esto el lubricante se derramó, dejando uno de los rodamientos del descanso que soporta el eje sin lubricación,

desencadenado una serie de fallas en el equipo, al extremo de sustituir el eje del equipo y obligar a la detención de la producción al no cumplir con los requisitos ambientales requeridos, al no permanecer el equipo en funcionamiento.

4.3.1 Cálculos Necesarios

Rodamientos de los descansos, eje ventilador:

	D	D	B
22226 E (R. Rodillo de Rotula)	230	130	64
23226 CC/W33 (R. Rigido de Bolas)	230	130	80
29326 E (R. Rodillo de Rotula axial)	225	130	58

Tabla N° 20: Rodamientos y sus especificaciones del ventilador KKK

Diámetro Medio

$$D_m = \frac{D + d}{2}$$

D_m: Diametro medio

D: Diametro exterior en mm

d: Diametro interior en mm

	D _m
22226E	180
23226CC	180
29326E	177.5

Tabla N°21: Diámetros medios de los rodamientos del ventilador KKK

4.3.2 Selección de lubricante adecuado

Considerando una velocidad de giro de 1480 RPM y utilizando el grafico n°1, de cálculo viscosidad mínima v_1 de 9 cSt además de considerar una temperatura de operación de 78 °C de Acuerdo a las mediciones de temperatura existentes de los descansos. Se estima que se debe utilizar un grado ISO VG 32 **.

***ISO VG 32; Fluidos lubricantes para sistemas hidráulicos industriales y móviles que operen a altas presiones y temperaturas elaborados con aceites básicos parafínicos y un paquete de aditivos de alta tecnología que le confieren características de alta estabilidad térmica y a la oxidación, protección contra el desgaste y una rápida separación del agua con el propósito de alargar la vida útil del equipo y del lubricante.*

Este valor se requiere ajustar de acuerdo al factor Kappa, al tipo de lubricación requerida por el equipo, de acuerdo a la tabla n°1.

4.3.3 Viscosidad relativa o Factor Kappa (k)

En la lubricación de rodamientos es importante considerar las condiciones de operación a fin de poder definir con propiedad el tipo de lubricante a utilizar. En ocasiones se hace indispensable el uso de aditivos EP (extrema presión). Para poder establecer dicho requerimiento utilizamos el factor “kappa” (K), definido por la relación entre la viscosidad del aceite a la temperatura de operación del rodamiento dividido por la viscosidad de aceite requerida por el rodamiento. La figura muestra cómo kappa relaciona tanto la selección del lubricante como la vida esperada del rodamiento.

$$k(\text{kappa}) = \frac{\text{Viscosidad a temperatura de operación}}{\text{Viscosidad requerida por el Rodamiento}}$$

Para lograr el equilibrio de lubricación se considera un factor kappa de 3.5 considerando los aditivos anti desgaste del lubricante y evitar los excesos de fricción fluida y la generación de calor.

Por ende:

$$k = \frac{v}{v_1} \rightarrow v = k * v_1$$

Finalmente con $k = 3.5$, la viscosidad mínima requerida es 31.5 cSt a la temperatura de operación requiriendo utilizar un lubricante con aditivos anti desgaste grado *ISO VG 100* para los rodamientos manteniendo una temperatura de estanque de 40°C.

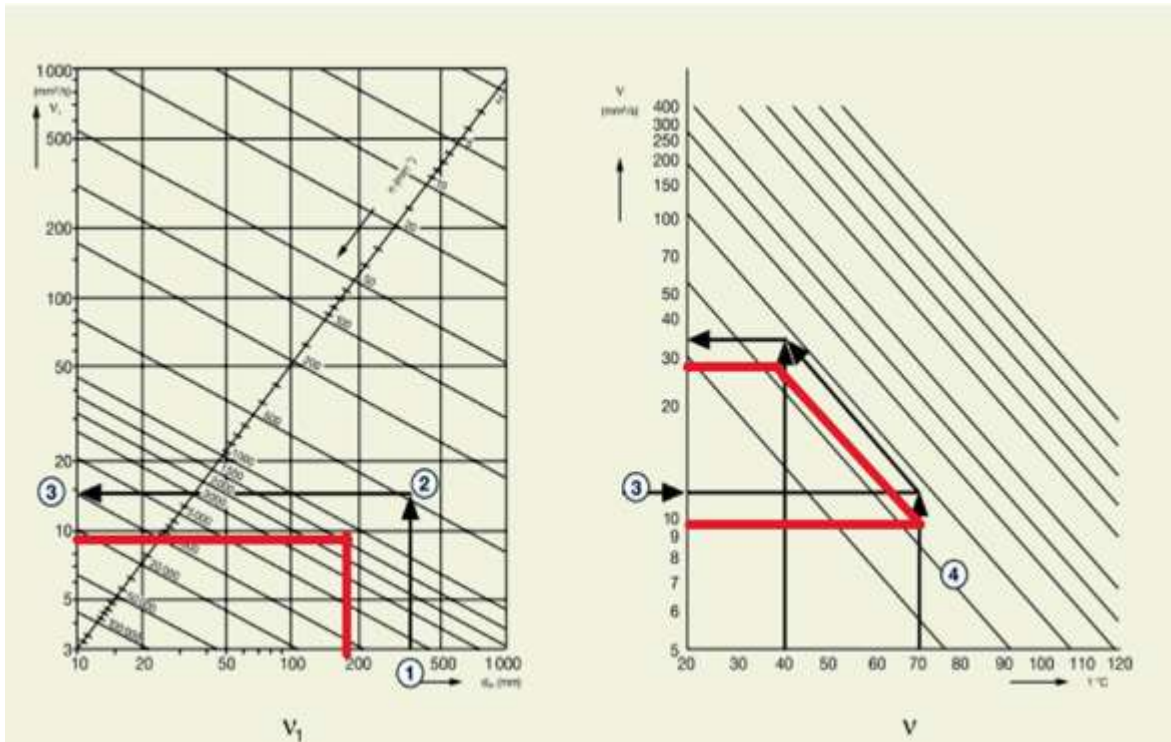


Imagen N° 24: Gráfico Viscosidad mínima requerida, los 1-4 explican en qué orden se determina la viscosidad del aceite base.

Estado de Lubricación según k	
Factor k	Estado de Lubricación
4	Lubricación Total.
> 4	En el régimen de la lubricación total + limpieza + cargas moderadas = ningún desgaste por fatiga. Pueden causar incrementos en la fricción fluida, en la viscosidad, deslizamiento de las bolas y otros efectos indeseables.
< 4	Fricción mixta. Deben utilizarse aditivos anti desgaste. La vida del rodamiento alcanza el máximo.
1	Se alcanza la duración de servicio nominal del rodamiento.
< 0.4	Fricción mixta con elevado contacto de cuerpos sólido, deben utilizarse aditivos EP o lubricantes sólidos.

Tabla N° 22: Estimaciones de valor Kappa según lubricación requerida. Es generalmente aceptado que valores de Kappa en el rango de 1 a 2.5 son óptimos para la mayoría de los rodamientos.

4.3.4 Cálculo de Caudal requerido por rodamientos

De acuerdo a los planos del sistema de lubricación de los descansos lado Cerro se tienen los siguientes datos:

Caudal de aceite	2 L/min
Presión de línea	0,8 atm
Tipo bomba	Engranajes
Modelo de bomba	Type Gus 00/6
RPM motor	1380

Tabla N° 23: Datos del sistema de lubricación de los descansos del lado Cerro.

Se realiza medición de caudal de llegada al descanso lado mar obteniendo para una bomba en operación de 4,3 l/min, en relación al flujo requerido, una bomba es capaz de alimentar los descansos lado mar y lado cerro simultáneamente, se establece direccionar 2/3 del caudal a los rodamientos LC y 1/3 al descanso LM con los caudales descritos en la siguiente Tablas:

Descanso Lado Cerro	2,9 l/min
Descanso Lado Mar	1,4 l/min.

Tabla N° 24: Caudales de los rodamientos lado Mar y lado Cerro.

3.4.5 Sistemas de Alarmas

Proceso proactivo destinado a la detección oportuna de cambios de estado en componentes, sistemas y severidad de la aplicación, de manera de estimar puntos potenciales de fallas con el propósito de tomar las acciones pertinentes que eviten, eliminen o disminuyan las consecuencias de la falla, corregir el origen y adoptar la estrategia de mantenimiento adecuada.

Se establecen las siguientes alarmas que permitan generar la confiabilidad necesaria:

- **Alarmas de bajo nivel:** asegura que el equipo trabaje con cantidad de aceite adecuado evitando que descansos se queden en algún minuto sin lubricante, se deben establecer medidas de detención del equipo si se detectara nivel bajo lo permitido.
- **Alarmas de bajo flujo de aceite al descanso:** asegura que le llegue lubricante en la cantidad determinada a cada rodamiento, si se detecta una baja de presión de aceite bajo a los límites establecidos se detendrá el equipo.
- **Alarma de filtro saturado:** permite cambia filtro de operación y realizar cambios de filtros del sistema, esta alarma solo es visual y no realiza detención del equipo.
- **Alarma de temperatura:** permite controlar la temperatura y detectar si el sistema de filtración está funcionando adecuadamente.

3.4.6 Requerimientos

- Instalar dos bombas hidráulicas de engranajes.
- Caudal de las bombas 4,3 litros cada una.
- Presión de trabajo 1 bar estimado.
- Aceite ISO 68. A futuro se utilizara ISO 100.
- Temperatura ideal de trabajo 40° C.
- Estanque de aceite 50 litros, con una capacidad útil de 35 litros.
- Batería de filtros de presión dúplex.
- Alarma de nivele por bajo nivel y parada equipo.
- Motores eléctricos de 1 hp con montaje de flanjé para bomba.
- Material de fabricación estanque y tuberías es acero carbono.
- El flujo generado por las bombas se debe dividir en 1/3 – 2/3.

4.3.7 Consideraciones Proyecto

- Se considera retirar todo el sistema de lubricación existente e instalar nuevo con elementos de control a distancia de última tecnología.
- Los instrumentos instalados permitirán detectar cualquier variación en la lubricación de los descansos.
- El sistema permite asegurar la lubricación continua del equipo.
- Tendrá una bomba de respaldo, la cual podrá partir en forma automática si se presenta una falla o baja de presión.
- El control de la temperatura del aceite se realizará utilizando un enfriador de aceite por agua, controlada por una válvula termostática.

4.3.8 Diagrama sistema de lubricación propuesto

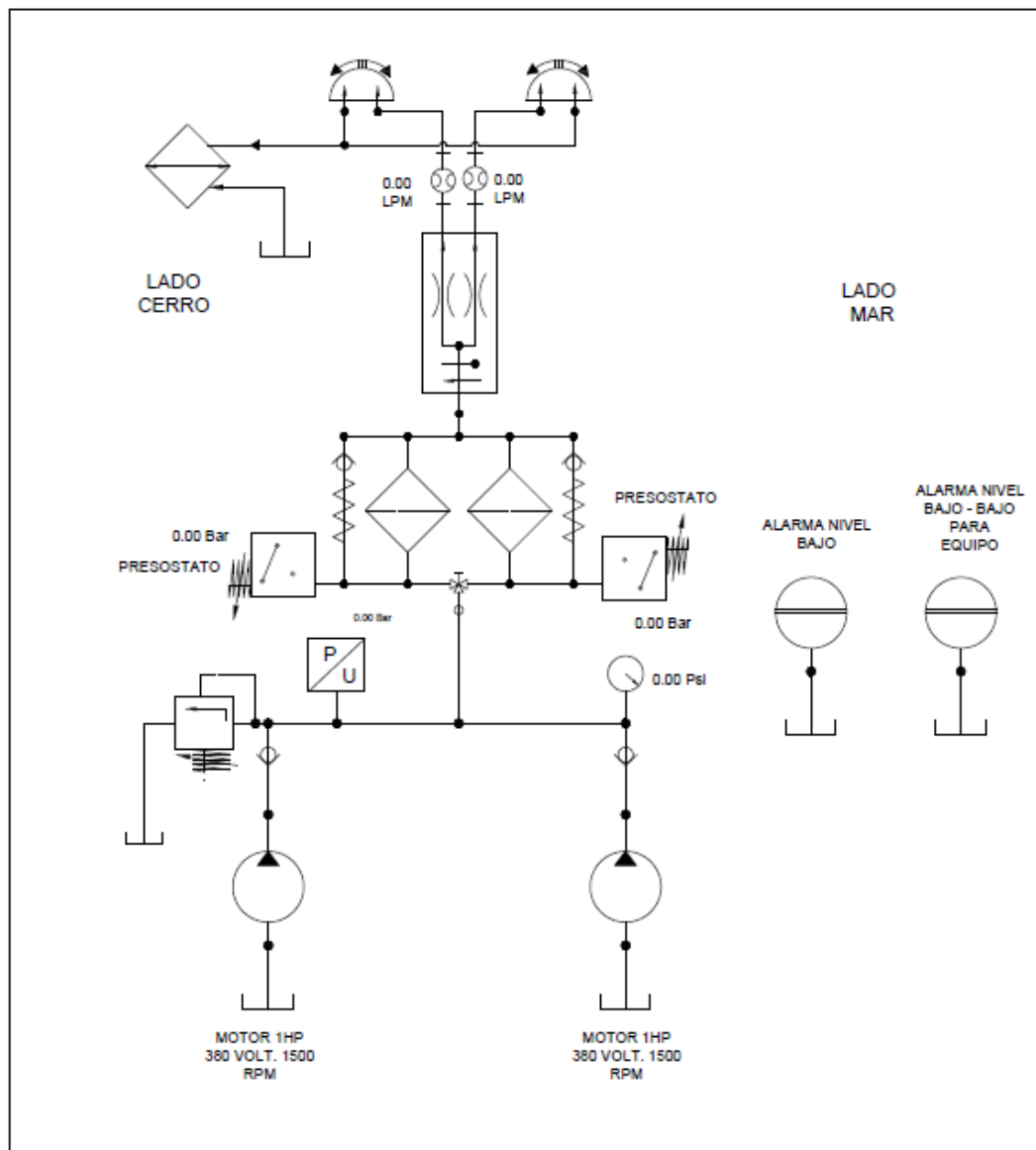


Imagen N° 25: Diagrama del Sistema propuesto para el ventilador KKK

4.3.9 Implementación

ÍTEM	CANT	DESCRIPCIÓN
01	02	Bomba engranaje de 4.6 litros aprox.
02	02	Motor 1 HP/1450 RPM con brida para montaje de campana.
03	02	Acoplamiento 1 HP.
04	02	Campana de montaje motor - bomba.
05	01	Filtro tipo dúplex de media presión.
06	01	Manómetro 0 – 100 PSI.
07	01	Válvula sobre presión sistema.
08	01	Fitting y flexibles armado unidad.
09	01	Indicador de nivel y temperatura de 10"
10	01	Estanque de aceite hidráulico 50 LTS.
11	02	Alarma de nivel de aceite.
12	01	Filtro de venteo absorbente de humedad y partículas.
13	01	Enfriador aceite por agua; con válvula termostática.
14	01	Válvula divisora de flujo proporción 33 - 66.
15	02	Transductor de presión de 4-20 mA.
16	04	Válvula check en línea.
17	02	Flujómetro con salida 4 - 20 mA.
18	01	Transductor de temperatura con salida 4 - 20 mA.

Tabla N° 25: Componentes necesarias para implementar sistema de lubricación para el ventilador KKK

4.3.10 Cálculo de enfriamiento

Llamaremos caudal requerido de aceite, al volumen necesario de este fluido que debe atravesar una sección en la unidad de tiempo para así poder lubricar, formando una película que separa las superficies de contacto reduciendo la fricción, que permita evacuar el calor, proteger contra la corrosión y la suciedad.

Se establece a partir de los caudales definidos de aceite la capacidad de enfriamiento que se requiere.

Según la expresión:

$$G = \frac{1,88 \times 10^{-4} \cdot \mu \cdot d \cdot n \cdot P}{60 \cdot c \cdot r \cdot (T_f - T_i)}$$

Donde:

G: Caudal de aceite necesario [lt/min]

u: Coeficiente de fricción según tipo de rodamiento

D: diámetro medio de rodamiento [mm]

n: velocidad de giro [rpm]

P: carga equivalente [N]

c: calor específico de aceite: [Kj/Kg·K]

r: densidad del aceite [g/cm³]

Se calcula la temperatura final del aceite:

G	1,4	lt/min
U	0,001	
D	180	Mm
N	1478	Rpm
P	15000	N
C	2	kj/kgK
R	0,86	g/m ³
Tf	45,19	[°C]
Ti	40	[°C]

Tabla N° 26: Parámetros necesarios para el cálculo de enfriamiento

Luego con la expresión:

$$Q_A = 30 \cdot G(T_f - T_i)$$

Dónde:

Q_A : Calor retirado por el aceite [W]

G : Caudal de aceite por recirculación [lt/min]

T_f : temperatura final [°C]

T_i : temperatura inicial [°C]

Finalmente el calor retirado por el aceite es:

$$Q_A = 218,09 \text{ [W]}$$

Para calcular la capacidad de refrigeración de enfriador se utiliza la expresión de calor.

$$Q_{\text{agua}} = \dot{m} \cdot c_p(T_f - T_i)$$

Donde:

Q_{agua} : calor a eliminar [W]

M : Caudal de agua en [l/min]

C_p : calor específico en [kJ/Kg K]

T_f : temperatura final [°C]

T_i : temperatura inicial [°C]

Finalmente:

Q	218,09	[W]
M	10,42	l/min
cp agua	4,184	kJ/kgK
Ti	16	[°C]
Tf	21	[°C]

Tabla N° 27: Datos y constantes para el cálculo de enfriamiento

	Descanso 22226E "lado mar"	Descanso 23226E CC/W33 "lado cerro"	Descanso 29326E "lado cerro"	
G	1.4	2.9	2.9	lt/min
U	0.001	0.001	0.001	
D	180	180	177.5	mm
N	1478	1478	1478	rpm
P	19600	9800	9800	N
C	2	2	2	kJ/kgK
R	0.86	0.86	0.86	g/m3
Tf	46.79	41.64	41.62	°C
Ti	40	40	40	°C

Q	284.97	142.49	140.51	w
---	--------	--------	--------	---

M	13.62	6.81	6.72	l/min
cp agua	4.184	4.184	4.184	kJ/kgK
Ti	16	16	16	°C
Tf	21	21	21	°C

Tabla N° 28 Cuantificación de parámetros para cada uno de los rodamiento del ventilador KKK

4.4 Bloque de Acabado Veloz “BGV”

En este equipo ubicado en el laminador de barras Talcahuano (LBT) realiza la última etapa de laminación de la barra, es decir, la reducción de la sección de ésta mediante su paso por entre un par de anillo. El equipo cuenta con diez stands de laminación a alta velocidad en serie, cuyos anillos son accionados por dos motores eléctricos. En esta etapa del proceso se le otorga al material el aspecto físico final del producto.

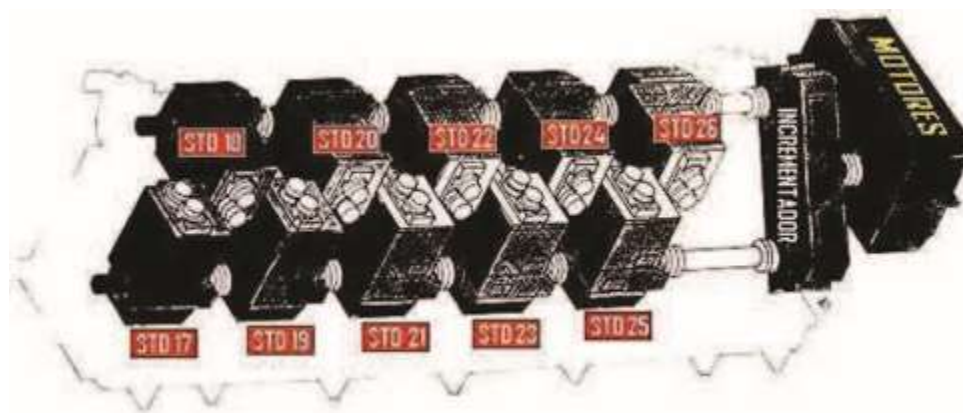


Imagen N°26: Stands de laminación

Los stands de laminación son del tipo Vertical-Horizontal dispuestos alternadamente para eliminar la torsión de la barra. Los stands tienen una configuración modular lo que facilita el intercambio de anillos para adaptarse a distintos programas de producción, en tanto que el material de éstos permite una mayor reducción de sección, con elevadas velocidades de laminación y tolerancia muy reducidas.

El aceite de lubricación proviene de la central OH 4, y después de cumplir su función, se recoge en el fondo del cárter y retorna a la central para ser filtrado enfriado y recirculado.

La central de lubricación del BGV se encuentra ubicada en la sala OH 4 y está compuesta principalmente por:

- Sistema de Lubricación por Aceite
- Central de Lubricación por Neblina de Aceite
- Central Hidráulica

El sistema de lubricación por aceite sirve a los distintos componentes de transmisión de movimiento del bloque tales como: El sistema multiplicador, los módulos de las cajas de ejes, y las cajas portan anillos.

El sistema se compone de los siguientes grupos:

Estanque: Estructura de acero utilizada para la acumulación aceite, provisto de calentadores de resistencias eléctricas que permiten alcanzar la temperatura de 38° a 42 °C necesaria para la correcta lubricación. Su capacidad es de 30.000 litros.



Imagen N°27: Estanque de la central OH4

Motobombas: Tres motobombas encargadas de impulsar el aceite hacia el sistema de distribución.

Filtro: Cuenta con tres filtros encargados de eliminar las impurezas de tamaño mayores a 25 micrones del aceite a utilizar.



Imagen N° 28: Filtros y motobombas de la central OH4

Acumulador de Emergencia: Además, existe un grupo de lubricación de emergencia acoplado a la central del tipo de aire comprimido-aceite.

El grupo de emergencia se pone en marcha automáticamente cuando la central principal se detiene por causas accidentales. El aire comprimido empuja el aceite en el circuito que va a lubricar las bronzinas y rodamientos y los engranajes del bloque “BGV”.

Depurador-Separador Centríforo Agua / Aceite: Este grupo cumple la función de separar el agua del aceite cuando ocurren infiltraciones en el sistema de lubricación.

La central de lubricación se controla desde un panel de mando que consiste en una serie de mediciones de caudal, manómetros, termómetros y presostatos, que permiten el control del flujo del fluido lubricante.



Imagen N°29: Depurador- centrífugo de agua

4.4.1 Diagrama Sistema de Lubricación de Aceite

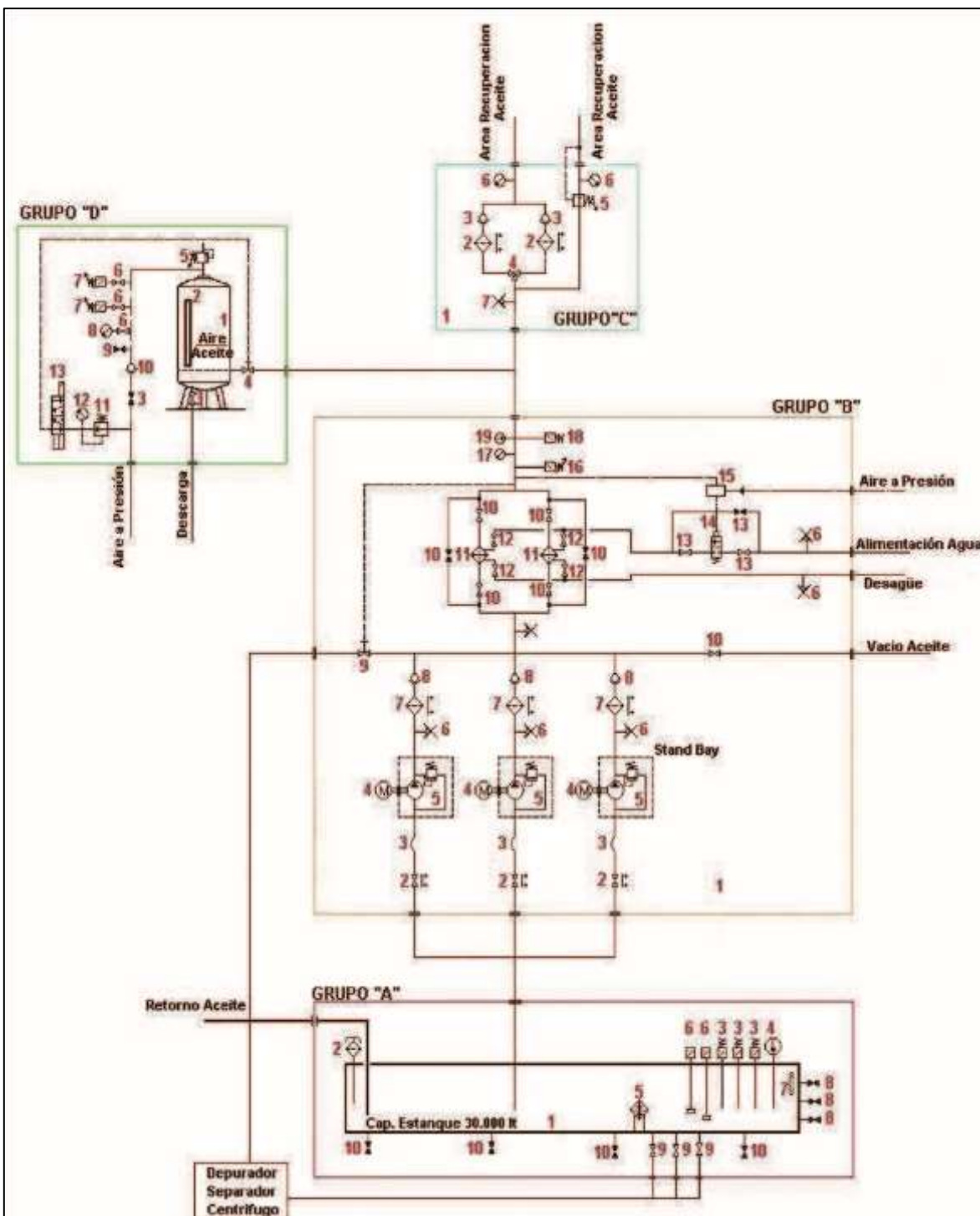


Imagen N° 30: Diagrama de lubricación por aceite del Sistema BGV

4.4.2 Elementos Componentes

Grupo "A"

1. Estanque
2. Respirador de Aire
3. Termostato
4. Termómetro
5. Calentador
6. Sensor de nivel
7. Nivel de Aceite
8. Válvula de Bola
9. Válvula de Bola
10. Válvula de Bola

Grupo "B"

1. Cama – Plancha
2. Válvula de Bola
3. Conducto Flexible
4. Motor Eléctrico
5. Bomba con By-Pass
6. Válvula Prueba de Presión
7. Filtro de Distribución
8. Válvula Antirretorno
9. Válvula Neumática
10. Válvula de Conexión
11. Intercambiador de Calor
12. Válvula Mariposa
13. Válvula Mariposa
14. Válvula Neumática
15. Regulador Neumático de T°
16. Presostato

17. Manómetro
18. Termostato
19. Termómetro

Grupo "C"

1. Cama – Plancha
2. Filtro 3. Válvula Antirretorno con Disco
4. Válvula 3 Vías.
5. Válvula Reductora de Presión
6. Manómetro
7. Válvula Prueba de Presión

Grupo "D"

1. Estanque Aire/Aceite
2. Nivel Visual
3. Válvula de Bola
4. Válvula Neumática
5. Válvula de Seguridad
6. Válvula de Bola
7. Presostato
8. Manómetro
9. Válvula Compartidora de Flujo
10. Válvula Antirretorno
11. Regulador de Presión
12. Manómetro
13. Válvula Solenoide

4.4.3 Sistema de Lubricación por Grasa

Existen algunos puntos de la máquina que deben ser engrasados manualmente, especialmente los bujes de los sistemas hidráulicos y neumáticos, y en el acoplamiento de transmisión del movimiento entre los motores de mando y el sistema multiplicador.

4.4.4 Central de Lubricación por Neblina de Aceite

Para lubricar los rodamientos de las cajas de polines de los stands horizontales, el bloque cuenta con un sistema que suministra aceite atomizado mediante aire a presión (mezcla aire/aceite).

La mezcla llega a las cajas guías por medio de tuberías adecuadas provenientes de la central de lubricación.

El sistema de lubricación tiene un ciclo de control automático que permite la distribución del aceite a los aparatos de mezcla y se activa con el paso de la barra. Los aparatos de mezcla se alimentan de manera intermitente por medio de aceite.

Componentes:

- Grupo de lubricación, equipado de todos los accesorios para bombear el aceite a los aparatos de mezcla.
- Sistema de distribución aceite, compuesto por un colector principal y de las tuberías de alimentación a los aparatos de mezcla.
- Sistema de distribución del aire comprimido, formado por un colector principal y un sistema de tuberías para alimentar con aire los aparatos de mezcla.



Imagen N° 31 y 32: Central de lubricación por niebla

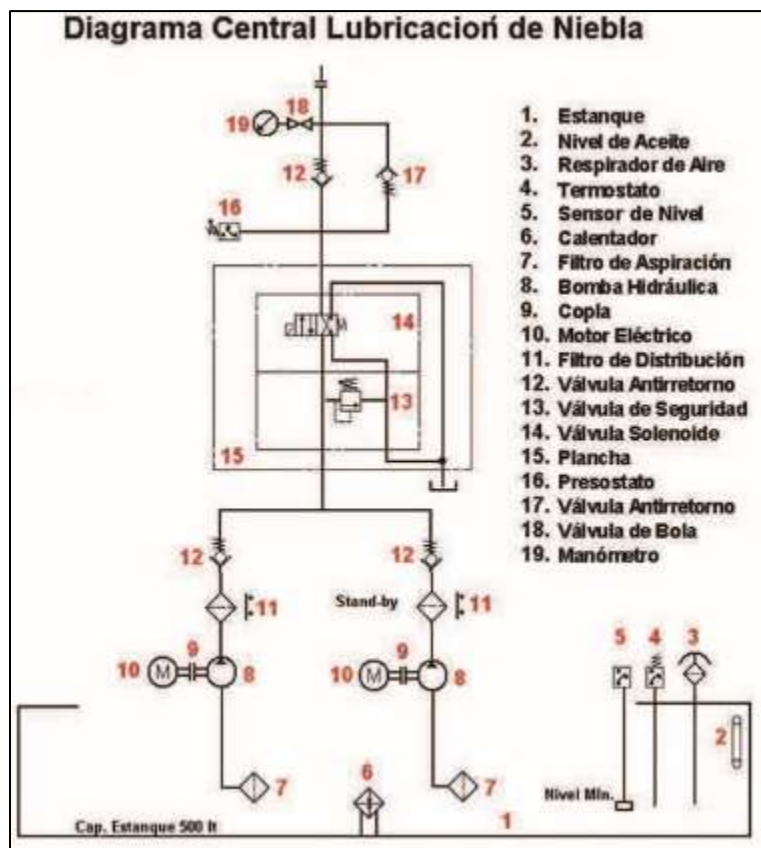


Imagen N° 33: Diagrama de lubricación por niebla

4.4.5 Implementación de mejoras en el sistema de lubricación del “BGV”

Considerando que el BGV es un equipo importantísimo en el acabado de la barra, en la cual se reduce la sección de ésta mientras pasa por un par de anillos. El BGV es un equipo el cual tiene una cantidad considerable de puntos a lubricar, dentro de estos puntos se encuentran los anillos de laminación los cuales reducen el tamaño de la barra, en este proceso las barras van en movimiento a alta velocidad y en su paso por el laminador se desprende laminilla, la cual se puede introducir al sistema de lubricación junto con otro contaminante como silicio. Además los anillos de laminación poseen un sistema de enfriamiento por agua la cual necesita refrigeración por estar en contacto directo con la barra a alta temperatura, esta agua puede ser un agente contaminante importante en el sistema, esto se debe a que el agua sobrepasa la presión del aceite produciendo la ruptura del enfriador o los sellos que separa el compartimiento de lubricación con el de enfriamiento. Esto puede ser muy perjudicial para la bomba en especial, produciendo desgaste, disminución de la eficiencia y pérdida de ajuste. Al fallar un equipo de esta envergadura es muy costoso por el gran tamaño y por lo que significa reponerla. Por lo tanto se debe ir induciendo constantemente a la propuesta de mejoras, evitando que estos elementos fallen.

Principalmente el objetivo es controlar la contaminación ingresada y generada realizando análisis periódicos de % de agua del equipo y realizando toma de muestras de aceite en determinado tiempo, además controlar la contaminación inicial asegurando que al momento de realizar rellenos de aceite se haga directamente a los filtro asegurándose que el aceite ingresado este en buenas condiciones. Para esto se requiere realizar mejoras en el sistema de filtración con la función de incrementar la vida útil de los mecanismos manteniendo la confiabilidad de estos.

4.4.6 Mejorar condición de lubricante

La filtración de aceite en maquinaria industrial es esencial para lograr un óptimo desempeño, longevidad y confiabilidad. La limpieza del lubricante es muy importante y los encargados de la lubricación cuentan con varias opciones para filtrar y controlar la contaminación, incluyendo filtros desechables, filtros lavables, cedazos y separadores centrífugos. Nos referimos a toda mejora que mantenga un lubricante en óptimas condiciones exento de contaminantes de cualquier tipo con la finalidad de mantener la confiabilidad del equipo.

4.4.7 Problemática existente

Debido a que el sistema de filtración no es suficiente para retener la gran cantidad de contaminación que adquiere el sistema de lubricación, actualmente en las bronzinas se utilizan filtros que nos son adecuados con el fin de que no se obstruyan y no se tenga que cambiar en tan corto plazo lo cual es inaceptable para el sistema de lubricación. De partida el equipo posee un sistema de filtro reutilizable los cuales pasado un tiempo de utilizado se obstruyen emitiendo una alarma de presión anómala, para ello se procede a limpiar los filtro con ayuda de solvente para eliminar todo tipo de contaminación, al ser reutilizable no se sabe si la persona encargada de la limpieza del filtro manipula el filtro apropiadamente, por lo cual no hay evidencia de que el filtro este cumpliendo su función.

Actualmente el sistema de lubricación del BGV concentra una gran cantidad de contaminación ingresada. Principalmente el lubricante se contamina con laminilla ferrosa y silicio que deberían ser retenidos por los filtros, los cuales no dan abasto con la cantidad de contaminación a la que se exponen, poniendo en riesgo la utilidad y confiabilidad del equipo. La causal de este problema es porque no existe un control apropiado de los sellos, presenciando fugas de proporciones e ingreso de gran cantidad de contaminantes al sistema de lubricación.

Esto queda en evidencia al realizar un cambio de aceite del OH4 (Imagen N° 34), donde se comprobó que había una gran concentración de laminilla en el fondo lo cual ya se había presupuestado con anterioridad en los análisis de aceite ([Anexo IV](#)).

Esta contaminación puede generar problemas como desgastes, atascamientos de piezas, efectos perjudiciales sobre el propio lubricante, además como el lubricante está contaminado aumentaran los costos por operación de mantenimiento ya sea cambiando aceite del estanque completo, como relleno o microfiltrando.

Es por ello que se buscan dispositivos para mejorar la condición del lubricante disminuyendo fallas por estos contaminante así aumentar la confiabilidad de los equipos. de esta forma se proponen diversas mejoras para el sistema de lubricación del BGV que compromete el sistema de filtración del sistema, las propuestas de mejoras son: implementar un equipo para diálisis de lubricante alternativo que sea eficiente de esta forma disminuir la concentración de contaminación y permitir usar filtros apropiados en la línea, además se plantea implementar un filtro magnético insertado dentro del estanque OH4 el cual colabora a retención de partículas ferrosas presentes en el equipo.

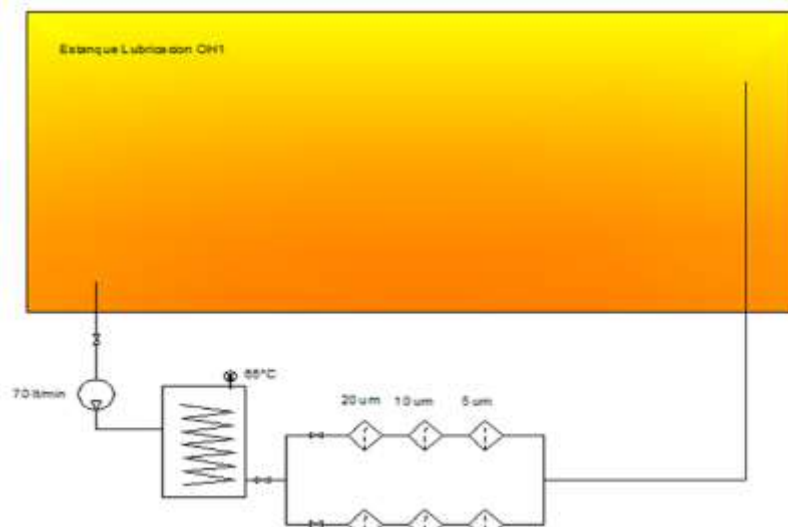


Imagen N° 34: Diagrama del estanque OH4



Imagen N° 35: Condición del estanque OH4 al momento de realizar el cambio de aceite.

Espectrometría de Absorción/Emisión Atómica							Límites
Desgaste							
Fierro (Fe)	ppm	11,4	7,9	7	5,8	5,7	Max = 50
Cobre (Cu)	ppm	1,6	1,9	0,3	0,6	0,1	Max = 30
Plomo (Pb)	ppm	0,1	0,1	4,3	0,1	0,1	
Aluminio (Al)	ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	Max = 5
Estaño (Sn)	ppm	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	
Plata (Ag)	ppm	1,4	0,8	0,7	0,7	0,3	
Cromo (Cr)	ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Niquel (Ni)	ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Molibdeno (Mo)	ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
Titanio (Ti)	ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	

Imagen N° 36: Análisis de aceite del estanque OH 4
(Adjunta en anexo III, pág. N° 139)

4.4.8 Mejoras a implementar en el sistema

4.4.8.1 Filtro Magnético (o colector magnético)

Un filtro tiene la capacidad de retener contaminante presentes en el sistema de lubricación de un equipo evitando que estos contaminantes dañen el equipo funcionalmente. La utilización de filtros magnéticos se ubica en el final de un sistema de lubricación para retener cualquier contaminante que haya ingresado por algún ducto del sistema. En algunos casos la existencia de partículas magnéticas de material da información del estado de las superficies de las partes desgastadas no siendo este el caso. El motivo de implementar un filtro magnético al sistema de lubricación del BGV, es principalmente por la contaminación

ingresada, la cual es bastante abrasiva para los componentes, así también es bien conocido que las partículas metálicas son la principal causa raíz del envejecimiento del lubricante y la oxidación del aceite base, por lo cual necesita ser retenido por algún dispositivo. Como queda en evidencia en los análisis de aceite previo, la concentración del material particulado ferroso es muy elevada y no es puntualmente un desgaste de los mecanismos sino más bien corresponde a laminilla que desecha la barra al momento de la laminación e ingresa al sistema. Las placas magnéticas pueden diseñarse para ser desmontadas fácilmente, de esta forma que el mecánico lubricador no tenga dificultad para el manejo de este.

El motivo de la implementación de un filtro magnético en el sistema de lubricación del BGV, es por la presencia de gran cantidad de contaminantes (principalmente laminilla) dentro del estanque OH4 y en el sistema de filtración, esto puede traer diversas ventajas, pueden ser:

- **Mejor estabilidad a la oxidación del lubricante:** Se sabe que las partículas ferrosas son catalizadores de la oxidación. Su remoción del aceite hace justo lo opuesto, dando como resultado la supresión de la oxidación. En ciertos casos, esto podría permitir utilizar lubricantes menos costosos.
- **Mejora del desempeño del filtro:** Cuando los separadores magnéticos se utilizan antes de los filtros existe la posibilidad de beneficiar al sistema de filtración con una mayor vida de servicio y mayor eficiencia de captura de partículas. Esto dará como resultado una reducción del costo de filtración (partes y mano de obra) y mejor control de la contaminación.

Por sí mismos, los dispositivos colectores no son la cura para todos los problemas de control de contaminación y necesidades de detección de fallas. Sin embargo, cuando se utilizan en combinación con otras prácticas y tecnologías del mantenimiento, se puede alcanzar un mejor nivel de desempeño en la confiabilidad de la maquinaria a un menor costo.

4.4.8.2 Diseño e Implementación filtro magnético

En busca de mejorar la condición del lubricante que circula por el BGV se diseña e implementa un sistema para retener contaminantes ferrosos, dando un apoyo al sistema de filtrado del sistema del estanque OH 4. Este sistema de retención corresponde a un filtro magnético el cual cumple con el objetivo propuesto.

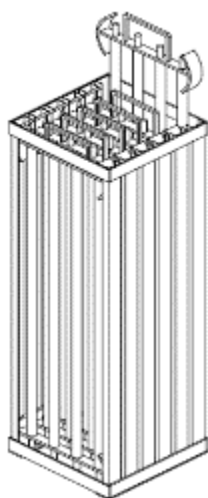


Imagen N° 37: Filtro magnético

El filtro magnético se diseñó en su totalidad, con ayuda de los software *SolidWorks 2014* y *AutoCAD 2016*, en los cuales facilita el cálculo de masa de cada componente y además el trazado de geometría de estos.

El software *SolidWorks* tiene muchas herramientas útiles, dentro de estas permite calcular la masa de los elementos diseñados, utilizando la geometría y el peso específico del material a utilizar. Es por ello que se consideran distintos factores, los cuales definen las características físicas del filtro magnético, estas son: debe ser de fácil mantenibilidad (fácil desmontaje), debe estar dentro de los parámetros de dimensión disponibles en el estanque OH4, la carga que realice el trabajador no debe sobrepasar el límite máximo. Es por ello que el Filtro magnético se diseña y rediseña de acuerdo a estos factores.

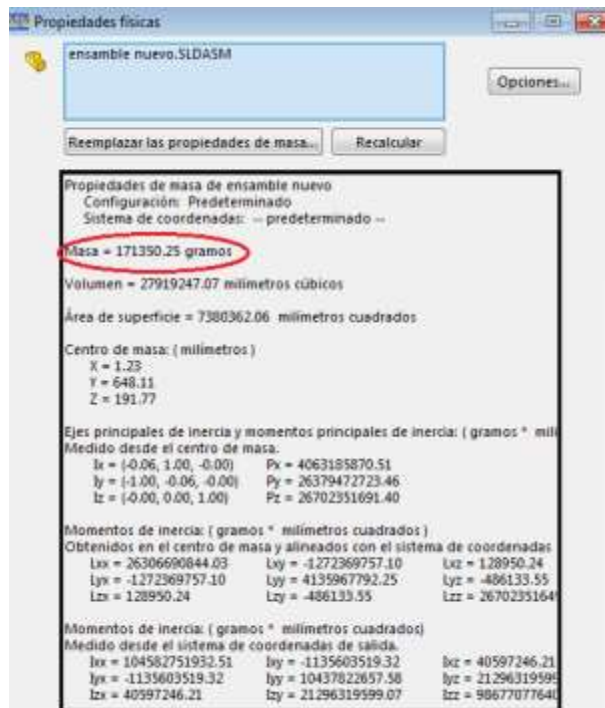


Imagen N° 38: Cálculo de la masa de cada conjunto de filtro magnético mediante Solidworks

El diseño del filtro magnético debe tener las dimensiones apropiadas para que pueda ser introducido por el Manhole del estanque (tal como en la imagen #) el cual está situado en un costado del retorno de lubricante, además el conjunto de filtros es desmontable del soporte moviéndose por un riel para que el movimiento solo sea solo ascendente y descendente (tal como en la imagen 25), para que su extracción desde el estanque sea sin dificultad para el trabajador. Además cada conjunto de filtro no pesa más allá de la norma de carga permitida que corresponde a 30 kg.

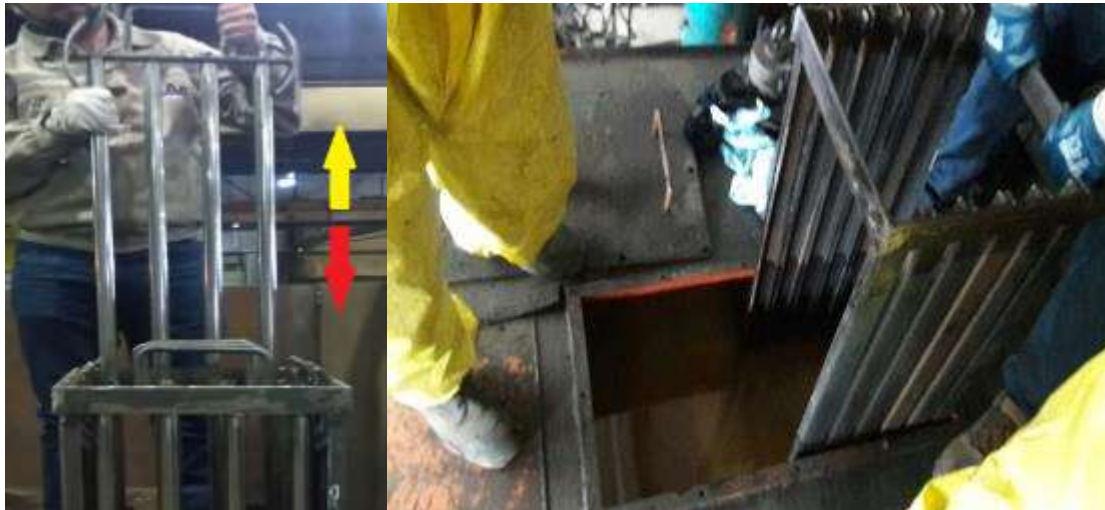


Imagen N° 39: Desplazamiento del filtro magnético en el riel del soporte, Instalación del soporte de filtro magnético dentro del estanque OH4

4.4.8.3 Diseño y construcción de filtro magnético

Para llevar a cabo la construcción del filtro magnético que se desea implementar en la central OH4 fue necesario la realización de un plano el cual fue diseñado mediante software de ingeniería *Solidworks* y *AutoCAD*, este plano presenta una visión detallada del equipo a construir además de entregar información de los componente, piezas y sus respectivas vistas, medidas, cantidad e indicaciones más específicas que permitan a la persona encargada de la construcción del filtro magnético realizarla sin mayor complejidad.

La construcción de este filtro magnético fue delegada a maestranza de CAP Acero haciéndosele entrega del correspondiente plano el cual cuenta de 8 piezas, dentro de las cuales se encuentran desde el filtro magnético hasta los perfiles guías de soporte ([Anexo V](#)). El material elegido para construir este equipo fue acero estructural, debido a que al construirlo de este material no sobrepasara el peso de carga máxima humana permitida lo cual facilitara el transporte y su posterior retiro, en tanto para la unión de las piezas se especificó que deberían ser mediante soldadura en forma de filete de 4 mm y dejando a elección del soldador el tipo de electrodo que pueda entregar las propiedades de resistencia necesarias a las uniones.

Finalmente luego de un periodo de 2 semanas el filtro magnético se encontraba construido y cumpliendo con todas las especificaciones estipuladas, se procedió a su retiro desde maestranza para llevarla a las dependencias del LBT para posteriormente ser instalado en la próxima de parada programa de la central oleohidráulica.

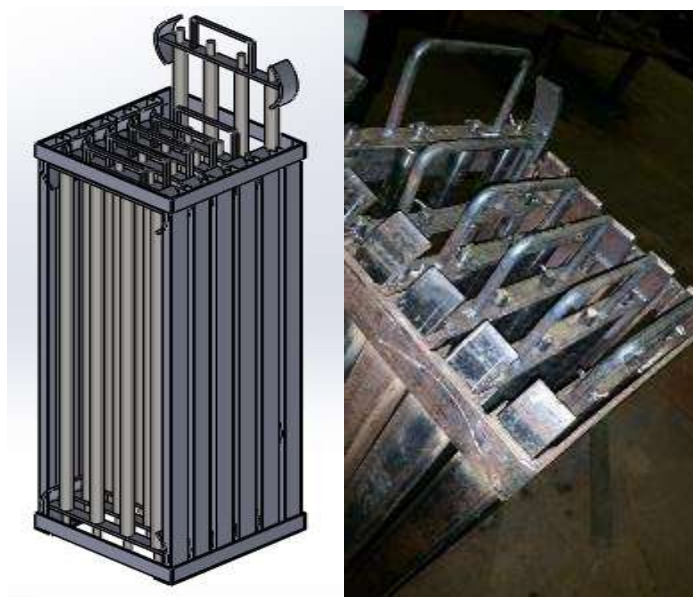


Imagen N° 40: Filtro magnético diseñado en Solidwork, filtro magnético ya diseñado en maestranza.

4.4.8.4 Sistema de diálisis alternativo

El servicio está basado en la limpieza tipo diálisis de lubricantes, que consiste en la remoción de impurezas o micro-partículas sólidas (contaminación), por intermedio de equipos y elementos filtrantes especialmente diseñados y desarrollados para la función requerida. Esto permite mejorar estándares de limpieza (Norma ISO 4406), requeridos o recomendados por los fabricantes de equipos o componentes. Este proceso, se realiza mediante filtración off line o externa, la cual limpia los equipos internamente, minimizando el desgaste, obstrucción de válvulas, rotura de sellos, desgastes erosivo y abrasivo, entre otros problemas, mejorando principalmente la vida de sus componentes, pero además extendiendo en muchos casos la frecuencia de cambios de aceite.

El sistema de lubricación del BGV tiene como principal problema la contaminación ingresada la cual en su totalidad es decantada en el estanque OH4, no dando abasto el sistema de filtrado de la línea, es por ello que se justifica instalar un equipo de filtración de partículas fuera de la línea el cual cumpla con los requerimientos que se presentan. Considerar que el estanque OH4 tiene una capacidad de 30.000 lt de lubricante *Vacuoline 525*, además que cualquier intervención debe ser con el equipo detenido. Por lo tanto se debe contar con equipo de diálisis de lubricante adecuado, el cual debe realizar el filtrado del estanque completo en el menor tiempo posible disminuyendo así las HH y que se pueda hacer 2 veces al mes. El implemento de este sistema de diálisis tiene la facilidad de cambio de filtros de forma instantánea si es que lo requiera, además si el estanque consta con distintos tipos de partículas el filtro puede ser reemplazado de acuerdo a las partículas que se presenten.

En resumen con un programa de microfiltrado, se minimiza la contaminación de los lubricantes y equipos, haciendo posible el objetivo fundamental del servicio, que es la extensión de la vida útil de los componentes de dichos equipos. Específicamente este control deriva en la disminución del desgaste, aumento en la disponibilidad de los equipos, optimización del uso de productos sintéticos, y al aumentar la vida útil de componentes, se logra disminuir costos por repuestos y stock de repuestos en bodegas, finalmente y no menos importante es la disminución de HH de personal de mantenimientos no programados.

Además desde el punto de vista medioambiental, es posible disminuir la generación de residuos industriales, ya que el producto en uso no será discriminado por contaminación, será recuperado con microfiltrado. Este proceso será viable, hasta que la salud del aceite lo permita, es decir, mientras su viscosidad, carga de aditivos y también nivel de degradación no afecten su desempeño.

CONCLUSIONES

Respecto a los objetivos establecidos para el desarrollo de este seminario de título se logra definir los sistemas de control, medición y mejora continua de acuerdo a la metodología de Lubricación Basado en Confiabilidad.

De acuerdo a la situación actual de CAP acero, se observó la necesidad de poder generar control respecto a los sistemas y tareas de lubricación ya que una falla de lubricación tiene una gran incidencia en los procesos de producción es por ello que se definen metodologías de control y medición. Se logró conocer diversas metodologías de control que van paralelas a la lubricación basada en confiabilidad.

Se propone implementar un software de control que tenga la capacidad de medir y controlar el programa general de lubricación y aplicación de lubricantes de la planta, la particularidad de este software de control es que se almacena información en tiempo real sobre el estado de las tareas de lubricación, permitiendo afrontar con anticipación una determinada desviación.

Se determina la estructura de personal encargado de la lubricación en la planta, cuantos mecánico lubricador y supervisor debe tener cada área, para realizar una tarea óptima y no tener tiempos muertos.

Según objetivos se contemplaba realizar una planilla de control para el mantenimiento predictivo para así generar un análisis estadístico que permitiera estimar las fallas o síntomas de los equipos, además poder anteponerse y tomar las medidas permanentes que resguarden la confiabilidad de cada uno de los equipos, lo cual no fue posible desarrollar, pero se bosquejó el camino que se debe seguir en el que contempla conocer y registrar información de equipos específicos como signos vitales, cambios de aceite y tendencias de parámetro.

- El personal de las diferentes áreas de CAP Acero asociados directamente a la ejecución de la lubricación tiene que estar debidamente capacitado con los fundamentos de la lubricación. Para lograr control de lo anterior se definieron módulos de capacitación e indicadores de desempeño, asegurando que programa de lubricación cumpla las metas requeridas.
- Para medir el cumplimiento de la ruta de lubricación se definieron una serie de indicadores que permiten llevar cuantificado en forma de porcentaje el cumplimiento de las tareas de lubricación generando así un histórico y control estadístico, con ayuda de Software.
- También es de suma importancia poder medir al personal de lubricación respecto a las fugas y anomalías definidas anteriormente, para lo cual se definieron indicadores que permiten evaluar, generar ahorro económico y anteponerse a fugas o posibles fallas de los activos.
- El orden y almacenamiento correcto de los lubricantes en los pañoles incide directamente en la confiabilidad de la lubricación de los equipos, para ello se estableció un programa de inspección anual para cada pañol de la planta y se establecen una serie de indicadores los cuales permitirán medir y detectar alguna desviación y corregirla en su momento.
- El objetivo principal es mantener la confiabilidad de los activos para ello es fundamental estar en constante innovación y tener la capacidad de afrontar nuevos desafíos, es por eso que se definió la implementación de la filosofía de mejora continua la que permitirá revisar constantemente los procesos de lubricación de la planta buscando constantemente la mejora y la eficiencia.

La lubricación en la planta es de suma importancia para ello se debe estar en constante evolución, por lo tanto es necesario implementar las medidas definidas para asegurar la confiabilidad de los activos y evitar fallas asociadas a la lubricación.

GLOSARIO

-RCM: (Mantenimiento centrado en confiabilidad) Técnica para elaborar un plan de mantenimiento en una planta industrial y que presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas.

-SAP: (sistemas, aplicaciones y productos para procesamiento de datos) sistema informático que le permite a las empresas administrar sus recursos humanos, financieros contable, productos, logísticos.

-Grado ISO: Es un sistema de clasificación de los lubricantes líquidos, aceites industriales principalmente, nos dice que viscosidad tienen los aceites y así evitamos confusiones a los proveedores, diseñadores y usuarios.

-Aditivo EP: Aditivo extrema presión, cuando la carga de trabajo a la que son sometidos es mayor que la que puede soportar los aceites normales.

-Gravedad específica: Es la relación del peso del lubricante versus el peso del agua. En general son valores entre 0,85 y 0,93.

-Carga timken: Es una de las primeras pruebas destinada a medir la capacidad de carga de los lubricantes. La prueba indica a que carga en libras se produce un nivel de desgaste inadecuado o peligroso, mientras mayor sea la carga timken, mayor será la calidad del lubricante.

-DIN: Deutsches Institut für Normung (Instituto alemán de normalización) es el organismo nacional de normalización de Alemania. Elabora, en cooperación con el comercio, la industria, la ciencia, los consumidores e instituciones públicas, estándares técnicos (normas) para la racionalización y el aseguramiento de la calidad.

-ASTM: (American Society for Testing Materials) mantiene un sólido liderazgo en la definición de los materiales y métodos de prueba en casi todas las industrias.

-Grado NLGI: El Instituto Nacional de Grasas Lubricantes (National LubricatingGreaseInstitute NLGI) clasificación para las grasas basadas en la medida de la consistencia a través del método ASTM D217.

-ExxonMobil: Sus actividades se extienden por más de 40 países de todo el mundo e incluyen, entre otras, la explotación, elaboración y comercialización de productos petroleros y gas natural, así como la fabricación de productos químicos, plásticos y fertilizantes (especialistas en lubricación).

-NORIA: Fundada en 1997 con el único objetivo de ayudar a la industria a mejorar la fiabilidad de la máquina a través de la mejor práctica de lubricación y análisis de aceite.

-ISO 4406: Políticas de código de limpieza para aceites, se rige por una tabla para saber cuan contaminado están los aceites. Por lo tanto es un método para codificar el nivel de contaminación por partículas sólidas.

-OilSafe: Sistema de envases que permiten mantener los lubricantes limpios y sin contaminación. En el mercado existen 10 colores de tapas, las cuales pueden ser identificadas rápidamente reduciendo el riesgo de añadir el líquido equivocado a los equipos.

-RCL: (Lubricación centrada en fiabilidad) Este programa permite evaluar el estado actual de la lubricación de los equipos rotativos y la eficacia de los programas de lubricación que la empresa esté desarrollando, con el objetivo de analizar las fortalezas y debilidades que tengan y especificar las recomendaciones necesarias para lograr que la lubricación de los equipos de la empresa sea de clase mundial.

-LBR: Laminador de barras rectas

-OH4: Estanque receptor de lubricante del equipo BGV

-BGV: “Bloque de Acabado Veloz”, reduce la sección de la barra mediante su paso entre un par de anillo.

-Check-list: Lista de control, utilizado para realizar actividades repetitivas controlando el cumplimiento de la lista.

-OM: Orden de mantenimiento

-Software: programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.

-COPEC: Compañía de Petróleos de Chile

-PDA: computadora de bolsillo, organizador personal o agenda electrónica de bolsillo

-Cavitación: La cavitación o aspiraciones en vacío es un efecto hidrodinámico que se produce cuando el agua o cualquier otro fluido en estado líquido pasa a gran velocidad por una arista afilada, produciendo una descompresión del fluido debido a la conservación de la constante de Bernoulli.

-cSt: El Stokes es la unidad de viscosidad cinemática en el Sistema Cegesimal de Unidades

-Bronzina: es la pieza sobre las que se soporta y gira el árbol transmisor de momento giratorio de una máquina.

-Laminilla: delgada capa superficial del acero terminado, que comienza a desprenderse cuando se enfría.

-Manhole: agujero (generalmente con una cubierta) a través del cual una persona puede tener acceso a un estanque o acumulador.

-HH: Hora Hombre

BIBLIOGRAFIA

Implementación del programa de limpieza y lubricación con la filosofía del tpm.

http://www.mantenimientoplanificado.com/articulos_lubricacion_archivos/Microsoft%20Word%20-%20SAM-Leeme.pdf

Como generar una ruta de lubricación.

<http://www.epetrq.edu.ar/apuntes/plaza/CAP%206%20-%20Lubricacion.pdf>

Herramientas de evaluación y control.

<http://www.pdcahome.com/evaluacion/>

Administración de la Lubricación.

<http://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/administracion-de-la-lubricacion/>

Calculo de lubricante.

http://medias.schaeffler.com/medias/es!hp.tg.cat/tg_hr*ST4_1652077067#

Cómo medir el éxito del programa de lubricación (noria).

<http://noria.mx/lublearn/como-medir-el-exito-del-programa-de-lubricacion/>

Establecimiento de indicadores de la efectividad del programa.

<http://www.noria.com.ar/swf/implementacion.pdf>

Funciones de un lubricante.

<http://noria.mx/lublearn/5-funciones-de-un-lubricante/>

Factor kappa.

<http://noria.mx/lublearn/la-importancia-del-factor-kappa-en-la-lubricacion-de-rodamientos/>

http://www.klueber.com/ecomaXL/get_blob.php?name=Rundlauf_Waelzlager-SP.pdf

Plataforma SAP.

<http://www.monografias.com/trabajos94/modulos-del-sap/modulos-del-sap.shtml>

http://www.cvsoft.com/sistemas_sap_abap/recursos_tecnicos_abap/que_es_sap_introduccion_sap.php

Calculo de Lubricante (Mobil).

http://www.viselubricantes.cl/PDF_Mobil/Guia_de_Referencia_Lubricantes_Mobil.pdf

El Cálculo de la Curva de Viscosidad.

<http://www.widman.biz/Seleccion/graficar.html>

Confiabilidad habilitada por la lubricación.

<http://noria.mx/lublearn/confiabilidad-habilitada-por-la-lubricacion/>

Cómo crear un programa global de confiabilidad.

<http://noria.mx/lublearn/como-crear-un-programa-global-de-confiabilidad/>

Control gestión administrativa.

<http://www.monografias.com/trabajos81/el-control-administrativo/el-control-administrativo.shtml>

<http://www.monografiass.com/trabajos-ppt2/sistema-control-gestion-mantenimiento/sistema-control-gestion-mantenimiento.shtml>

Lubricación planificación y control.

<http://www.constructivo.com/cn/d/novedad.php?id=81>

Administración de la lubricación computarizada.

<http://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/administracion-computarizada-de-la-lubricacion>

Medir éxito en el programa de lubricacion.

<http://noria.mx/lublearn/como-medir-el-exito-del-programa-de-lubricacion/>

Administración computarizada de la lubricación.

<http://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/administracion-computarizada-de-la-lubricacion>

Ventajas de utilizar software de gestión.

<http://noria.mx/lublearn/las-ventajas-de-utilizar-un-software-para-la-gestion-de-la-lubricacion/>

Usando el análisis de aceite y las inspecciones diarias para mejorar la lubricación.

<http://noria.mx/lublearn/usando-el-analisis-de-aceite-y-las-inspecciones-diarias-para-mejorar-la-lubricacion/>

Confiabilidad habilitada por la lubricación.

<http://noria.mx/lublearn/confiabilidad-habilitada-por-la-lubricacion/>

<http://noria.mx/lublearn/las-10-mejores-practicas-de-lubricacion-para-mejorar-la-confiabilidad-de-los-equipos/>

Tabla de Códigos de Limpieza ISO 4406 para aceites.

http://www.widman.biz/Seleccion/iso_4406.html

TPM.

<http://mantenimientoindustrial17.blogspot.cl/2008/09/mantenimiento-productivo-total-mpt.html>

ANEXOS

Anexo I: Check-list aplicado en cada pañol.

Anexo II: Programa de inspección de pañoles.

Anexo III: Análisis de aceite estanque OH4, equipo BGV.

Anexo IV: Plano Filtro Magnético.

Anexo V: Actividades realizadas mediante el uso del software Lubepius.

Anexo VI: Cap. #1 Lubricación Basado en Confiabilidad nivel básico.

Anexo VII: Cap. #2 Lubricación Basado en Confiabilidad sistemas de gestión en la lubricación.

Anexo VIII: Listado de lubricantes en pañol.

Anexo I: Check-list aplicado en cada pañol.

IT-90-001 Rev. 1 Anexo 7.5



Formulario de Inspección de Pañoles de Lubricación.	FO-90-006
-----------------------------------------------------	-----------

ANTECEDENTES DE LA INSPECCION

AREA:	
REVISADO POR:	FIRMA:
FECHA:	N° REVISION:

ACTIVIDAD	Cumple SI/NO/Parcia	AVISO
SEGURIDAD		
1. Listado de lubricantes.		
2. El pañol cuenta con hojas de seguridad de los productos.		
3. Hoja de actividades de contingencia.		
4. El pañol cuenta con señalética que indique los peligros y vías de evacuación del área (No fumar, almacenamiento de residuos de aceite usado, extintor).		
5. El extintor se encuentra certificado y habilitado para el uso.		
ALMACENAMIENTO CORRECTO		
1. Los lubricantes se encuentran debidamente identificados.		
2. Los lubricantes se encuentran dispuestos en forma vertical en su ubicación determinada.		
3. Los tambores cuentan con filtro de venteo en buenas condiciones.		
4. Cada tambor cuenta con una bomba trasvasije única.		
5. Existe un elemento de trasvasije por tipo de lubricante.		
6. Los elementos de trasvasije se encuentran debidamente rotulados.		
7. Los elementos de trasvasije se encuentran libres de contaminación externa.		
8. Se encuentra el listado de stock mínimo establecido de lubricantes.		
9. El pañol cuenta con el stock mínimo establecido de lubricantes (ver listados de lubricantes del pañol #).		

FO-73-002

IT-90-001 Rev. 1 Anexo 7.5



Formulario de Inspección de Pañoles de Lubricación.	FO-90-006
-----------------------------------------------------	-----------

CONDICION DE PAÑOL		
1. El pañol se encuentra limpio y ordenado.		
2. El pañol cuenta con la iluminación adecuada.		
3. El pañol cuenta con una ventilación adecuada.		
4. El piso se encuentra en buen estado, demarcaciones y estado de pintura de piso.		
5. La canaleta de desagüe se encuentra limpia y libre de residuos de aceite.		

Comentarios:

Anexo II: Programa de inspección de paños.



IT-73-013 Rev. 0 Anexo 7.7

PROGRAMA DE INSPECCIONES DE PAÑALES DE LUBRICACION	Página 1 de 1
----------------------------------------------------	---------------

Tareas de inspección y verificación de equipos y componentes

Las tareas definidas en este programa deben ser registradas en la lista de chequeo FO-90-024.

Nº	Tarea	Responsable	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Obs.
1	PLANTA COQUE	Supervisor/ Insp. Lub	x		x		x		x		x		x		
2	ALTO HORNO	Supervisor/ Insp. Lub	x		x		x		x		x		x		
3	COMBUSTIBLE	Supervisor/ Insp. Lub	x		x		x		x		x		x		
4	ACERIA	Supervisor/ Insp. Lub	x		x		x		x		x		x		
5	COLADA CONTINUA	Supervisor/ Insp. Lub	x		x		x		x		x		x		
6	LAMINADOR DE BARRAS RECTAS	Supervisor/ Insp. Lub		x		x		x		x		x		x	
7	LAMINADOR DE BARRAS TALCAHUANO	Supervisor/ Insp. Lub		x		x		x		x		x		x	
8	GRUAS PUENTES	Supervisor/ Insp. Lub		x		x		x		x		x		x	
9	M.Y.R.E	Supervisor/ Insp. Lub		x		x		x		x		x		x	

Anexo III: Análisis de aceite estanque OH4, equipo BGV.

SERVICIO INTEGRAL DE ASISTENCIA EN LUBRICACION

SERVICIO DE ATENCIÓN AL CLIENTE

800 207 007

Support

ANÁLISIS DE ACEITE, EVALUACION DE EQUIPOS Y ASISTENCIA DE INGENIERIA EN LUBRICACION

Cliente: CIA. SIDERURGICA HUACHRATO	Ingeniero Lab: Carlos Zapata R.	Componente: ESTANQUE LUBRICACION	Instalado en: ESTANQUE
Dirección: Avda. Gran Bretaña 2910	Fono/Fax: 81981907	Marca: -	Marca: -
Ciudad: TALCAHUANO	Correo electr.: c.zapata@copec.cl	Modelo: OH4	Modelo: 30000 LTS
Atención Sr:	Laboratorio Fono: (33 208816) Fax: (33 208832)	Lubricante en uso: MOBIL VAQUOLINES25	
Fono/Fax: 41-2502868	Firma: LAM BARRAS TALCAHUANO	Capacidad Rec. lit.: 30000	Cod. Inscrición: MM6400986

DATOS DE LA MUESTRA

	2016178961	2016182105	2016188815	2016192069	2016197345
Nº Informe Laboratorio					
Muestra Nº	49	50	51	52	53
Número de Falco	2339963-9	2409633-5	2408819-4	2391369-0	2418847-7
Número de Solicitud	17172	17544	18001	18809	19032
Fecha de Muestreo	12-08-2016	02-09-2016	04-10-2016	03-11-2016	02-12-2016
Fecha de Recepción	18-08-2016	09-09-2016	05-10-2016	04-11-2016	08-12-2016
Fecha Informe	17-08-2016	09-09-2016	08-10-2016	09-11-2016	07-12-2016
Hrs/Kms Servicio Comp	0	0	0	0	0
Hrs/Kms Servicio Aceite	0	0	0	0	0
Relleño Lit	0	0	0	0	0
Producto según etiqueta	VAQUOLINE 225	VAQUOLINE 225	VAQUOLINE 22	VAQUOLINE 225	VAQUOLINE 22

GRÁFICO DE CONDICIÓN

Muestra Nº	2016178961	2016182105	2016188815	2016192069	2016197345
✓ Normal					
✗ Anormal					
✗ Presión					
✓ Normal	✓	✓	✓	✓	✓

VISOSGIDA D

■ DESGASTE ● CONTAMINACION ▲

RESULTADOS DE ANÁLISIS

Análisis Físico Químico e Infrarrojo

	2016178961	2016182105	2016188815	2016192069	2016197345
Viscosidad a 40°C, cSt	85,43	85,83	85,24	85,39	86
Viscosidad a 100°C, cSt					
Punto de Inflamación °C					
Clasificación Combustible %					
PO Index (Indice Number)	18	10	10	8	9
Agua % Vol	1,1	1	Trazas	Trazas	0,3
T.A.N.mg/COI/gr					
T.A.N.mg/COI/gr	1,37	0,89	1,01	0,84	0,87
Inchubias 0,3/12,50 mas					
Hollin					
Cantidad Abalcom					
Nitración Abalcom					

Expectativas de Abalcom/Emisión Atmosférica

Desgaste					
Hierro (Fe) ppm	11,4	7,9	7	5,8	5,7
Cobre (Cu) ppm	1,6	1,9	0,3	0,6	0,1
Plomo (Pb) ppm	0,1	0,1	4,3	0,1	0,1
Aluminio (Al) ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Galio (Ga) ppm	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1
Plata (Ag) ppm	1,4	0,6	0,7	0,7	0,3
Cromo (Cr) ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Níquel (Ni) ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Molibdeno (Mo) ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Titanio (Ti) ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Contaminación					
Silicio (Si) ppm	3,1	3,2	5,3	2,7	2,5
Sodio (Na) ppm	1,8	0,1	0,1	0,1	0,1
Potasio (K) ppm	0,5	0,1	1,4	1,1	0,2
Boro (B) ppm	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1
Vanadio (Va) ppm	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Aditivos					
Magnesio (Mg) ppm					
Calcio (Ca) ppm	93	73	101	82	83
Fósforo (P) ppm	467	401	449	397	400
Cinc (Zn) ppm	574	495	555	491	498
Zinc (Zn) ppm					

Contenido de Partículas

• 4 Micras					
• 6 Micras					
• 8 Micras					
• 25 Micras					
• 50 Micras					
• 60 Micras					

Código de Limpieza

GRÁFICOS DE TENDENCIAS

Viscosidad

Gradación

Silicio/Hierro

EVALUACIÓN ÚLTIMA MUESTRA

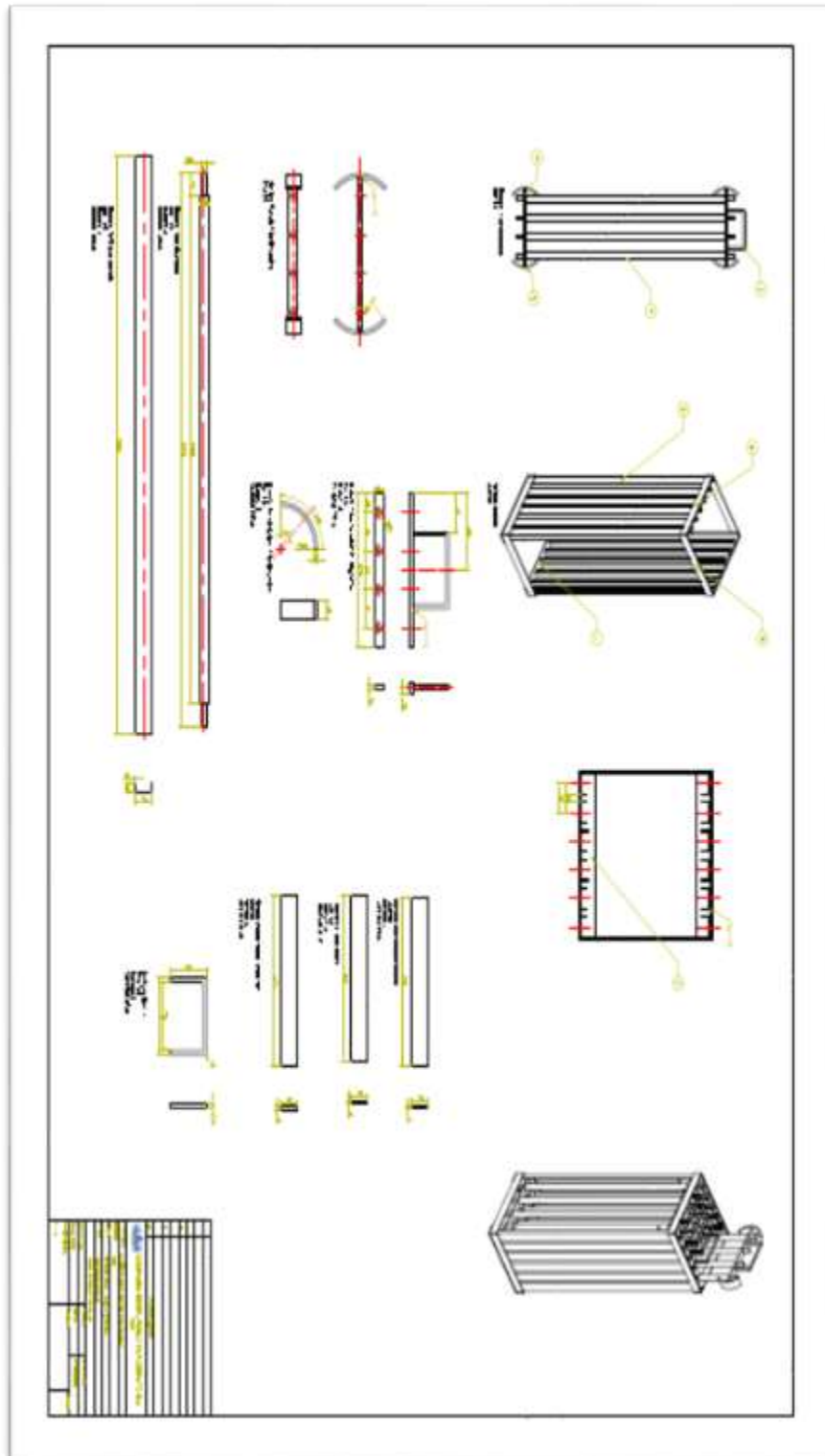
Contenido de Agua supera el máximo permitido para el producto en uso. Verificar fuga o contaminación externa, evaluar cambio de la carga de lubricante.

COPEC

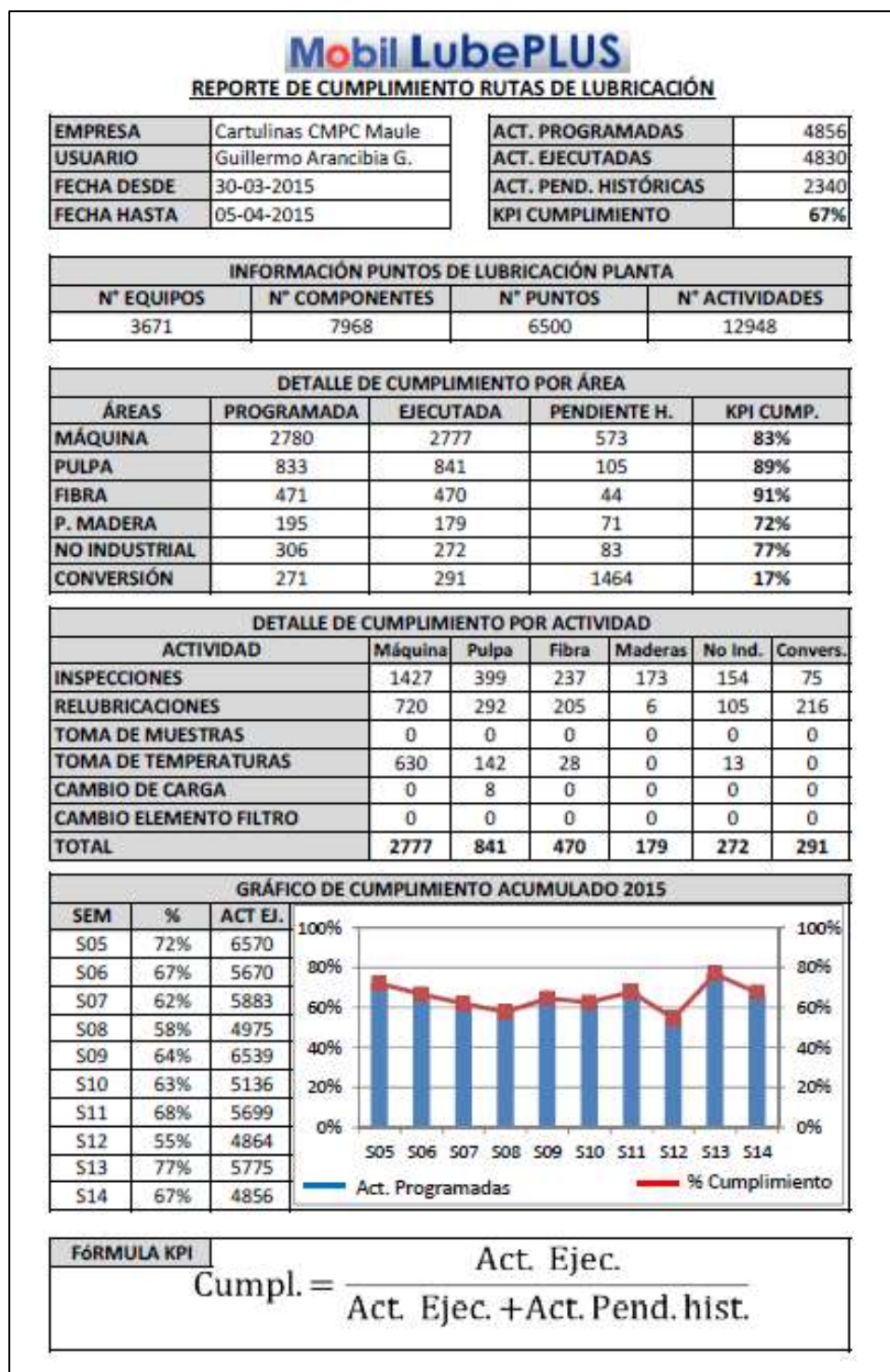
Primera en servicio

CERTIFICACIÓN ISO 9001-2008 emitida por BUREAU VERITAS

Anexo IV: Plano Filtro Magnético.



Anexo V: Actividades realizadas mediante el uso del software Lubepus.



Anexo VI: Cap. #1 Lubricación Basado en Confiabilidad nivel básico

Anexo VII: Cap. #2 Lubricación Basado en Confiabilidad sistemas de gestión en la lubricación

Anexo VIII: Listado de lubricantes en pañol.