



UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

**“DESARROLLO DE RCM EN UN EQUIPO CRÍTICO
PLANTA CAP ACERO”**

RAÚL EDGARDO GONZÁLEZ VALENZUELA

PROFESOR GUÍA: JOSÉ LUIS MUÑOZ

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL**

**CONCEPCIÓN – CHILE
MES, 2015**



UNIVERSIDAD ANDRÉS BELLO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD Y PROPIEDAD

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD Y PROPIEDAD

Yo, **Raúl Edgardo González Valenzuela**, declaro que este documento no incorpora material de otros autores sin identificar debidamente la fuente.

Concepción, Marzo Mes de 2015

Firma del alumno

*A mis padres por haberme forjado desde pequeño
A mi hermana y sobrinos por todo su cariño*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que directa o indirectamente han sido parte de los proyectos personales que me he puesto como meta, en el cual el apoyo prestado pasa a ser indispensable para lograr los ideales propuestos, con el fin de aprender siempre y crecer como persona y profesional.

También quiero agradecer a mi profesor guía José Luis Muñoz y el equipo de RCM planta CAP, gracias por vuestra disposición ante las muchas dudas surgidas en las innumerables reuniones realizadas y su soporte de conocimientos entregados.

Por último, mis agradecimientos a todas las personas que me siguen instando a continuar adelante en mis aspiraciones profesionales, gracias por ser uno de los cimientos para la realización de los propósitos personales emprendidos.

Resumen

Las plantas de producción necesitan tener mayor disponibilidad en sus activos físicos y para ello se deben destinar recursos al mantenimiento de sus equipos. Lo anterior parece ser una frase fácil de llevar a cabo en la práctica, sin embargo, los recursos se deben dirigir de forma correcta, ya que de no ser así la organización podría caer en despilfarros económicos y pérdida de confiabilidad en sus maquinarias, lo que se traduce en clientes mal atendidos, pedidos con tardía llegada y en cantidades que no corresponde, es decir, mala atención al cliente.

En la industria hay algunas metodologías que se pueden ocupar para aumentar la confiabilidad de la planta a través de sus activos físicos. Una de esas metodologías es el llamado Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), el cual fue utilizado en primera instancia en la industria de la aviación comercial, luego algunas entidades como Fuerzas Armadas y finalmente llevado a aplicarse en la industria.

El presente trabajo, pretende emplear la metodología RCM abarcando la Guillotina de Corte Comercial, que es una crítica máquina de la empresa Cap Aceros, en la cual se requiere aumentar la confiabilidad y disponibilidad de la misma para poder llevar a cabo los compromisos comerciales generados con los exigentes clientes de los productos que esta organización les ofrece.

ÍNDICE GENERAL

I. Tabla de contenido

ÍNDICE GENERAL	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
II. INTRODUCCIÓN	8
II.1. IMPORTANCIA DE RESOLVER EL PROBLEMA	8
II.2. BREVE DISCUSIÓN BIBLIOGRÁFICA	10
II.3. CONTRIBUCIÓN DEL TRABAJO	12
II.4. OBJETIVO GENERAL	13
II.4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
II.5. ALCANCE DEL PROYECTO	13
III. METODOLOGÍA Y DESARROLLO	14
III.1 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN.....	14
III.2 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD BAJO ESTUDIO	16
III.3 DESCRIPCIÓN DE PROBLEMAS Y OPORTUNIDADES DE MEJORA	18
III.4 LIMITACIONES Y ALCANCES DEL PROYECTO	20
III.5 NORMATIVA Y LEYES ASOCIADAS AL PROYECTO.....	20
IV. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS Y OPORTUNIDADES DE MEJORA	22
IV.1 EL MANTENIMIENTO Y SU HISTORIA	22
IV.2 EL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RMC).....	23
IV.3 DESCRIPCIÓN DE OPERACIÓN CAP ACERO	28
IV.3.1 MATERIAS PRIMAS	29
IV.3.2 LAMINACIÓN	30
IV.3.3 TERMINACIÓN	31
IV.4 DESCRIPCIÓN DE ACTIVO FÍSICO GUILLOTINA DE CORTE COMERCIAL	33
IV.4.1 GRUPO DE MANDO	34
IV.4.2 GRUPO DE CIZALLA.....	35
IV.4.3 SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRICACIÓN POR GRASA	36
IV.4.4 SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRICACIÓN POR ACEITE	38
IV.5 IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA Y OPORTUNIDAD DE MEJORA	39
V. INGENIERÍA DEL PROYECTO	41
V.1 HOJAS DE INFORMACIÓN FMEA	45
V.1.1 ANÁLISIS SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRICACIÓN POR GRASA	45
V.1.1.1 DEPÓSITO	45
V.1.1.2 BOMBA	46

V.1.1.3 VÁLVULA DE SEGURIDAD.....	48
V.1.1.4 FILTRO DE DEPÓSITO.....	49
V.1.1.5 FILTRO DE LÍNEA.....	50
V.1.1.6 MANÓMETROS.....	51
V.1.1.7 TRANSDUCTOR.....	52
V.1.1.8 PS BOMBEO.....	53
V.1.1.9 BLOQUES.....	54
V.1.1.10 VÁLVULA CHECK REGULABLE.....	56
V.1.1.11 LÍNEAS.....	57
V.1.1.12 PS PRESIÓN.....	57
V.1.1.13 SENSORES INDUCTIVOS.....	58
V.1.2 ANÁLISIS SISTEMA GRUPO DE MANDO.....	59
V.1.2.1 MOTOR.....	59
V.1.2.2 CORREAS.....	61
V.1.2.3 POLEA.....	63
V.1.2.4 VOLANTE.....	64
V.1.3 ANÁLISIS SISTEMA GRUPO CUERPO CIZALLA.....	65
V.1.3.1 EMBRAGUE.....	65
V.1.3.2 EJE MOTRIZ.....	66
V.1.3.3 FRENO.....	67
V.1.3.4 EJE INTERMEDIO.....	68
V.1.3.5 CORONA.....	70
V.1.3.6 EJE EXCÉNTRICO.....	71
V.1.3.7 CARRO.....	72
V.1.3.8 BLOQUEO DE CUCHILLOS.....	73
V.1.4 ANÁLISIS SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRICACIÓN POR ACEITE.....	74
V.1.4.1 CONJUNTO BOMBA – ENGRANAJE.....	75
V.1.4.2 DEPÓSITO.....	76
V.1.4.3 LÍNEAS.....	77
V.2 HOJAS DE DECISIÓN RCM.....	78
V.2.1 HOJAS DE DECISIÓN SCLG.....	79
V.2.2 HOJAS DE DECISIÓN SISTEMA GRUPO DE MANDO.....	81
V.2.3 HOJAS DE DECISIÓN SISTEMA GRUPO CUERPO CIZALLA.....	82
V.2.4 HOJA DE DECISIÓN SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRICACIÓN POR ACEITE.....	84
V.2.5 RESUMEN COSTOS HOJAS DE DECISIÓN RCM PARA GCC.....	85
V.3 DISPONIBILIDAD OPERATIVA A TRAVÉS DE JACK KNIFE.....	85
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES GENERALES.....	89
VII. GLOSARIO.....	91
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	92
IX. ANEXOS.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS GRUPO DE MANDO.	34
TABLA 2. CARACTERÍSTICAS SISTEMA LUBRICACIÓN POR GRASA.....	37
TABLA 3. CARACTERÍSTICAS SISTEMA CENTRALIZADO LUBRICACIÓN POR ACEITE	38
TABLA 4. MÁQUINAS DE LBR Y TTR CORRESPONDIENTES	42
TABLA 5. ANÁLISIS DEPÓSITO DE SCLG	46
TABLA 6. ANÁLISIS VÁLVULA DE SEGURIDAD DE SCLG.....	47
TABLA 7. ANÁLISIS VÁLVULA DE SEGURIDAD DE SCLG.....	48
TABLA 8. ANÁLISIS FILTRO DE DEPÓSITO DE SCLG.....	49
TABLA 9. ANÁLISIS FILTRO DE LÍNEA DE SCLG.....	50
TABLA 10. ANÁLISIS MANÓMETROS DE SCLG.....	52
TABLA 11. ANÁLISIS TRANSDUCTOR DE SCLG	53
TABLA 12. ANÁLISIS PS BOMBEO DE SCLG	54
TABLA 13. ANÁLISIS BLOQUES DE SCLG	55
TABLA 14. ANÁLISIS VÁLVULA CHECK REGULABLE DE SCLG.....	56
TABLA 15. ANÁLISIS LÍNEAS DE SCLG	57
TABLA 16. ANÁLISIS PS PRESIÓN DE SCLG.....	58
TABLA 17. ANÁLISIS SENSORES INDUCTIVOS DE SCLG.....	59
TABLA 18. ANÁLISIS MOTOR DE GRUPO DE MANDO	60
TABLA 19. ANÁLISIS CORREAS DE GRUPO DE MANDO	62
TABLA 20. ANÁLISIS POLEA DE GRUPO DE MANDO.....	63
TABLA 21. ANÁLISIS VOLANTE DE GRUPO DE MANDO.....	64
TABLA 22. ANÁLISIS EMBRAGUE DE GRUPO CUERPO CIZALLA.....	66
TABLA 23. ANÁLISIS EJE MOTRIZ DE GRUPO CUERPO CIZALLA.....	67
TABLA 24. ANÁLISIS FRENO DE GRUPO CUERPO CIZALLA	68
TABLA 25. ANÁLISIS EJE INTERMEDIO DE GRUPO CUERPO CIZALLA	69
TABLA 26. ANÁLISIS CORONA DE GRUPO CUERPO CIZALLA	70
TABLA 27. ANÁLISIS EJE EXCÉNTRICO DE GRUPO CUERPO CIZALLA.....	71
TABLA 28. ANÁLISIS CARRO DE GRUPO CUERPO CIZALLA.....	73
TABLA 29. ANÁLISIS BLOQUEO DE CUCHILLOS DE GRUPO CUERPO CIZALLA.....	74
TABLA 30. ANÁLISIS CONJUNTO BOMBA - ENGRANAJE SCLA.....	75
TABLA 31. ANÁLISIS DEPÓSITO SCLA	77
TABLA 32. ANÁLISIS LÍNEAS SCLA	78
TABLA 33. HOJA DE DECISIÓN RCM PARA SCLG	80
TABLA 34. HOJA DE DECISIÓN RCM SISTEMA GRUPO DE MANDO.....	81
TABLA 35. HOJA DE DECISIÓN RCM SISTEMA GRUPO CUERPO CIZALLA.....	84
TABLA 36. HOJA DE DECISIÓN RCM SCLA	84
TABLA 37. RESUMEN COSTO TOTAL RCM	85
TABLA 38. ANÁLISIS COMPARATIVO COSTO NO PRODUCCIÓN AÑO 2014 v/s 2015	88

ÍNDICE DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN 1. ORGANIGRAMA ESTRUCTURA GERENCIA CAP ACERO	16
ILUSTRACIÓN 2. GUILLOTINA DE CORTE COMERCIAL	18
ILUSTRACIÓN 3. ÁRBOL DE DECISIÓN RCM	28
ILUSTRACIÓN 5. PROCESO DEL LAMINADOR DE BARRAS RECTAS	32
ILUSTRACIÓN 6. GUILLOTINA DE CORTE COMERCIAL Y ALGUNOS COMPONENTES.	33
ILUSTRACIÓN 7. GRUPO DE MANDO GUILLOTINA DE CORTE COMERCIAL	34
ILUSTRACIÓN 8. GRUPO CIZALLA GUILLOTINA DE CORTE COMERCIAL	36
ILUSTRACIÓN 9. SISTEMA LUBRICACIÓN POR GRASA	38
ILUSTRACIÓN 10. UNIDAD LUBRICACIÓN POR ACEITE	39
ILUSTRACIÓN 11. JUSTIFICACIÓN RCM A GCC CAP ACEROS	42
ILUSTRACIÓN 12. DESGLOSE SISTEMAS Y SUBSISTEMAS DE GCC	44
ILUSTRACIÓN 13. DEPÓSITO UNIDAD DE GRASA	45
ILUSTRACIÓN 14. CONJUNTO BOMBA UNIDAD DE GRASA	46
ILUSTRACIÓN 15. VÁLVULA SEGURIDAD UNIDAD DE GRASA	48
ILUSTRACIÓN 16. FILTRO DEPÓSITO UNIDAD DE GRASA	49
ILUSTRACIÓN 17. FILTRO LÍNEA UNIDAD DE GRASA	50
ILUSTRACIÓN 18. MANÓMETRO UNIDAD DE GRASA	51
ILUSTRACIÓN 19. TRANSDUCTOR UNIDAD DE GRASA	52
ILUSTRACIÓN 20. PS BOMBEO UNIDAD DE GRASA	53
ILUSTRACIÓN 21. SISTEMA DISTRIBUCIÓN LUBRICANTE POR BLOQUES UNIDAD DE GRASA	54
ILUSTRACIÓN 22. VÁLVULA CHECK REGULABLE UNIDAD DE GRASA	56
ILUSTRACIÓN 23. PS PRESIÓN UNIDAD DE GRASA	57
ILUSTRACIÓN 24. SENSOR INDUCTIVO UNIDAD DE GRASA	58
ILUSTRACIÓN 25. MOTOR ELÉCTRICO GRUPO DE MANDO	59
ILUSTRACIÓN 26. TRANSMISIÓN POR CORREAS GRUPO DE MANDO	61
ILUSTRACIÓN 27. POLEAS GRUPO DE MANDO	63
ILUSTRACIÓN 28. VOLANTE GRUPO DE MANDO	64
ILUSTRACIÓN 29. EMBRAGUE GRUPO CIZALLA	65
ILUSTRACIÓN 30. EJE MOTRIZ GRUPO CIZALLA	66
ILUSTRACIÓN 31. EJE INTERMEDIO GRUPO CIZALLA	68
ILUSTRACIÓN 32. CORONA GRUPO CIZALLA	70
ILUSTRACIÓN 33. EJE EXCÉNTRICO GRUPO CIZALLA	71
ILUSTRACIÓN 34. CARRO GRUPO CIZALLA	72
ILUSTRACIÓN 35. SISTEMA BLOQUEO CUCHILLOS GRUPO CIZALLA	73
ILUSTRACIÓN 36. BOMBA ENGRANAJES GRUPO CIZALLA	75
ILUSTRACIÓN 37. DEPÓSITO EN SISTEMA LUBRICACIÓN POR ACEITE GRUPO CIZALLA	76
ILUSTRACIÓN 38. LÍNEAS SISTEMA LUBRICACIÓN POR ACEITE GRUPO CIZALLA	77
ILUSTRACIÓN 39. VARIACIÓN DE NO DISPONIBILIDAD DE GCC	87
ILUSTRACIÓN 40. COMPARACIÓN GRÁFICA COSTO NO PRODUCCIÓN AÑO 2014 v/s 2015	88

II. INTRODUCCIÓN

Desde hace ya unas décadas, el Mantenimiento Industrial ha ido en franco aumento en su lugar de importancia en las organizaciones, incrementando su frecuencia y calidad de ejecución debido principalmente a la paulatina significancia que han tenido los sistemas automatizados y a la gradual dependencia por parte de los usuarios de las máquinas, las cuales han aportado aumentando la producción y la productividad en la industria.

En el sentido antes descrito, es primordial utilizar sistemas y métodos de Mantenimiento que sean confiables y que puedan aumentar la disponibilidad y eficiencia de las máquinas, además de ser confiables y amigables con el medio ambiente y con el cuidado de las personas.

Una de las metodologías de Mantenimiento utilizadas para lograr los objetivos ya singularizados es el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), el que es aplicable a cualquier activo físico al que se desee aumentar su disponibilidad. Éste es un proceso usado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual, identificando funciones, modos de falla de distintos componentes y sus respectivas criticidades. Dicho proceso fue utilizado principalmente en la industria de la Aviación y desde el año 1985 aproximadamente amplió su campo de aplicación a la Industria.

El presente proyecto aplica el desarrollo de la metodología del RCM a la Guillotina de Corte Comercial de la Unidad Laminador de Barras Rectas de CAP Acero, la cual posee una alta criticidad en la producción de barras de acero, ya que gran parte del producto terminado pasa por dicha maquinaria, siendo esencial que su disponibilidad y confiabilidad operativa sea la mayor posible.

II.1. Importancia de resolver el problema

Las organizaciones en el presente deben buscar distintas alternativas para ser competitivas y diferenciarse, esto con el fin de permanecer vigentes en el mercado

ofreciendo sus productos y servicios. Por lo anterior, es importante ver en qué frentes se pueden generar disminuciones de costos, revisar en forma constante la cadena de valor, dedicar tiempo y recursos a la innovación tecnológica y como en el presente caso, también enfocar los esfuerzos de la empresa en la gestión de los costos de mantenimiento.

La gestión del mantenimiento a nivel industrial, dependiendo de cada organización, tiene variadas alternativas las cuales van desde abarcar todas las fallas que pueda tener un activo físico (Mantenimiento Productivo Total) u otro en el cual la orientación se enfoque solamente en las fallas que tengan mayores consecuencias para las personas, el medio ambiente y las operaciones y además genere una disminución de los costos en el mediano y largo plazo (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad). Así cada empresa usará sus recursos disponibles para derivar a una u otra forma de gestionar el mantenimiento y con ello ejecutar las estrategias de mantenimiento propias de cada metodología.

La planta CAP Acero, debido a los constantes cambios en el mercado del acero, la competencia creciente y agresiva del mercado Chino entre otros y la obligación de mejorar los procesos internos para ser sostenible en el tiempo como organización, hace dirigir esfuerzos a la disminución de costos de mantenimiento, por lo que la filosofía del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RMC) ayuda a seguir este lineamiento estratégico.

La importancia de desarrollar la metodología RCM para el activo Guillotina de Corte Comercial (GCC) en planta CAP Acero, es fundamental debido a su alta criticidad en la producción, asimismo que a través de dicho desarrollo se incrementa el conocimiento de los operadores y mantenedores de la maquinaria y se centran los esfuerzos en disponer los escasos recursos en las fallas más catastróficas que pueda presentar el activo.

En consecuencia, utilizando el RCM se logra el objetivo principal de disminuir los costos de mantenimiento, sosteniendo o incluso aumentando la Confiabilidad del activo físico en estudio, ya que algunas tareas de Mantenimiento Preventivo (MP) pueden quedar eliminadas de las nuevas estrategias que se usen producto de los resultados del análisis del equipo multidisciplinario RCM, además se mejoran los procedimientos tanto de

operadores, como de mantenedores, debido a que aumentan sus conocimientos técnicos, se familiarizan de mejor forma con su propio trabajo y los de sus colegas, obteniendo un gran grado de pertenencia con la participación en el progreso del proyecto.

II.2. Breve discusión bibliográfica

La importancia del Mantenimiento en los procesos, ha ido de la mano con el aumento de las exigencias de Confiabilidad y Disponibilidad de los equipos, esto debido a que las rigurosidades de los requerimientos y las expectativas de los consumidores de productos y servicios se van incrementando más y más. Es así como se pasó de una 1era 2da y 3era Generación de Mantenimiento, la cual fue evolucionando a medida que se incrementaba la demanda por maquinarias disponibles y la tecnología fue en progreso.

La industria de la aviación comercial fue pionera en el uso de la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, esto gatillado por la necesidad de disminuir la cantidad de accidentes aéreos, los cuales tenían tasas de 60 accidentes por cada millón de despegues a finales de 1950 y además se conocía que un tercio de los siniestros eran provocados por fallas en los equipos. Lo anterior hace incuestionable buscar los medios disponibles para aumentar la confiabilidad de los equipos que estén fallando y que la tasa de accidentes que iba en aumento cambie su tendencia (Pérez, 2012).

La aviación comercial logró con muy buenos resultados afrontar el problema ya descrito, por lo que la misma metodología empezó a expandirse hacia otros campos como el Ejército, la Fuerza Aérea y la Armada principalmente en EE.UU., al tener también en otros sectores resultados satisfactorios, se lleva este modo de abarcar las fallas a la Industria, en la cual uno de los actores protagónicos es John Moubray, quien con su experiencia en la formulación de estrategias se interesó en el modelo usado y logró aplicarlo en la Industria Minera primeramente, la que por su exitoso modelo se desplegó a varios países y muchas industrias también.

Uno de los problemas presentados, a medida que la metodología se fue implementando en varios sectores en forma transversal, fue que en algunas organizaciones no se desarrollaba de una forma que pudiera ser llamada RCM como tal, por lo que surgió

la necesidad imperativa de crear una Norma que fuera una especie de guía a consultar paso a paso. Fue así como después de años de trabajo y consenso entre varios expertos, se creó la Norma SAE JA1011 y posteriormente la Norma SAE JA1012, las cuales conforman el cuerpo y los pasos que se deben seguir para que un proceso pueda ser nombrado como un RCM (Pérez, 2012)

La filosofía RCM aplicado a la industria pudo aportar otras consideraciones que en un principio cuando el método se utilizaba solamente para la aviación comercial no se trataban, como son la seguridad de las personas, el compromiso con el medio ambiente, los que están muy en boga hoy en día. En Ecuador el uso del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad se ejecuta en algunas instalaciones industriales siguiendo los patrones aplicados e incluidos en esta forma de hacer mantenimiento. Básicamente el análisis identifica las funciones de los equipos, sus fallas funcionales (momento en que no cumple con la función), sus modos de fallas (las formas en que se puede provocar una falla funcional) y sus consecuencias (seguridad a las personas, al medio ambiente y a las operaciones). Gracias a la exhaustiva observación y generación de distintas visiones en el análisis, se llega a generar un menor costo en mantenimiento, debido a que el número de tareas a realizar se reducen, concentrando los esfuerzos solamente en las más importantes; los costos de mantenimiento preventivo bajan alrededor de un 60% y aumentan los de mantenimiento a condición en un 40%, lo último porque hay nuevas tareas también que antes no se estimaban hasta antes del estudio; el RCM deja un registro documentado el cual guarda los eventos de pérdidas de función, por lo que puede servir a los operadores y mantenedores como guía de fallas anteriores y además se eleva el nivel técnico de las personas involucradas en el funcionamiento y la mantención (Poveda, 2011).

En un caso, se implementó la metodología RCM en una compañía de Transporte de Carga en la que se tenían estrategias muy maduras de Mantenimiento Preventivo, sin embargo, se logró identificar gracias a la aplicación de la metodología RCM, que la Carga de Trabajo de Mantenimiento (CTM) estaba sobredimensionada y que el uso de recursos se pudo reorientar y mejor utilizarlos. Se rompieron los paradigmas clásicos de hacer las cosas de un modo distinto y se consigue salir del estado de “confort” que otorga el tener

los recursos disponibles para las tareas de Mantenimiento (Montilla, Arroyave, J.F., & Silva, M.C.E., 2007).

Como se ha demostrado, en general el método de implementar un plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad por una Entidad, logra orientar esfuerzos, disminuir costos y mantener estándares de operación. Sin embargo, durante el avance del proyecto y las reuniones del grupo RCM, se alargan en demasía los análisis, ya que no hay un marco a seguir para el nivel de detalle y profundidad con el cual se quiera abarcar un Sistema, Subsistema y/o Componente del activo que se está evaluando. Una de las soluciones planteadas a esta cuestión, es la creación de la Norma ISO 14224, la cual es una herramienta ideada para el registro de datos durante el tratamiento con metodología RCM de un equipo, además otorga márgenes claros a seguir y estandariza el lenguaje, el que puede ser compartido y comparado con otras organizaciones. Dicha Norma es acompañada de OREDA, que es la base de datos que recepciona la información. Con esta modalidad de abordar el RCM, se acotan más los tiempos de observaciones que utiliza el equipo de expertos que participan en las reuniones del proyecto (Troffé, 2011)

II.3. Contribución del trabajo

Para el proceso de implementación en sí, el aporte como Facilitador incluye poder integrar el equipo de trabajo designado para el desarrollo del proyecto RCM de la Guillotina de Corte Comercial.

Como experiencia de ser parte constituyente de grupo de expertos para realizar los análisis es innegable subrayar que significa importante el poder alimentarse del profesionalismo y conocimiento de otros profesionales con experiencia, además de poder contribuir en el futuro en otros tantos procesos en distintas industrias, ya que la metodología RCM es perfectamente aplicable en situaciones en que las organizaciones deseen innovar en sus procesos internos y gestionar de una manera eficaz sus recursos de mantenimiento.

II.4. Objetivo general

Aplicar la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en el equipo crítico Guillotina de Corte Comercial del Laminador de Barras Rectas de CAP Acero.

II.4.1. Objetivos específicos

- a) Conocer los principios del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad a través de lectura bibliográfica y ejemplos de aplicaciones de la metodología RCM realizada en otros activos y procesos
- b) Recopilar información de distintas fuentes para conocer los variados sistemas y subsistemas que conforman la Guillotina de Corte Comercial (GCC) del Laminador de Barras Rectas (LBR)
- c) Aplicar la metodología RCM al activo físico GCC del LBR, previo análisis a su contexto operacional actual
- d) Realizar una evaluación técnico – económica del proyecto RCM para emitir un informe final

II.5. Alcance del proyecto

Los alcances del proyecto incluyen el desarrollo de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en el cual participa un grupo multidisciplinario de planta CAP acero y se llevan a cabo reuniones semanales, se revisan avances de compromisos acordados, se confeccionan tablas de criticidad de cada componente y se proponen las Estrategias de Mantenimiento más convenientes para la Guillotina de Corte Comercial.

Hacia el final del proyecto se debe evaluar la factibilidad técnico-económica del estudio y ser estimada por la Gerencia de Mantenimiento, con el objetivo final de disponer los recursos para la implementación de las estrategias de mantenimiento a aplicar en la maquinaria.

III. METODOLOGÍA Y DESARROLLO

III.1 Descripción de la organización

Desde el año 1950 el acero en Chile se asocia a una marca: Productos CAP, desarrollados por CAP Acero, una empresa líder en calidad e innovación que cuenta con la más avanzada tecnología para proveer las soluciones en acero que apoyan el crecimiento del país.

CAP Acero es una industria siderúrgica integrada única en su tipo en Chile. Esto quiere decir que elabora sus productos a partir de materias primas básicas presentes en la naturaleza tales como material de hierro, carbón y caliza, lo que garantiza acero de alta pureza y calidad controlada.

Desde su fundación en 1950, la capacidad de producción de la Compañía ha aumentado en más de ocho veces, llegando hoy a 1.000.000 toneladas de acero líquido, con lo cual consolida su liderazgo en el mercado nacional. Actualmente CAP Acero, cuya razón social es Compañía Siderúrgica Huachipato S.A. cubre las necesidades de importantes sectores de la economía del país: minería, industria metalmecánica, construcción y elaboración de envases de hojalata. Además los productos CAP están presentes en exigentes mercados internacionales.

Hoy cerca de 2000 personas trabajan directamente en la Compañía, la que a su vez, ofrece un importante espacio de desarrollo a muchísimas pequeñas y medianas empresas que la proveen de insumos y servicios.

A la constante capacitación y entrenamiento de sus trabajadores, CAP Acero suma inversión en tecnología y equipamiento de avanzada, compatibles con un desarrollo sustentable. De este modo, mantiene la excelencia en sus procesos y logra calidad creciente en sus productos en un marco de respeto por el medio ambiente.

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

La Visión de CAP Acero es liderar en Chile el negocio del acero en todas sus formas y desarrollar nuevas oportunidades en el área de tecnologías siderúrgicas.

La composición actual de la Gerencia de Cap Acero se compone de la siguiente forma:

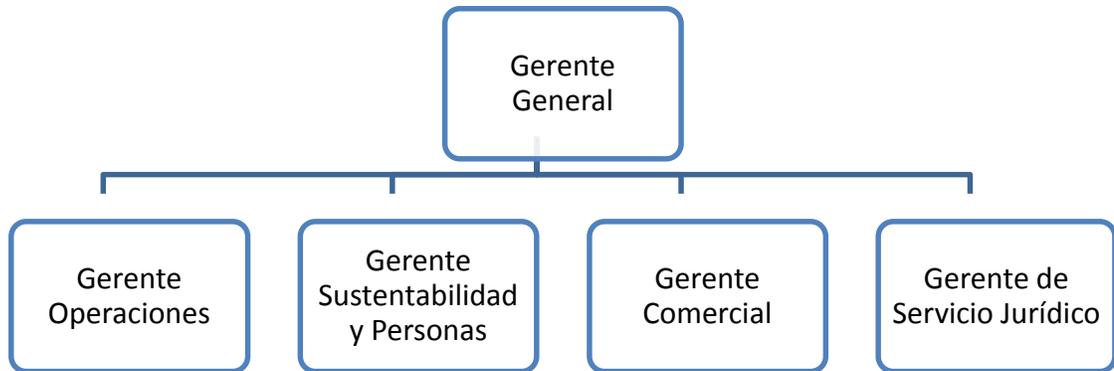


Ilustración 1. Organigrama estructura Gerencia Cap Acero

III.2 Descripción de la unidad bajo estudio

Con la finalidad de abastecer las crecientes demandas de la industria de la construcción y la minería, es que durante el año 2008 CAP Acero toma la importante decisión estratégica de adquisición y posterior puesta en marcha de un nuevo y moderno Laminador de Barras Rectas, el cual actualmente posee el mayor porcentaje de la producción de planta y que bordea el 60%. Este Laminador produce en forma continua Barras para Molienda, Barras de Hormigón, entre otros, las que cumplen con los estándares requeridos por ejemplo de las normas antisísmicas en la construcción y abastecen con la calidad exigida a nivel nacional con expansión también a los mercados fuera de las fronteras del país.

En el proceso del Laminador de Barras Rectas, el cual posee una capacidad de producción de 550.000 toneladas/año, las barras de distintos diámetros son divididas por un corte realizado por cizalle en la Guillotina de Corte Comercial, el que conforme ha ido creciendo la demanda de los productos que pasan por este proceso, ha incrementado su criticidad dentro del parque de activos que tiene CAP Acero. Por consiguiente, el

mantener la Guillotina de Corte Comercial en funcionamiento óptimo, con disponibilidad y confiabilidad operativa, es una tarea primordial para cumplir con los pedidos comprometidos por parte de la empresa hacia sus rigurosos clientes.

El activo bajo estudio posee sistemas neumáticos, de lubricación, eléctricos, entre otros, los cuales serán abordados por cada especialista que compondrá el equipo RCM, los cuales deben aportar sus conocimientos y complementarlos con los de otros integrantes del grupo de trabajo a fin de alcanzar los objetivos principales para el desarrollo de la metodología en el activo físico seleccionado.

La Guillotina de Corte Comercial tiene como función principal dar el corte a las barras de acero que se procesan en el Laminador de Barras Rectas de planta CAP Acero, asimilando dicho concepto, es posible ir posteriormente conociendo el equipo más profundamente e ir reconociendo en detalle las funciones de sus componentes y subcomponentes (primera tarea en metodología RCM). El método de trabajo consistirá en explorar la maquinaria en sus funciones y qué modos de falla harían que las funciones para las que está diseñada la máquina y que producción necesita que se hagan, no se estén ejecutando (fallas funcionales). Por último, el estudio permitirá averiguar cuáles son los modos de falla más preponderantes y de esta forma encontrar la mejor solución.



Ilustración 2. Guillotina de Corte Comercial

III.3 Descripción de problemas y oportunidades de mejora

Debido al contexto actual que se vive, en el cual la globalización posee la capacidad de mejorar algunos aspectos como la conectividad que afecta tanto a las personas como a las organizaciones, también hacen más fuerte la competencia entre las distintas industrias en todos los rubros a nivel mundial, por lo que las industrias se ven en la obligación de innovar en sus productos y procesos, buscar nuevos mercados y fortalecer los actuales, todo ser más competitivos y generar diferenciación. Por lo mismo, las empresas que ofrecen productos y servicios deben ser más eficientes y velar porque sus pedidos lleguen a tiempo al consumidor con la calidad comprometida y la cantidad solicitada por el cliente, de forma de fidelizarlos y lograr mantenerse vigentes en los mercados.

En el mismo entorno global, China, una de las potencias más grandes a nivel mundial y otros países, han logrado penetrar mercados en los que hasta hace unos años atrás tenían otros protagonistas principales. Uno de esos mercados es la producción de

acero, por lo tanto, CAP acero se ha visto en la obligación de gestionar sus costos operacionales, de mantenimiento y otros con la finalidad de ser animador nuevamente en el mundo como una de las empresas con mayor producción de aceros y con la mejor calidad del mercado. Justamente por la gran competencia exterior, CAP Acero ha debido reorientar sus procesos y negocios, con lo que se dejan de fabricar algunos productos, para dar mayor énfasis a otros potencialmente mejores para mantener la competitividad de la compañía con los escenarios indicados. Por consiguiente, es requerido implementar todas las herramientas a disposición de la organización y que lleven a cumplir los objetivos de los directorios, gerentes y ejecutivos.

La producción actual de CAP Acero se centra en la elaboración de barras de acero, con lo cual la Guillotina de Corte Comercial, objeto del desarrollo del RCM, posee una alta criticidad dentro de la producción en el Laminador de Barras Rectas de la planta, ya que más del 60% de la fabricación total debe pasar por esta máquina, por lo mismo, aumentar su disponibilidad de operación es indispensable para dar cumplimiento a las distintas órdenes de pedidos de los exigentes clientes, disminuir los costos de mantenimiento por paradas no programadas y generar Estrategias de Mantenimiento acorde con los requerimientos operativos.

Al aplicar la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad se consigue identificar y puntualizar las distintas fallas funcionales en componentes y subcomponentes del equipo y sus respectivos y más característicos modos de falla, con lo que se logra generar los Planes de Mantenimiento más idóneos para el activo físico en estudio y así alcanzar aumentar la disponibilidad y confiabilidad esperada. RCM también puede orientar al equipo encargado del análisis a reconocer qué fallas son las que se originan, por qué se producen, cómo atacarlas, usando todo tipo de información disponible como por ejemplo a través del fabricante, vendedores técnicos autorizados, operadores y mantenedores. Todos los actores indicados pueden aportar con sus experiencias y conocimientos a enriquecer la dinámica con la que se debe trabajar y enfocar este procedimiento.

La oportunidad de mejora presentada a través del RCM es utilizar este método y realizar el desarrollo en la Guillotina de Corte Comercial con un equipo multidisciplinario, los que aporten con su experiencia y conocimientos a la toma de decisiones de la Gerencia del área a fin de implementar los Programas de Mantenimiento definidos a lo largo del análisis.

III.4 Limitaciones y alcances del proyecto

Los alcances del proyecto incluyen el desarrollo de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en el cual participa un grupo multidisciplinario de planta CAP acero y se llevan a cabo reuniones semanales, se revisan avances de compromisos acordados, se confeccionan tablas de criticidad de cada componente y se proponen las Estrategias de Mantenimiento más convenientes para la Guillotina de Corte Comercial.

Hacia el final del proyecto se debe evaluar en forma general la factibilidad técnico-económica de la implementación del RCM para el equipo, el cual debe ser estudiado y estimado por la Gerencia de Mantenimiento, por lo que este trabajo, si bien sigue todos los pasos del método RCM para su puesta en marcha, no implica su implementación en el activo físico al cual es aplicado.

III.5 Normativa y leyes asociadas al proyecto

Existen diferentes formas de abarcar el método de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, en el cual no hay límites bien especificados de cuál debe ser el nivel de detalle a analizar y esto puede presentar un problema a la larga en el sentido de la cantidad de horas que dedique el equipo RCM a hacer los análisis de fallas funcionales y modos de falla en los distintos componentes del activo físico al que se desea abordar, por el contrario un nivel de detalle demasiado genérico puede otorgar una visión errónea del estudio llevado a cabo, lo que puede desembocar en definir una Estrategia de Mantenimiento que no sea la mejor.

Por otro lado, se debe tener un procedimiento en el cual enmarcar si verdaderamente se está aplicando el RCM o no, ya que se han implementado algunos otros

procedimientos de trabajo similares, pero que no necesariamente puedan ser catalogados como un RCM. Para cumplir con estos márgenes es que se creó la Norma SAE JA 1011, la cual a través de algunos parámetros de pasos a realizar valida si la metodología RCM se estaría o no adaptando al equipo examinado. El RCM, según indica la norma SAE, debe responder a 7 preguntas y en el orden que se demuestra de la siguiente forma:

1. ¿Cuáles son las funciones deseadas y los estándares de desempeño asociados del activo en su contexto operacional presente (funciones)?
2. ¿De qué manera puede fallar al cumplir sus funciones (fallas funcionales)?
3. ¿Qué causa cada falla funcional (modos de falla)?
4. ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla funcional (efectos de la falla)?
5. ¿De qué manera afecta cada falla (consecuencia de la falla)?
6. ¿Qué se debe hacer para prevenir o predecir cada falla (tareas proactivas o intervalos de tareas)?
7. ¿Qué se debe hacer si una tarea proactiva que conviene no está disponible (acciones predeterminadas)?

La serie de preguntas realizadas en secuencia debe ser respondida por el equipo RCM, el cual debe investigar con las distintas fuentes de información disponibles (fabricante, operadores, mantenedores y máquinas de similares características en entornos operacionales comparables) con el fin de tomar las decisiones correctas en los futuros Programas de Mantenimiento a realizar y también aplicar la disciplina de la manera apropiada.

La Norma SAE JA 1011 fue emitida en Agosto del año 1999, después fue profundizada más aún en su versión SAE JA 1012 emitida en Enero del año 2002. En esta nueva versión se incorporaron algunos conceptos, definiciones y se logra de mejor forma el objetivo de estandarizar los procedimientos que se requieren para que un equipo de trabajo pueda definir su proceso como un real proceso RCM.

IV. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS Y OPORTUNIDADES DE MEJORA

Para llegar a la identificación de los problemas a resolver en este estudio, primero se dará a conocer el contexto general que juegan parte importante, como es la descripción del mantenimiento, RCM, la operación en CAP Acero y el activo físico objeto de análisis.

IV.1 El mantenimiento y su historia

El mantenimiento industrial ha ido en constante cambio conforme va avanzando el tiempo. Los cambios se deben a la gran variedad de nuevos y complejos activos físicos en las distintas industrias, dichas transformaciones en el mantenimiento obligan a las organizaciones a designar recursos para aumentar su confiabilidad y disponibilidad. Si se pudieran encontrar los argumentos para explicar del por qué el mantenimiento industrial es ahora más indispensable que hasta hace unos 30 o 40 años atrás, se podría decir que básicamente las expectativas de productos por parte de los consumidores, así las expectativas de maquinarias con mayor disponibilidad por parte de los operadores han aumentado, lo que quiere decir que en la actualidad los usuarios de los activos físicos o maquinarias tienen mayores expectativas del tiempo en que deban las máquinas deban mantenerse operando sin fallar y las organizaciones también poseen más perspectivas del poder de la gerencia de mantenimiento del buen uso de recursos asignados para su gestión año a año.

En la actualidad las expectativas no sólo se enfocan a que las maquinarias funcionen, sean confiables y estén disponibles para la operación. También hay un importante foco antes no visualizado, el cual es tan o más importante que el anterior y es que si una máquina o proceso pudiera causar un problema de una cierta gravedad en su interacción con la seguridad y el medio ambiente, debe esto ser incluido en la gestión del mantenimiento y ser parte de las estrategias del corto, mediano y largo plazo.

Los cambios en los que se ha visto envuelto el mantenimiento, van en orden cronológico desde la Primera Generación, el cual se enmarca hasta los años de la Segunda Guerra Mundial y su contexto indica que no había demasiada industria mecanizada, por lo que el mantenimiento no era muy necesario, en consecuencia no había gestión alguna; En la Segunda Generación, durante la Segunda Guerra Mundial, empiezan los cambios

debido al aumento de la demanda por bienes y servicios para la guerra lo que llevó a un aumento en el uso de mecanización de algunas operaciones y consecuencia de aquello se inicia el uso en alguna medida de Mantenimiento Preventivo (aumento del costo de mantenimiento), en esta etapa se inicia una especie de dependencia de las máquinas y su disponibilidad asoma como un factor de importancia; La Tercera Generación, que abarca desde la década de los 70 hasta la actualidad, impulsa más aún las expectativas de mantenimiento y de la mano con las nuevas tecnologías promueven el uso de conceptos como Mantenimiento Predictivo, la preocupación constante por la seguridad y el medio ambiente y la importancia de gestionar de manera adecuada los recursos de mantenimiento en las organizaciones. Dentro de algunas de las formas de gestión del mantenimiento se encuentra el uso de la metodología llamada Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).

IV.2 El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RMC)

La industria de la aviación civil internacional fue la pionera en el uso de la metodología RCM aplicándolo en sus equipos, con lo que logró dar mayor confiabilidad a sus vuelos y conseguir una baja tasa de accidentabilidad, lo que desemboca en un incremento de sus márgenes debido a que los pasajeros fueron con mayor certidumbre a tomar sus viajes. En la década de los 80 el RCM empezó a extender su horizonte de aplicación y es así como se tomó a la industria como nuevo foco, en el cual las maquinarias requerían de un sistema que aplicado a ellos pudiera dar mayor capacidad operativa y disminuir la cantidad de fallas.

El Mantenimiento puede definirse como la forma de asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan. Con alguna diferencia el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad puede definirse como un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual. De la definición se puede desprender que el RCM va un poco más allá de la definición clásica del mantenimiento, ya que incluye conceptos propios que son la base de la metodología.

El RCM dentro de su proceso utiliza 7 preguntas básicas que se indican a continuación:

- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera falla al satisfacer dichas funciones?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Las anteriores preguntas llevan a conocer las claves del procedimiento de RCM y que dan respuestas a los conceptos que se abordan para el análisis como son las Funciones y Parámetros de Funcionamiento, Fallas Funcionales, Modos de Falla, Efectos de Falla y Consecuencias de Falla.

- **Funciones** : Las funciones de un activo físico son aquellas que el elemento posee y por el cual la compañía adquirió dicho activo, en el caso de la Guillotina de Corte Comercial, fue adquirida para procesar el acero laminado en barras mediante el corte por cizalle. También se incluyen en este concepto los Parámetros de Funcionamiento, que son los que debe cumplir la maquinaria y que son los que los usuarios quieren que cumpla.
- **Fallas Funcionales** : Una vez definida la función y su parámetro de funcionamiento, la falla funcional se define como la incapacidad del activo físico de cumplir la función para la cual se adquirió o realiza la función pero debajo del nivel mínimo operacional esperado.
- **Modos de Falla** : Es cualquier evento que cause una falla funcional, es decir, una pérdida de función del activo. Estos se deben describir de la mejor forma posible, pero también se debe tener cuidado en el grado de profundidad de la indagación de datos generada, de tal modo de no gestar información sin valor.

- Efectos de Falla : Los efectos de falla describen qué pasa cuando ocurre un modo de falla. Los analistas deben describir en qué forma se evidencia la falla para que los resultados de la metodología ataquen directamente y de manera más eficaz los efectos de falla.

- Consecuencias de Falla: Las consecuencias de falla son aquellas que miden el nivel de importancia de los efectos de las fallas. Las consecuencias pueden ser perjudiciales para la seguridad (personas), el medio ambiente, la producción, calidad del producto, servicio al cliente, entre otras.

Los pasos seguidos en forma secuencial en la aplicación del RCM, lleva finalmente a conocer en qué forma puede fallar el activo físico y cuáles serían las consecuencias separadas por prioridades y nivel de gravedad. De esa forma se pueden asignar los medios económicos, los que irán dirigidos a sacar el mayor provecho posible, evitando los despilfarros y haciendo más eficiente el uso de recurso humano, insumos de mantenimiento, planificación, entre otros.

Las decisiones que se pueden tomar en cuanto a las estrategias de mantenimiento están dadas por las consecuencias de las fallas y los recursos asignados. Algunas de las estrategias que puede tomar la organización en la práctica pueden ser:

- Reacondicionamiento Cíclico : El que consiste en reacondicionar la capacidad de un elemento o componente antes o en el límite de edad definido, independientemente de su condición en ese momento.

- Sustitución Cíclica : El que consiste en descartar un elemento o componente antes o en el límite de edad definida, independientemente de su condición en ese momento.

- Tareas a condición : Las que consisten en chequear si hay fallas potenciales a través del mantenimiento predictivo, para que se pueda actuar para prevenir la falla funcional o evitar las consecuencias de la falla funcional.

- Acciones a Falta de : Las acciones a falta de, son las que se toman cuando en los casos de fallas de seguridad o medio ambiente no hay tareas

proactivas que reduzcan en forma considerable y aceptable sus consecuencias, en este caso el rediseño es una acción a falta de.

Es sumamente relevante durante el proceso de ejecución RCM poder separar las fallas evidentes de las fallas ocultas. Las fallas evidentes son aquellas cuya falla eventualmente e inevitablemente se harán evidentes por sí solas a los operarios en circunstancias normales y esto ocurre a través de alarmas sonoras, consumo extra de energía, mala calidad del producto, humo, olores extraños, etc. Por otro lado, también existen las fallas ocultas, las cuales no se hacen evidentes por sí solas a los operarios en circunstancias normales. En este último caso, se debe tener especial cuidado, ya que varias de las fallas en muchos activos físicos están relacionadas con fallas ocultas. Las fallas ocultas pueden también desembocar en consecuencias de seguridad, medioambientales, operacionales y no operacionales.

Conociendo las consecuencias de las fallas, se puede determinar según su clasificación si merece la pena realizar alguna tarea proactiva o de rediseño. Para el caso de los modos de falla con consecuencias para la seguridad o el medio ambiente, solamente merece la pena realizar una tarea proactiva (reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica o tareas a condición) si esta reduce la probabilidad de falla a un nivel tolerablemente bajo, si no se da dicha condición es obligatorio aplicar la acción de rediseño. Por otro lado, si los modos de falla analizados tienen consecuencias operacionales (falla de producción, falla en la calidad del producto, falla en la entrega o servicio al cliente), solamente merece la pena realizar una tarea proactiva si a lo largo de un período de tiempo, cuesta menos que el costo de las consecuencias operacionales más el costo de reparar la falla que pretende evitar. Por último, para fallas no operacionales, solamente merece la pena realizar una tarea proactiva si en un período de tiempo, cuesta menos que el costo de reparar las fallas que pretende prevenir.

Para llegar a designar los recursos de mantenimiento a un proceso o activo físico determinado, primero se debe jerarquizar qué consecuencias de fallas tienen mayor prioridad en cuanto a su criticidad específica. Lo anterior se lleva a cabo después del análisis por parte del equipo de trabajo experto (operadores, mantenedores y facilitador),

quienes con su experiencia, información proveniente de fabricante y otras fuentes de interés pueden definir cuáles consecuencias tendrían mayor preponderancia en el ámbito de seguridad, medio ambiental y operativo, finalmente dentro del proceso del RCM se completan las Hojas de Decisión, las cuales resumen las de Información ya generadas y otorgan las tareas a seguir con su valorización respectiva. A lo largo del desarrollo tanto de las Hojas de Información de fallas, fallas funcionales, modos de falla, criticidad y acciones, así como también en las Hojas de Decisión, el primer argumento a tomar en cuenta es el de la seguridad a las personas, seguido de los posibles daños al medioambiente o normativas medioambientales y finaliza el análisis con los problemas o contingencias operativas y no operativas con las que podría afectar un determinado tipo de falla en el activo objeto de estudio.

A continuación se presenta el árbol lógico de decisión para las tareas de estrategias de mantenimiento del RCM, el cual presenta la gama de alternativas que se pueden tomar al aplicar la metodología al activo físico.

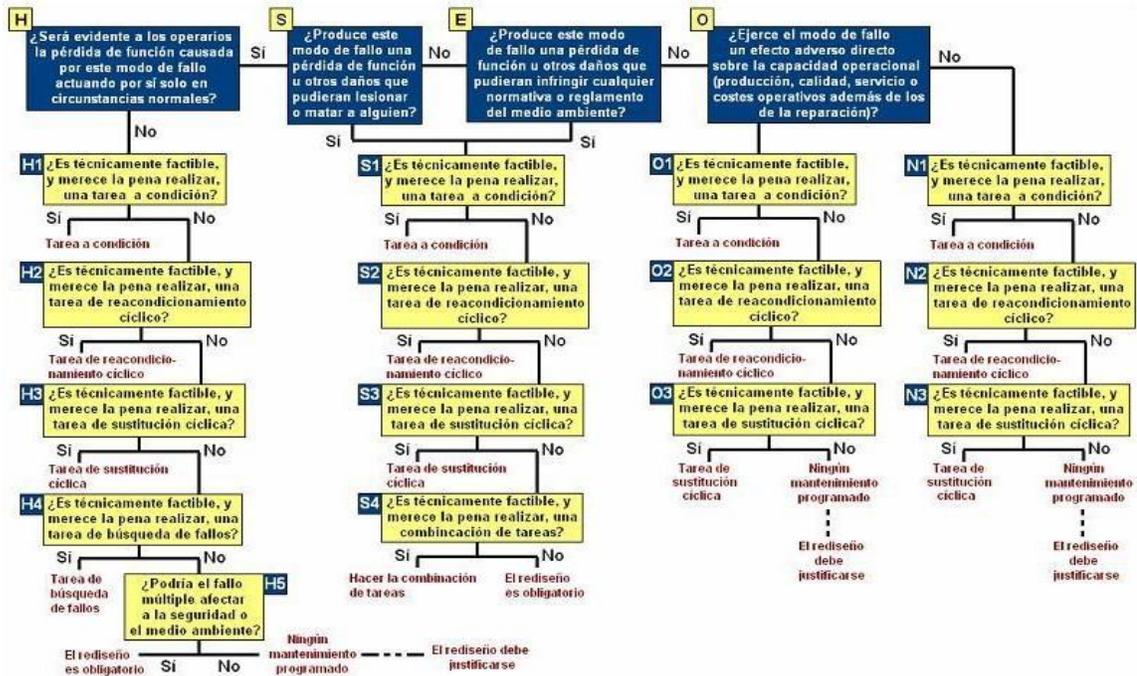


Ilustración 3. Árbol de decisión RCM

IV.3 Descripción de Operación CAP Acero

Operacionalmente CAP Acero se divide en 3 secciones productivas las cuales a su vez se subdividen en las distintas áreas que finalmente convergen en obtener un producto terminado de excelente calidad.

Estas son:

1. Unidad de Producción Primaria
 - a. Materias Primas
 - b. Planta de Coque y Subproductos
 - c. Altos Hornos
2. Unidad de Acería y Colada Continua
 - a. Convertidores
 - b. Estación de Ajuste Metalúrgico
 - c. Máquina de Colada Continua
3. Unidad de Productos Largos
 - a. Laminador de Barras en Rollos

b. Laminador de Barras Rectas

El Laminador de Barras Rectas, fue concebido en un plan de expansión de la Compañía Siderúrgica Huachipato, con el objeto de aumentar la producción de acero, con diseño productivo de 550.000 ton/año en barras para molienda, barras de hormigón, barras para bolas de molienda y barras helicoidales. La principal ventaja que tiene el laminador es que opera con un sistema de laminación dividida, lo cual permite aumentar la producción de barras en diámetros pequeños; además permite ofrecer al mercado barras estructurales soldables las que se obtienen mediante un tratamiento térmico de temple y autorevenido.

Para entender el proceso que ocurre en esta sección de CAP Acero es necesario primero conocer el concepto de:

- ✓ Laminación en caliente: Es un proceso mecánico efectuado por compresión directa con el objetivo de obtener deformaciones plásticas en el material, es decir, con alteraciones permanentes de la forma del material. Estas alteraciones se realizan a través de rodillos por los cuales pasa el acero a una temperatura y velocidad adecuada sin que el material se fracture o rompa.

A continuación se comenta el proceso del Laminador de Barras Rectas:

IV.3.1 Materias Primas

El proceso se inicia con la llegada de las materias primas para la fabricación de los distintos diámetros de barras a producir, las que provienen desde las mismas instalaciones de CAP Aceros. En este caso las palanquillas (materia prima principal), las cuales son secciones cuadradas de acero de 160 x 160 mm y 10.000 mm de largo se almacenan en el Patio de Palanquillas. Las palanquillas provenientes desde la Colada Continua, posteriormente son cargadas al Horno de Recalentamiento. Además, se verifica el estado del material a laminar, separando aquel con defecto para ser enviado como chatarra a otros puntos de la empresa. El proceso de carga de material al Horno se puede realizar

directamente desde la Colada Continua como Carga Caliente o desde los sectores de almacenamiento dentro del Patio de Palanquillas (castillos) como carga fría. La ventaja de realizar el procedimiento como carga caliente es el ahorro de combustible por la temperatura con la que ingresan las palanquillas. En el Horno de Recalentamiento se eleva la temperatura de la palanquilla desde 550°C (Carga Caliente) o T° ambiente (Carga Fría) hasta 1050 a 1200°C. El objetivo es obtener una temperatura homogénea en toda la palanquilla y además esta temperatura final varía de acuerdo al material que se desea laminar, el cual dependerá del % de Carbono y la estructura granular que se desea; para lograr esta homogeneidad el Horno cuenta con vigas galopantes. Su capacidad es de 84 palanquillas con tiempo de residencia del material de 80 minutos. El combustible a utilizar para este proceso puede ser Gas Mezcla (Altos Hornos y Coquería), Gas Natural y Petróleo.

IV.3.2 Laminación

Está constituido por un Desescamador, Tren Laminador Continuo, Guillotinas y un área de Tratamiento Térmico.

- ✓ Desescamador : Su función es retirar la capa de óxido superficial (laminilla) de 3 a 4 mm que tiene la palanquilla una vez que sale del Horno. Esta capa se produce por la reacción entre la temperatura que adquiere la palanquilla y el aire necesario para realizar la combustión dentro del Horno. El retiro de laminilla se realiza por medio de un anillo con toberas que rodea la sección cuadrada, por donde pasa un flujo de agua en dirección opuesta a la palanquilla a una presión de 120bar.
- ✓ Tren Laminador : Consta de 18 stands configurados de forma horizontal (impares) y vertical (pares) a excepción de stand N°18 que puede adquirir cualquiera de esas configuraciones dependiendo del proceso. Su principal ventaja es el proceso de Laminación Dividida para diámetros de 18 a 8 mm.
- ✓ Guillotinas : Su función es eliminar las deformaciones y optimizar el proceso, para ello existen:

- Guillotina N°1, la que se ubica a continuación del stand N°6 y su función es eliminar la deformación que trae la punta (cabeza) de la barra producto de la laminación hasta este punto. Además, esta cabeza es la primera parte de la barra que comienza a disminuir la temperatura, lo que afecta directamente en el resto del proceso.
 - Guillotina N°2, la cual se ubica a continuación del stand N°12 y posee la misma función que la anterior pero además, optimiza la elongación completa de la barras de acuerdo con el largo requerido por el cliente.
 - Guillotina N°3, la cual se ubica a continuación del QTB y su función es dimensionar las barras en múltiplos aceptables para que posteriormente sean cortadas al largo que desea el cliente aprovechando la longitud de la mesa de enfriamiento.
- ✓ Unidad de Tratamiento Térmico (QBT) : Se ubica a la salida del Tren Laminador y se utiliza solo para Barras de Hormigón. Aquí se aplica un proceso de temple y autorevenido para el mejoramiento de las propiedades mecánicas del acero sin necesidad de añadir aleaciones. Este proceso se realiza con aplicación de agua a través de toberas a una presión de 12 bar y por velocidad de salida del material provocando este temple superficial y la temperatura en el núcleo de la barra produce el autorevenido.

IV.3.3 Terminación

Esta área tiene directa relación con cubrir las necesidades del cliente y está compuesta por:

- ✓ Mesa de Enfriamiento : La cual se ubica después de la Guillotina N°3. Posee un largo útil de 84mts y su función es recepcionar las barras que provienen desde el Tren Laminador, provocando una disminución de temperatura necesaria para posteriormente cortarlas al largo que necesita el cliente. Además, se produce el proceso de normalizado con el cual finaliza el Tratamiento Térmico de las Barras de Hormigón.

- ✓ *Guillotina de Corte Comercial* : Su función es procesar el acero laminado en barras mediante el corte por cizalle a largos determinados por el cliente que van desde los 3,5 a 12 mts. Para efectuar dicho corte es necesario que las barras para minería ingresen a 600°C, esto se debe a su diámetro y dureza; en cambio las Barras de Hormigón pueden ser cortadas a temperatura ambiente.
- ✓ Contador de Barras : Su función es asegurar las cantidades de barras o peso necesario por bulto según especifique el cliente. Además, es la 1ª zona de control de calidad del material terminado, eliminando todas las barras con defecto.
- ✓ Atadoras : Su función es colocar las amarras necesarias al bulto según el largo dimensionado, para esto se cuenta con 4 máquinas atadoras dispuestas en serie dentro del sistema productivo.
- ✓ Estación de Recogida de Bulto : En esta zona se procede a pesar y etiquetar el bulto una vez amarrado, además se efectúa el último control de calidad al material y se despachan los bultos hacia el cliente. Todos aquellos bultos que se encuentre con algún defecto serán reprocesados para ser enviados al cliente.

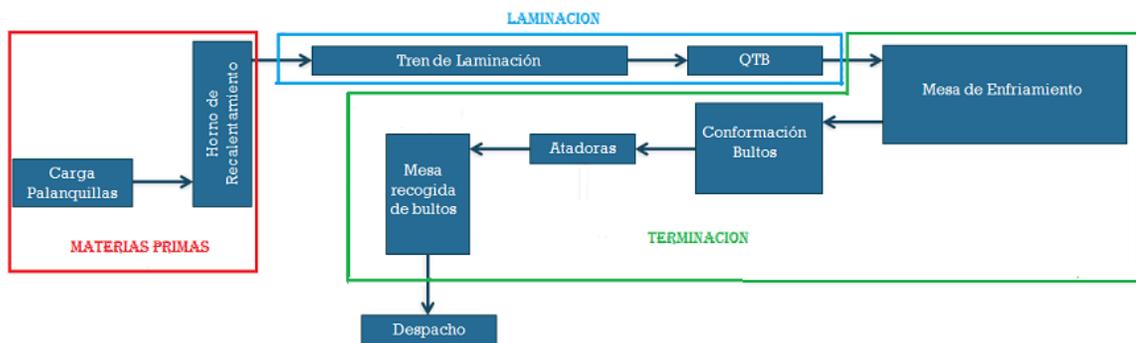


Ilustración 4. Proceso del Laminador de Barras Rectas

A través de la Guillotina de Corte Comercial pasa un 60% de la producción de CAP Acero, lo que requiere especial atención en cuánto a tener claridad en los objetivos y estrategias de mantenimiento empleadas.

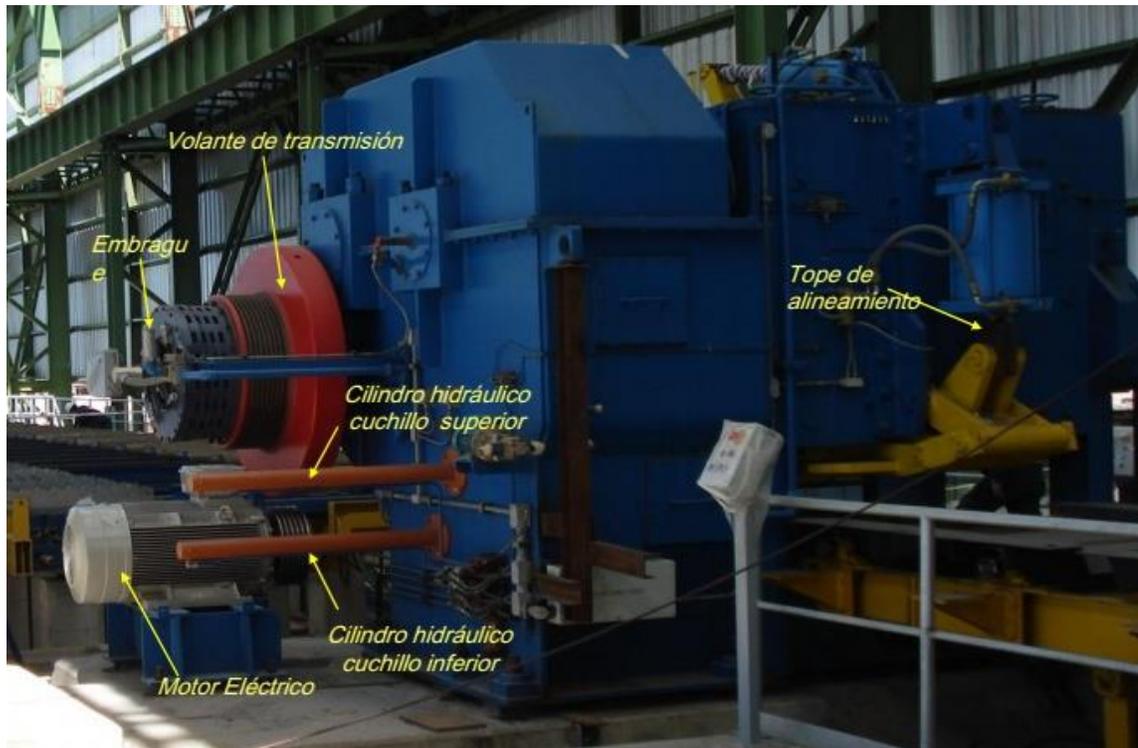


Ilustración 5. Guillotina de Corte Comercial y algunos componentes.

IV.4 Descripción de Activo Físico Guillotina de Corte Comercial

La GCC se divide en varios sistemas y se subdivide en varios más que son parte del funcionamiento de la misma tales como Grupo de Mando, Grupo Cuerpo Cizalla, Dispositivo Prensabarras, Dispositivo de Encabezamiento Barras, Carro Extracción Cuchillas, Dispositivo Extracción Extremidades, Grupo de Recogida Trozos, Sistema Centralizado de Lubricación por Aceite, Equipo Neumático, Equipo Hidráulico, Sistema Centralizado de Lubricación por Grasa y Equipo Eléctrico. Para efectos del análisis RCM y dar eficiencia a las tareas de revisión de sistemas y subsistemas, la metodología tomará los más preponderantes que son los Grupo de Mando, Grupo de Cuerpo Cizalla, Sistema Centralizado de Lubricación por Grasa y Sistema Centralizado de Lubricación por Aceite.

IV.4.1 Grupo de Mando

El Grupo de Mando está formado por un motor eléctrico conectado por medio de una serie de correas trapezoidales con polea al grupo volante-embague neumático, que se encuentra en el árbol piñón. El motor está montado en un soporte separado y está provisto de un tirante para la regulación de la tensión de las correas trapezoidales.

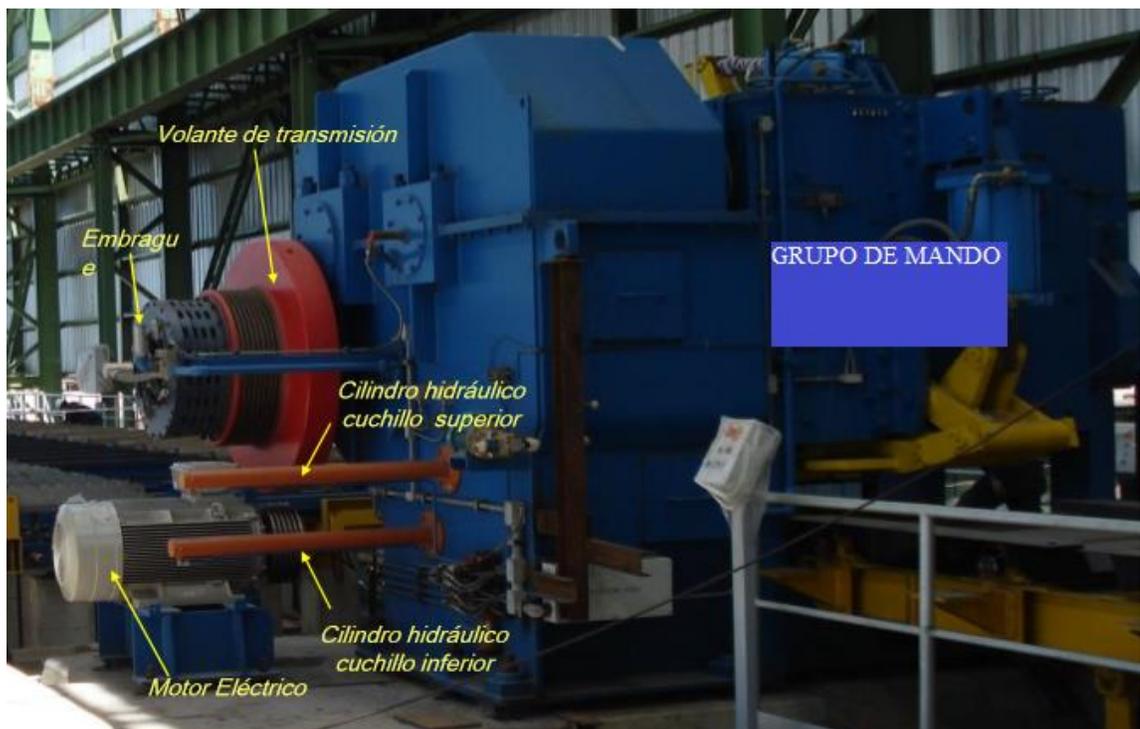


Ilustración 6. Grupo de Mando Guillotina de Corte Comercial

El grupo de mando posee las siguientes características:

Motor eléctrico	150 kW, 1486 RPM, 400 V, 50 Hz
Transmisión entre motor y cizalla	Por correas trapezoidales
Cantidad correas	5
Relación de transmisión total	1:50

Tabla 1. Características Grupo de mando.

IV.4.2 Grupo de Cizalla

El Grupo de cizalla está formado por una estructura que contiene los engranajes y una deslizadera móvil que sostiene el portacuchilla superior.

La cuchilla inferior está fijada en la estructura.

Un volante, sostenido por dos cojinetes de rodillos, está provisto de polea y embrague neumático y está montado en el árbol del lado de la entrada.

El freno neumático se halla en la pared de la estructura, en el lado opuesto al del embrague, y está directamente conectado al árbol.

Cuando se desengrana el embrague, el volante puede girar continuamente sobre los cojinetes de rodillos, mientras el árbol de entrada es bloqueado por el freno neumático.

Un árbol excéntrico se extiende desde el último engranaje. En el árbol excéntrico está instalada la biela a la deslizadera del portacuchilla superior.

El árbol excéntrico, la biela y el perno para el acoplamiento entre la biela y la deslizadera giran sobre cojinetes lisos lubricados con grasa.

La deslizadera se mueve sobre guías lubricadas con grasa que están fijadas en los lados de la deslizadera misma y con dos dispositivos de deslizamiento provistos de regulación de juego.

La posición de parada de la cuchilla superior, después de la carrera de corte, es determinada por un dispositivo electrónico y una paleta de señalización puesta a la extremidad de un árbol excéntrico. Los arboles sostienen los engranajes y el volante giran sobre cojinetes de rodillos. Los portacuchillas superior e inferior, son mantenidos bloqueados en sus alojamientos por unos grupos de resortes de disco. Los resortes son comprimidos por cilindros hidráulicos (uno para cada resorte) que sueltan las cuchillas, que luego son extraídas. La extracción de las cuchillas se lleva a cabo mediante dos cilindros hidráulicos, uno para cada cuchilla.

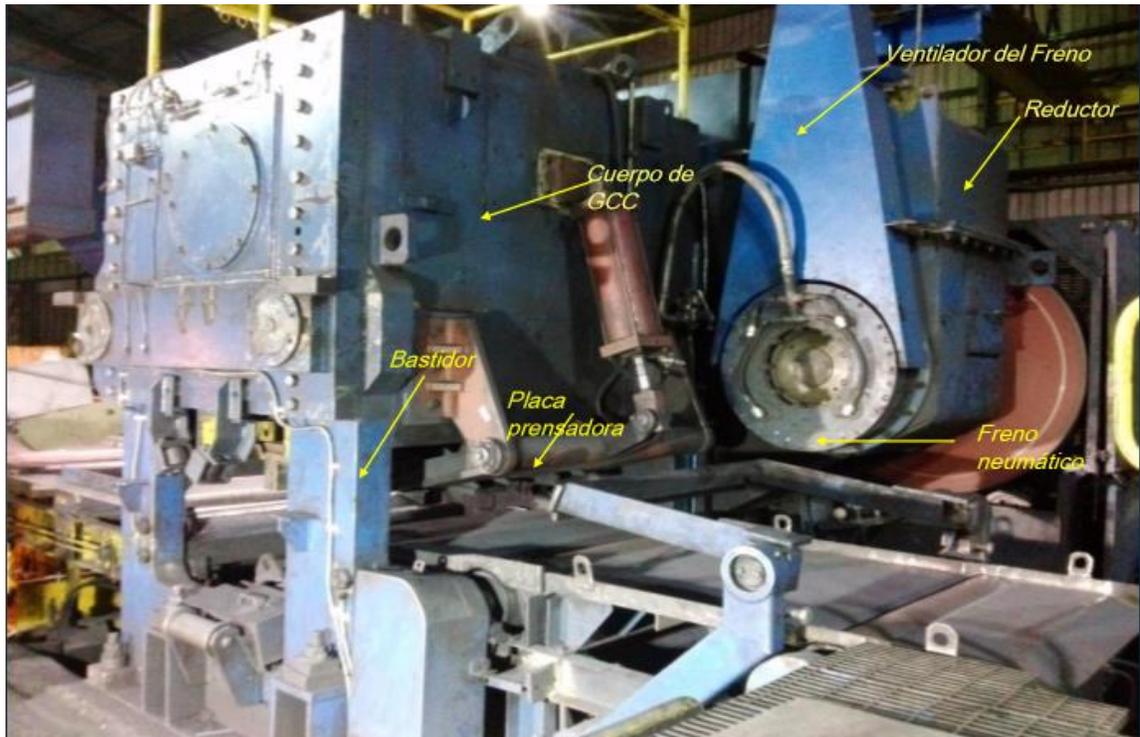


Ilustración 7. Grupo Cizalla Guillotina de Corte Comercial

IV.4.3 Sistema Centralizado de Lubricación por Grasa

El sistema centralizado de lubricación por grasa (SCLG) tiene por finalidad lubricar importantes puntos en el interior de la guillotina a intervalos de tiempo que aseguren la confiabilidad del activo. Por otro lado, para asegurar la confiabilidad del sistema en su conjunto se debe realizar un monitoreo constante y en tiempo real de que la lubricación es esté realizando de la forma en que la operación así lo requiera, de modo de reconocer cualquier desviación medida entre los parámetros en que el sistema debiera funcionar para lograr la confiabilidad requerida.

Para el caso de la GCC, ya durante el año 2014 hubo una gran falla que se relaciona con la no lubricación de uno de los puntos que debía estar abastecido con el fluido, por lo que cobra más interés aun el hecho de mantener una medición constante en el sistema de lubricación por grasa completo.

La falla anterior llegó a dañar el eje excéntrico de la guillotina y fue debido a una falla oculta, ya que al ocurrir esta, no fue posible para los operadores advertir que la falla estaba en curso, en este caso no se sabía que el punto no se estaba lubricando (más detalles de fallas ocultas y evidentes se verán más adelante).

Componente	Medida	Valor
Depósito	Capacidad	30 kg
	Bombeo	Doble cuerpo
	Entrada llenado	1/2" NPT
Bomba	Tipo	Pistón
	Caudal	35 cc/min
	Motor	0,2 kW
	Presión máx	400 bar
	Presión de trabajo	70 bar
	NGLI Grasa	000 a 2
	Salida	3/8" NPT
	Retorno seguridad	3/8" NPT
Válvula seguridad	Presión máx	50 a 400 bar
Filtro depósito	Micraje	400 μ m
	Medida	1/2"
Filtro de línea	Micraje	300 μ m
	Medida	3/8"
Válvula bola	Medida	3/8"
Manómetro	Rango presión	0-500 bar

Tabla 2. Características Sistema Lubricación por Grasa

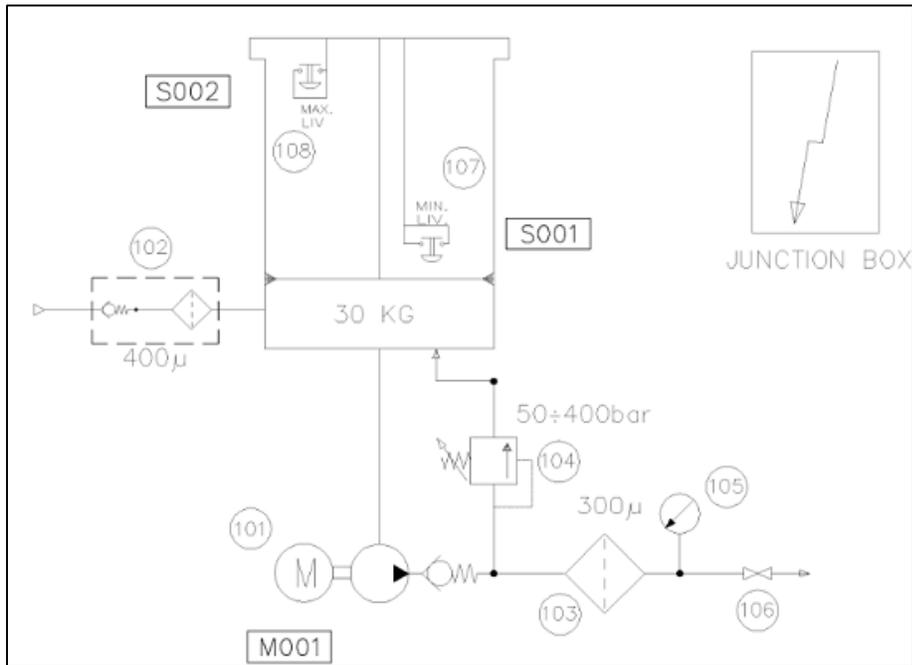


Ilustración 8. Sistema Lubricación por Grasa

IV.4.4 Sistema Centralizado de Lubricación por Aceite

El sistema centralizado de lubricación por aceite (SCLA) tiene por finalidad lubricar zonas que requieren constante abastecimiento del fluido. El aceite lubricante es contenido en este sistema a través de un carter que tiene capacidad para 400 litros. El lubricante se mantiene en el estanque con una temperatura entre 15 y 30°C para que pueda cumplir su función de manera más efectiva. El sistema está provisto de una bomba de engranajes, la cual debe entregar un caudal constante de 45 lts/min a las zonas de lubricación que se distribuye mayormente hacia el Grupo de Cizalla.

Sistema Lubricación por Aceite	
Presión	: 1,5 a 2 bar
Velocidad Flujo	: 45,4 lt/min
Aceite lubricante	: CLP220
Alimentación	: A través de bomba de engranajes
Capacidad estanque	: 400 litros
Motor eléctrico	: 1,5 kW
Grado de filtración	: 25 µm
Calentador	: 2 unid; 2 kW

Tabla 3. Características Sistema Centralizado Lubricación por Aceite

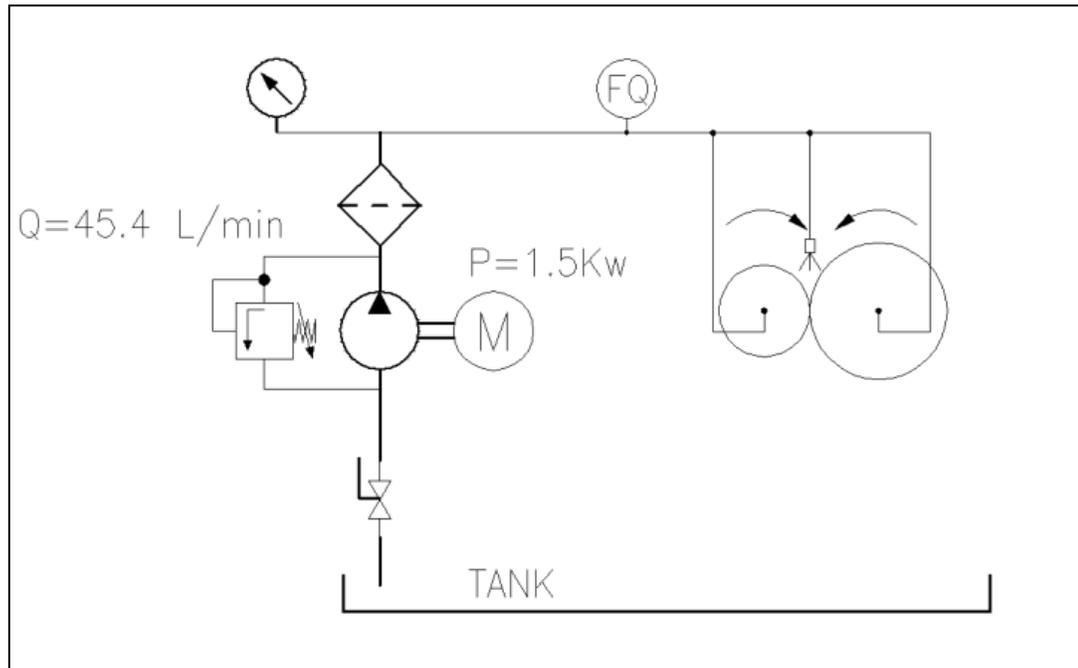


Ilustración 9. Unidad Lubricación por Aceite.

IV.5 Identificación de Problema y Oportunidad de Mejora

La orientación de implementar un RCM indica que se puede aumentar la disponibilidad de los activos físicos de una planta o un proceso y disminuir los costos de mantenimiento asociados con el hecho de identificar de mejor forma el contexto operativo de la maquinaria. Con esto, no se contradice a un manual del fabricante, el cual indica qué lubricante ocupar o con cuánta periodicidad hacerlo, sino que se complementa dicha información tomando la opinión y experiencia de los operadores, mantenedores y expertos que aporten con sus conocimientos, ya que el contexto operacional de una maquinaria no es el mismo siempre, de hecho algunas empresas productoras de maquinarias no saben qué contexto operacional afectará a la máquina que se entrega en venta a un determinado consumidor, esto debido a que hay poca retroalimentación hacia ellos después de generada ya la transacción y cerrada la venta, no así como en empresas que dentro de su circuito comercial también tienen sus servicios post venta bien definidos, priorizan u a veces obligan a sus consumidores a realizar las mantenciones en sus talleres, entre otras acciones que hacen que el oferente conozca más su producto después de haberlo vendido

Hasta el año 2014, CAP Aceros se enmarcaba en seguir de manera fiel los manuales de mantenimiento del fabricante de la GCC, lo que no estaba mal, pero debido a que algunas fallas ocultas que estaban ocurriendo no pudieran ser visualizadas por falta de elementos de detección, la maquinaria tuvo una falla grave que hizo que estuviera detenida por varias semanas. Lo anterior llevó a perder producción, tuvo asociados costos de mantenimiento que no estaban en presupuestos y disminuyó la disponibilidad y confiabilidad del activo.

La aplicación de la metodología RCM puede dar como resultado algunas mejoras que hagan de la GCC una maquinaria con menos tiempos de parada no programada, mayor confiabilidad y disponibilidad para la operación y los costos de mantenimiento se aminoren respecto al año anterior. Lo anterior podría comprobar que una buena gestión y el uso de una metodología práctica bien implementada, puede hacer grandes cambios en pro del mejoramiento operativo de una organización.

V. INGENIERÍA DEL PROYECTO

En el momento en que se desea justificar la asignación de medios económicos para realizar una mejora en un proceso, también se debe acompañar con una debida demostración del por qué se asignan dichos recursos. En el caso del presente estudio, la aplicación de la metodología RCM para aumentar la confiabilidad de la guillotina de corte comercial, se justifica por fallas ocurridas en el año 2014 en la cual se consumieron recursos que no estaban en los planes de mantenimiento asignados al año y además la cantidad de tiempo de detención del activo hizo perder producción comprometida con los cliente de Cap Aceros. Lo anterior, hace que la gerencia tome las decisiones para buscar los mecanismos a su alcance para evitar que una circunstancia de falla similar vuelva a ocurrir, de esa forma se designa un equipo en planta para tratar el problema y llegar a las posibles soluciones a través del uso de la herramienta RCM.

Para iniciar el trabajo y respaldar el estudio RCM en el activo, se utilizó un diagrama de Pareto de forma de justificar de manera gráfica que la GCC estaba enmarcada en el 80% de las fallas no programadas tanto mecánicas, como eléctricas. El análisis de Pareto incluye la falla más grave del año 2014, la que mantuvo a la GCC varias semanas con detención (15.000 minutos de detención aproximadamente), aun así, si no se considerara el tiempo de esa parada no programada, la cantidad total de detención queda sobre los 13.000 minutos, por lo que se sigue justificando la aplicación del estudio RCM para mejorar la confiabilidad del activo físico.

En primera instancia se muestran en tabla las maquinarias, que en un período que comprende todo el año 2014, ocuparon un tiempo para reparación mecánica (TTR), los cuales hicieron que el Laminador de Barras Rectas estuviera detenido sin poder producir. Posterior a ellos se muestra a través del gráfico de Pareto la tendencia que se desprende la tabla de medición TTR por cada maquinaria.

Equipo	Minutos Detención
Guillotina Corte Medida Comercial Frío	29815
Elevador Palanquillas	5079
Cama Enfriamiento	3787

Laminador 18 H/V	2471
Mesa Recogida Paquetes	1743
Kick-Off	1399
Kick-In	1392
Vigas Galopantes	1350
Mesa Rodillos Carga Caliente	1298
Laminador Barras Rectas	1171
Mesa Rodillos Entrada Cama Enfriamiento	920
Transferidor Cadenas N°3	802
Mesa Rodillos Salida Guillotina	787
Formador Estratos	785
Mesa Rodillos Interior Horno (Salida)	782
Puerta Descarga	721
Conjunto Mesa Transferencia	692

Tabla 4. Máquinas de LBR y TTR correspondientes

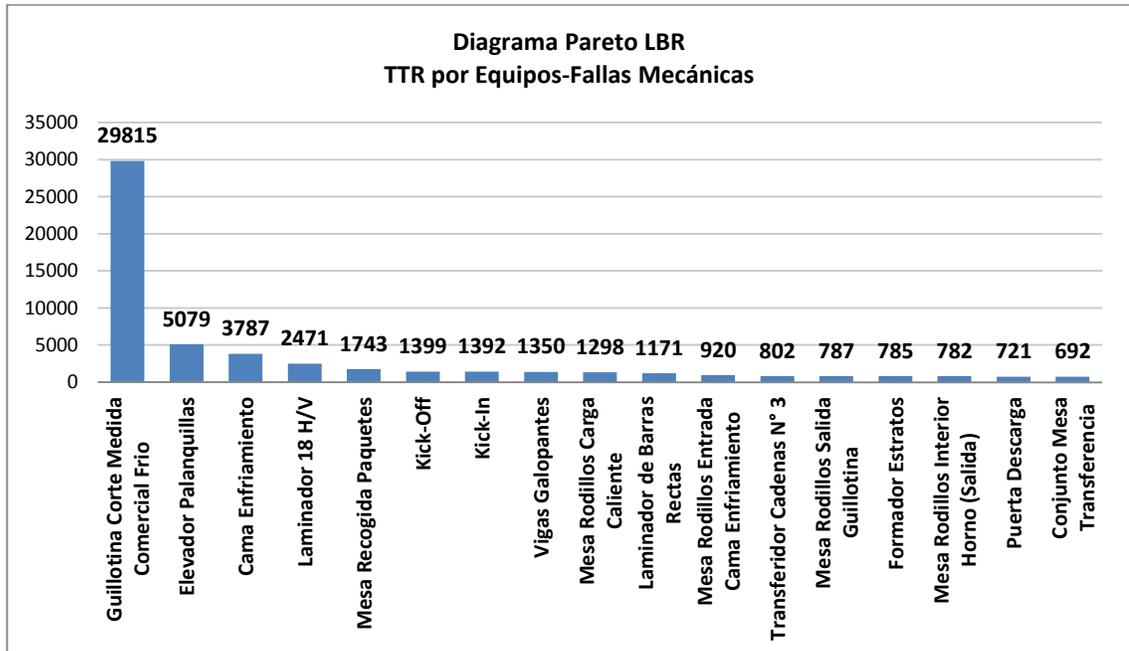


Ilustración 10. Justificación RCM a GCC Cap Aceros

Para realizar la tarea de aplicar la disciplina RCM al activo físico se designa internamente personal especialista en áreas mecánica, eléctricos y lubricación.

Lo primero para ordenar los pasos a seguir fue designar en las reuniones la función del activo físico en su conjunto y después ir desglosándolo en sistemas y subsistemas con sus funciones correspondientes.

El activo físico de planta Cap Aceros objeto del estudio es la Guillotina de Corte Comercial y su función es procesar el acero laminado mediante corte por cizalla a determinados largos, para posteriormente distribuir a los clientes de Cap según los requerimientos que estos presenten.

Posterior a determinar la función del activo físico, se procede a evaluar qué sistemas y subsistemas con sus funciones correspondientes se evaluarán en el estudio, esto para determinar plazos, amplitud y profundidad que abarcará la aplicación de la metodología.

En las reuniones se determinó evaluar los siguientes sistemas:

1. Sistema Centralizado de Lubricación por Grasa
2. Grupo de Mando
3. Grupo de Cizalla
4. Sistema Centralizado de Lubricación por Aceite

Los cuatro sistemas seleccionados comprenden los más preponderantes de la GCC y abarcan también la máquina en su conjunto. Cada uno de ellos posee subsistemas con sus componentes respectivos, los cuales poseen funciones, fallas funcionales y modos de fallas específicos los cuales son parte del análisis a tratar.

La metodología RCM se inicia desglosando el activo en sistemas y subsistemas. Posterior a ello, en las reuniones con los expertos se analizan los componentes de cada subsistema uno a uno y se anota en las Hojas de Información todo lo referente a cada componente (función, falla funcional, modo de falla, criticidad y acción) de manera tal de ir avanzando hacia los objetivos propuestos. Una vez que se ha reunido toda la información, se procede a completar las Hojas de Decisión RCM, las cuales resumen de

mejor forma lo ya recopilado, se definen tareas con sus frecuencias correspondientes y unidad o responsable respectivo.

A continuación se presente la forma de abarcar la Guillotina de Corte Comercial a través de un diagrama separando sistemas y subsistemas.

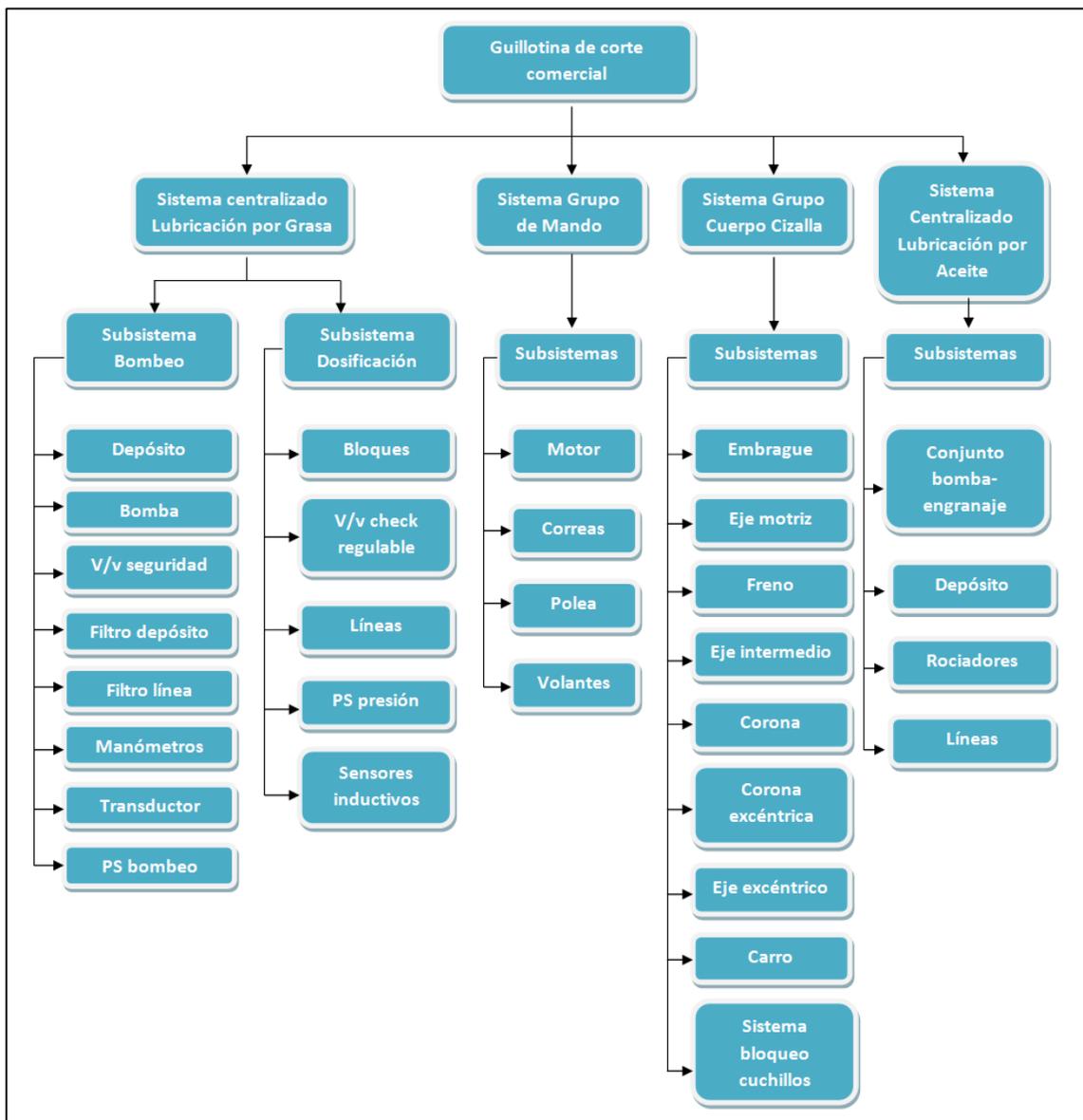


Ilustración 11. Desglose Sistemas y Subsistemas de GCC

V.1 Hojas de Información FMEA

En el inicio del análisis RCM, se deben llenar en las reuniones realizadas las tablas FMEA (failure mode analysis and effects), las cuales recopilarán la información necesaria para conocer los componentes de cada sistema y subsistema.

V.1.1 Análisis Sistema Centralizado de Lubricación por Grasa

En primera instancia se analiza el Sistema Centralizado de Lubricación por Grasa (SCLG), el cual es de suma importancia en la operación ya que llega a lubricar puntos que requieren constante abastecimiento de fluido durante la operación de la GCC.

Para efectos de análisis del RCM se empieza por el depósito, para el cual se define su función, falla funcional, modos de falla, criticidad y acciones a tomar y posterior a ello se van agregando los otros componentes de cada sistema y subsistema.

V.1.1.1 Depósito



Ilustración 12. Depósito Unidad de Grasa

Función				Falla Funcional	Modo de Falla			
SUBSISTEMA	SUBSISTEMA BOMBEO	DEPÓSITO	1	Almacenar y proteger del ambiente al lubricante	A	No almacenar lubricante	1	Grietas y golpes en estanque
					B	No estar dando protección al lubricante	1	Lubricante expuesto a partículas del ambiente durante el llenado

Probabilidad Ocurrencia	Consecuencia	Criticidad	Acciones
1	2	2	Inspecciones rutinarias de Operación
2	3	6	Se rellena estanque sin abrir tapa superior, de forma de que el lubricante no tenga contacto con partículas contaminantes. Control de nivel mínimo - máximo.

Tabla 5. Análisis Depósito de SCLG

V.1.1.2 Bomba



Ilustración 13. Conjunto Bomba Unidad de Grasa

Función				Falla Funcional	Modo de Falla		
SUBSISTEMA	SUBSISTEMA BOMBEO	BOMBA	2	Impulsar 8,72 cc de lubricante cada 24 cortes de GCC, 2 veces con un rango máximo de 2 minutos y una presión de trabajo de 50 a 80 BAR	A	1	Bomba no impulsa lubricante debido a desgaste abrasivo provocado por partículas en el fluido hidráulico
						2	Bomba no impulsa lubricante, debido a que el nivel en el estanque es demasiado bajo
						3	Bomba impulsa de forma deficiente el lubricante debido a sobrepresiones. Las vibraciones generadas pueden dañar el eje de la bomba principalmente.

Probabilidad Ocurrencia	Consecuencia	Criticidad	Acciones
2	2	4	Al no rellenar con lubricante el estanque desde su tapa superior, se aminora considerablemente la posibilidad de que partículas no deseadas puedan ingresar a la bomba y al sistema. Control de nivel mínimo - máximo.
1	1	1	Al haber incorporado en el estanque un sistema de medición de niveles mínimo y máximo, esta posibilidad de modo de falla bajo altamente su probabilidad
2	2	4	Se debe verificar que la v/v relief esté cumpliendo su función y esté retornando al estanque el lubricante cuando se perciba una presión excesiva que pueda dañar la bomba. Se crea Plan de Mantenimiento SHMA65GC LBR: GCC Mant. Preventiva tipo A (6S) por cambio de elementos (Filtro Entrada, Salida, cajas de distribución) frecuencia 24 semanas. Plan de Mantenimiento SHMA65GC LBR: GCC Mant. Preventiva tipo A (6S) cambio de unidad de bombeo, frecuencia 3 años.

Tabla 6. Análisis Válvula de Seguridad de SCLG

V.1.1.3 Válvula de Seguridad



Ilustración 14. Válvula Seguridad Unidad de Grasa

Función				Falla Funcional	Modo de Falla	
SUBSISTEMA	SUBSISTEMA BOMBEO	V/V SEGURIDAD	3	Liberar las sobrepresiones generadas en el sistema, de modo de proteger el sistema de bombeo. Seteada en 120 bar	No libera presión de bombeo del lubricante	Válvula mal calibrada, la cual no realiza la función a la presión de seguridad requerida para la operación
				A	1	

PROBABILIDAD	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
2	2	4	Se debe operar de forma correcta y calibrar a la presión máxima deseada para proteger el sistema. Plan de Mantenimiento SHMA65LA0002 - Chequeo operación cada 24 semanas

Tabla 7. Análisis Válvula de Seguridad de SCLG

V.1.1.4 Filtro de Depósito



Ilustración 15. Filtro Depósito Unidad de Grasa

FUNCIÓN				FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	
SUBSISTEMA	SUBSISTEMA BOMBEO	FILTRO DEPÓSITO	4	Quitar las impurezas que pueda arrastrar el lubricante hacia el sistema	No quita las impurezas arrastradas hacia el sistema de bombeo	Filtro tapado, lo que puede generar aumento de presión en el sistema de bombeo de lubricante
				A	1	

PROBABILIDAD OCURRENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
2	2	4	Se debe mantener una periodicidad de revisión/cambio de filtro para evitar sobrepresiones en el sistema a causa de filtro tapados que no cumplan su función. Plan de Mantenimiento SHMA65LA0002 - Cambio de filtro cada 24 semanas

Tabla 8. Análisis Filtro de Depósito de SCLG

V.1.1.5 Filtro de Línea

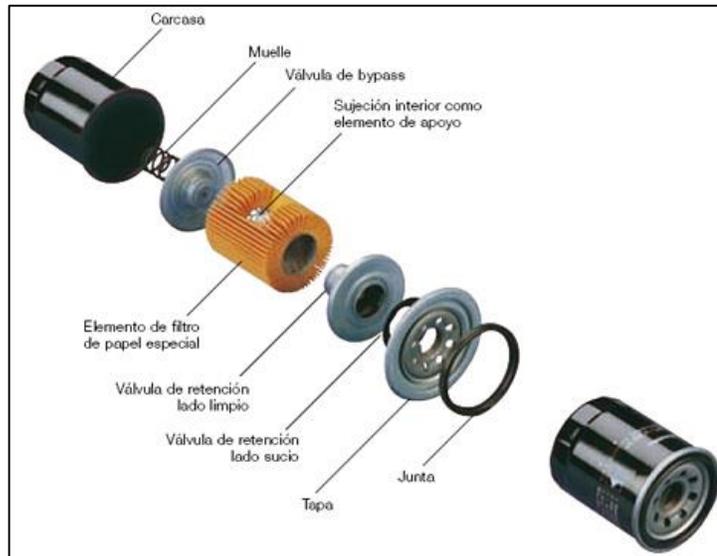


Ilustración 16. Filtro Línea Unidad de Grasa

FUNCIÓN			FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA
SUBSISTEMA	SUBSISTEMA BOMBEO	FILTRO LÍNEA 5	Quitar las impurezas que pueda arrastrar el lubricante hacia el sistema A	No quita las impurezas arrastradas hacia el sistema de bombeo 1

PROBABILIDAD	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
2	2	4	Se debe mantener una periodicidad de revisión/cambio de filtro para evitar sobrepresiones en el sistema a causa de filtro tapados que no cumplan su función. Plan de Mantenimiento SHMA65LA0002 - Cambio de filtro cada 24 semanas

Tabla 9. Análisis Filtro de Línea de SCLG

V.1.1.6 Manómetros



Ilustración 17. Manómetro Unidad de Grasa

FUNCIÓN				FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	
SUBSISTEMA SUBSISTEMA BOMBEO MANÓMETROS	6	A	Medir la presión de lubricante que circula en el sistema centralizado de lubricación por grasa	No mide la presión que circula en el sistema centralizado de lubricación por grasa	1	Vibraciones mecánicas reiteradas hacen que el manómetro deje de medir como corresponde
					2	Sobrepresiones repetitivas a las del diseño del manómetro harán que no cumpla su función principal
					3	Corrosión en el lubricante dañarán el sistema de medición del elemento debido a ataques químicos

PROBABILIDAD OCURRENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
-------------------------	--------------	------------	----------

FUNCIÓN				FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	
SUBSISTEMA	SUBSISTEMA BOMBEO	TRANSDUCTOR	7	Medir la presión de lubricante que circula en el sistema centralizado de lubricación por grasa de forma continua	No mide la presión	Conector sueltos o dañados
				A		1

PROBABILIDAD	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
1	1	1	Chequeo funcionamiento. Plan Mantenimiento LBR, GCC, presión bomba grasa.

Tabla 11. Análisis Transductor de SCLG

V.1.1.8 PS bombeo



Ilustración 19. PS Bombeo Unidad de Grasa

FUNCIÓN				FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA
SUBSISTEMA	SUBSISTEMA BOMBEO	PS BOMBEO	8	Detectar Sobrepresión calibrado a 100 bar No detectar cambio en señal	1 Conexión suelta

PROBABILIDAD OCURRENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
1	1	1	Plan Mantenimiento LBR, GCC, sobrepresión bomba grasa

Tabla 12. Análisis PS bombeo de SCLG

V.1.1.9 Bloques

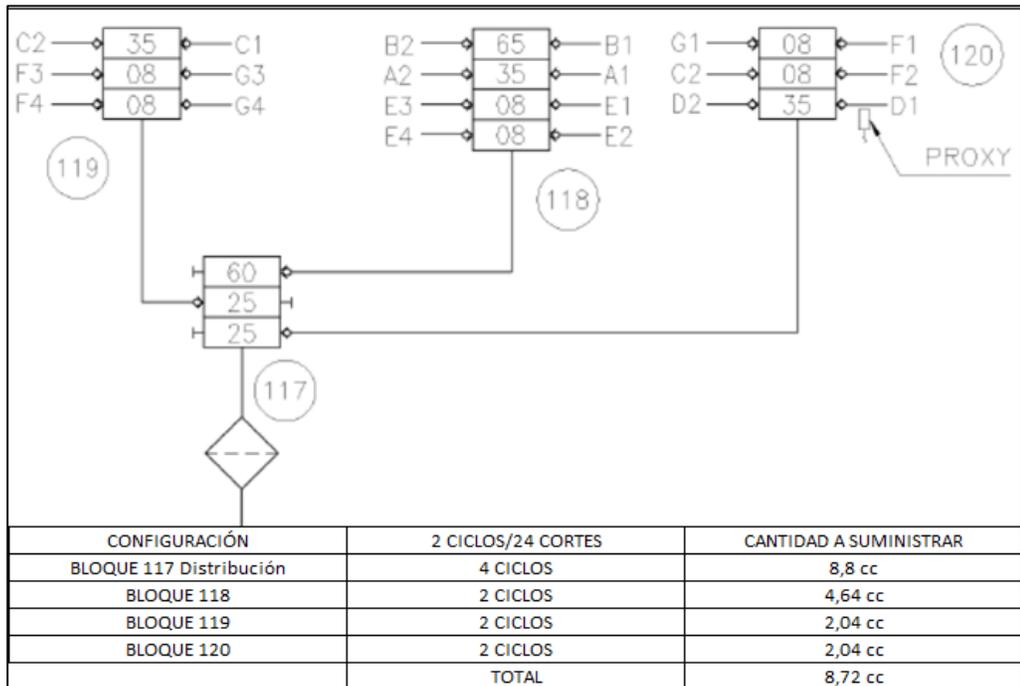


Ilustración 20. Sistema Distribución Lubricante por Bloques Unidad de Grasa

FUNCIÓN				FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		
SUBSISTEMA	SUBSISTEMA DOSIFICACIÓN	BLOQUES	9	Dosificar grasa y distribuir hacia los puntos de lubricación (20 puntos)	A	No distribución de grasa	1	Trabamiento Spool
							2	Conexión suelta (entrada y salida)
							3	Trabamiento válvula check fija

PROBABILIDAD OCURRENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
2	2	4	Plan de Mantenimiento SHMA65LA0002 - Cambio de bloques cada 24 semanas. Sistema Alarmas físicos (Acusetes) en todas las cajas. - Sistema de Alarma fin de línea. Sistema de alarma PS (baja presión). Sistema Alarma PS sobrepresión sistema bombeo. Sistema Alarma Línea A y B
2	2	4	Plan de Mantenimiento SHMA65LA0002 - Cambio de bloques cada 24 semanas. Alarma baja presión del punto a lubricar (PS); Inspecciones visuales operación
2	2	4	Plan de Mantenimiento SHMA65LA0002 - Cambio de bloques cada 24 semanas. Sistema Alarmas físicos (Acusetes) en todas las cajas. - Sistema de Alarma fin de línea. Sistema de alarma PS (baja presión). Sistema Alarma PS sobrepresión sistema bombeo. Sistema Alarma Línea A y B

Tabla 13. Análisis Bloques de SCLG

V.1.1.10 Válvula Check Regulable

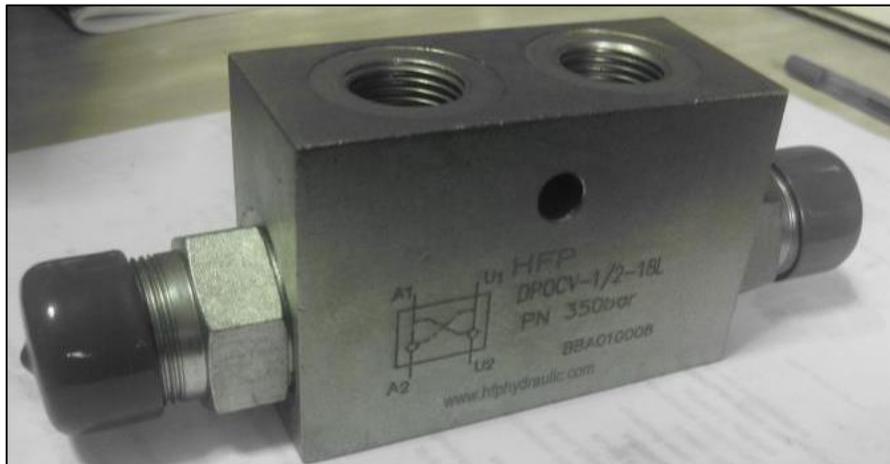


Ilustración 21. Válvula Check Regulable Unidad de Grasa

SUBSISTEMA		FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA
SUBSISTEMA DOSIFICACIÓN	V/v CHECK REGULABLE	Mantener presión entre caja y punto de lubricación	Pérdida de Presión	Elementos internos con daño
10			A	1

PROBABILIDAD OCURRENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
2	2	4	Plan de Mantenimiento eléctrico

Tabla 14. Análisis Válvula Check Regulable de SCLG

V.1.1.11 Líneas

FUNCIÓN				FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	
SUBSISTEMA	SUBSISTEMA DOSIFICACIÓN	LÍNEAS	11	Transportar grasa a puntos de lubricación	No transportar la grasa hacia el punto terminal	Corte de Línea
				A	1	

PROBABILIDAD OCURRENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
2	2	4	Sistema de alarma PS (baja presión) TAG LBR_GCC_PERDIDA_PRESION_1 al 6. Líneas externa en ruta de inspección de operación

Tabla 15. Análisis Líneas de SCLG

V.1.1.12 PS presión

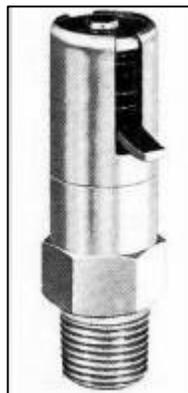


Ilustración 22. PS Presión Unidad de Grasa

FUNCIÓN				FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA			
SUBSISTEMA	SUBSISTEMA DOSIFICACIÓN	SENSORES INDUCTIVOS	13	Indicar cambio de estado en sistema	A	No detectar cambio o mantenerse en un solo estado	1	Conector suelto
			2	2	4	Plan Mantenimiento eléctrico. Se genera alarma TAG LBR_GCC_TIEMPO_EXC_5_MIN_A LBR_GCC_TIEMPO_EXC_5_MIN_B LBR_GM_TIEMPO_EXC_5_MIN		

Tabla 17. Análisis Sensores inductivos de SCLG

V.1.2 Análisis Sistema Grupo de Mando

En segundo lugar se analiza el Sistema Grupo de Mando de la GCC, el cual se compone de motor, correas, polea y volante.

V.1.2.1 Motor



Ilustración 24. Motor Eléctrico Grupo de Mando

FUNCIÓN			FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		
SUBSISTEMAS	MOTOR	1	Generar movimiento rotatorio para ser utilizado en el eje motriz	Se quema fusible en la partida	1	Ajuste de la rampa de partida de motor principal
			Motor quemado	2	Alta corriente quema motor, lo que ocurre cuando falla la protección del motor	
			No se cumplen los parámetros controlados por el PLC	3	Genera pics de corriente y se mal utiliza la energía hacia el sistema	
			Trabamiento	4	Se produce por trabamiento de rodamientos	

PROBABILIDAD OCURRENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
2	6	12	ART SAP:50086594 Partidor Suave; Plan SHEI65148 Planes de Mantenimiento Actuales de Motor SHEI65092
1	6	6	Planes de Mantenimiento Actuales de Motor SHEI65092
2	2	4	Revisión-Control visual por parte de operadores en PLC y sus parámetros. Dar aviso a personal eléctrico cuando se esté fuera de parámetros de PLC.
1	6	6	Proyecto monitoreo continuo señal global de rodamientos motor y rodamientos volante guillotina

Tabla 18. Análisis Motor de Grupo de Mando

V.1.2.2 Correas



Ilustración 25. Transmisión por Correas Grupo de Mando

FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		
SUBSISTEMAS	CORREAS	2	Transmitir potencia desde el motor al volante		
			A	Cambio en tensión de correas. No transmite potencia	
				1	Bandas Laterales vitrificadas. Deslizamiento de correa, exceso de temperatura
				2	Corte irregular de correas debido a un exceso de tensión y/o a elementos extraños presentes.
3	La correa presenta grietas o cortes transversales producto de elevada temperatura cambiando las propiedades de esta. Se genera también por una sobre tensión. También es debido al fin de la vida útil.				
4	Separación de los compuestos. Ocurre cuando la correa ha sido expuesta a contacto con aceites, líquido refrigerante o derivados del petróleo los cuales dañan las propiedades del material generando el desprendimiento de los componentes.				

V.1.2.3 Polea



Ilustración 26. Poleas Grupo de Mando

FUNCIÓN			FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	
SUBSISTEMAS	POLEA	3	A	1	Desgaste de polea
				2	Rotura

PROBABILIDAD OCURRENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
2	2	4	Plan de mantenimiento correas más poleas del conjunto (conjunto motor polea)
1	3	3	Inspección Operación

Tabla 20. Análisis Polea de Grupo de Mando

V.1.2.4 Volante

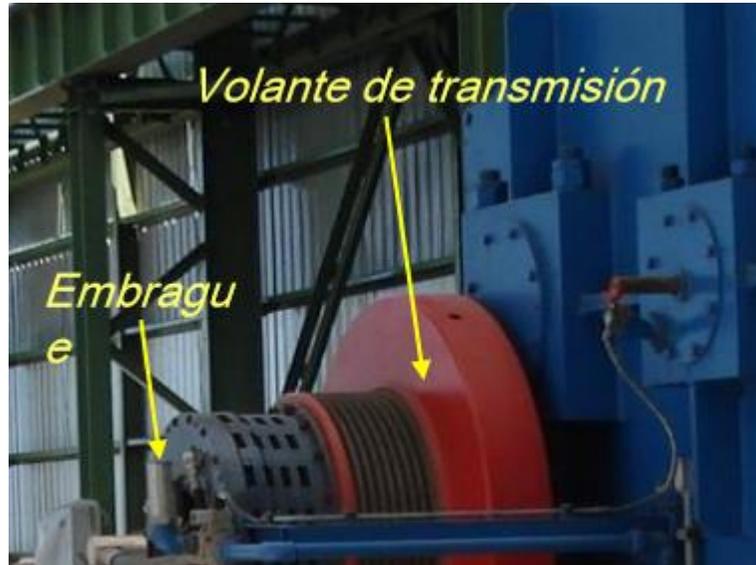


Ilustración 27. Volante Grupo de Mando

FUNCIÓN			FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA
SUBSISTEMAS	VOLANTE	4	No transmitir movimiento	Desgaste de volante
			A	1
			Transmitir movimiento de correas a eje motriz	

PROBABILIDAD OCURRENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
2	2	4	Medición desgaste volante según Plan Mantenimiento de fabricante Danieli

Tabla 21. Análisis Volante de Grupo de Mando

V.1.3 Análisis Sistema Grupo Cuerpo Cizalla

El sistema Grupo Cuerpo Cizalla abarca gran cantidad de componentes que se analizan a continuación en las Hojas de Información. Este sistema recibe el movimiento de rotación a través de ejes y engranajes en los cuales va cambiando la relación de transmisión y finalmente gracias al movimiento angular de una excéntrica, se traduce a un movimiento rectilíneo en el carro, en donde se encuentran los cuchillos que realizan el corte por cizalla.

V.1.3.1 Embrague

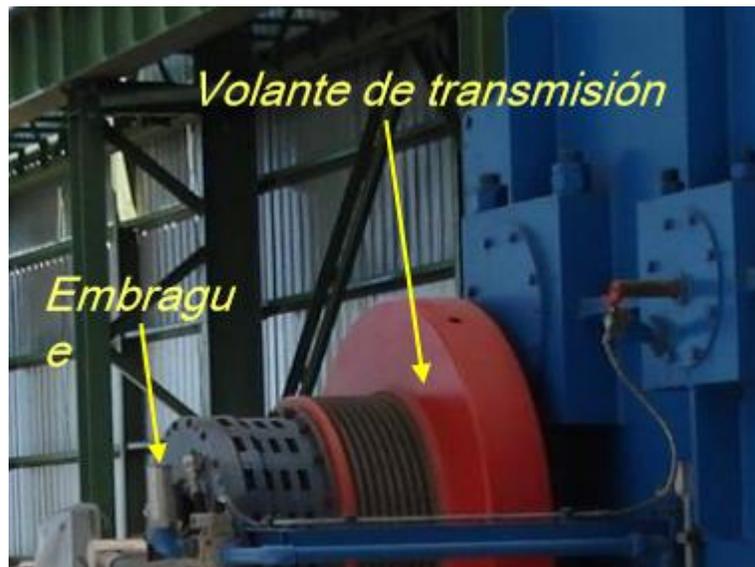


Ilustración 28. Embrague Grupo Cizalla

FUNCIÓN			FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	
SUBSISTEMAS	EMBRAGUE	1	A	1	Mal Armado
				2	Desgaste de componentes (balatas y resortes)
				3	Trabamiento válvulas de descarga
				4	Falla en junta rotatoria debido a fisura o filtraciones
				5	Falla en piñones embrague por desgaste

PROBABILIDAD OCURRENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
2	4	8	Procedimiento de armado (IT), Confeccionar Plano de Armado, Actualizar IT
1	6	6	Hoja Ruta shma65gcc lbr medición luz freno embrague (modificar); compra de componentes originales
2	2	4	Inspección de válvulas descarga en plan de medición de luz, ver Calidad del aire
2	4	8	Repuesto de embrague debe incluir junta rotatoria.
2	3	6	Inspección según preventivo de embrague cada 8 semanas

Tabla 22. Análisis Embrague de Grupo Cuerpo Cizalla

V.1.3.2 Eje motriz



Ilustración 29. Eje Motriz Grupo Cizalla

FUNCIÓN			FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	
SUBSISTEMAS	EJE MOTRIZ	2	A	1	Falla en rodamientos de volante NU 1044 y/o Rodamiento Modificado por falta de lubricación
				2	Falla en rodamientos de entrada a la caja 22248 23040 por falta de lubricación
				3	Falla en dentado eje piñón

PROBABILIDAD OCURRENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
2	2	4	Programa de Lubricación por grasa (frecuencia de 8 semanas)
2	2	4	Verificar sistema centralizado lubricación por aceite según plan de mantenimiento indicado por fabricante
1	4	4	Verificar plan mantención (inspección de dentado)

Tabla 23. Análisis Eje motriz de Grupo Cuerpo Cizalla

V.1.3.3 Freno

FUNCIÓN			FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA			
SUBSISTEMAS	FRENO	3	Detener ciclo de corte	A	No detener o detener el ciclo erróneamente	1	Mal Armado
						2	Desgaste de componentes (balatas y resortes)
						3	Trabamiento válvulas de descarga
						4	Falla en piñones freno por desgaste
						5	Aumento de temperatura en freno por falla en motor ventilador

PROBABILIDAD OCURRENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
2	4	8	Procedimiento de armado (IT), <it65-21 - Confeccionar Plano de Armado, Actualizar IT
1	6	6	Hoja Ruta shma65gcc lbr medición luz freno embrague (modificar); compra de componentes originales
2	2	4	Inspección de válvulas descarga en plan de medición de luz, ver Calidad del aire
2	3	6	Inspección según preventivo de freno cada 8 semanas
2	3	6	Inspección según preventivo

Tabla 24. Análisis Freno de Grupo Cuerpo Cizalla

V.1.3.4 Eje intermedio



Ilustración 30. Eje Intermedio Grupo Cizalla

FUNCIÓN			FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA			
SUBSISTEMAS	EJE INTERMEDIO (50083860)	4	Transmitir movimiento desde el eje motriz hacia el eje excéntrico	A	No transmitir movimiento	1	Falla en rodamiento 23160 CC/w33 (N° art 594909) por falta de lubricación
						2	Falla en rodamiento 23160 CC/w33 (N° art 594909) por contaminación de aceite
						3	Falla en chaveta (fractura, desgaste)
						4	Presencia de grietas en eje
						5	Presencia de picadura, pitting en dentado eje

PROBABILIDAD OCURRENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
1	3	3	Verificar sistema centralizado lubricación por aceite según plan de mantenimiento indicado por fabricante Danieli
1	3	3	Verificar sistema centralizado lubricación por aceite según plan de mantenimiento indicado por fabricante Danieli
1	3	3	Inspección en mantención mayor (1 vez al año)
1	3	3	Inspección en mantención mayor (1 vez al año)
1	2	2	Inspección en mantención mayor (1 vez al año)

Tabla 25. Análisis Eje intermedio de Grupo Cuerpo Cizalla

V.1.3.5 Corona



Ilustración 31. Corona Grupo Cizalla

FUNCIÓN			FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA
SUBSISTEMAS	CORONA (598266)	5	No transmitir movimiento	1 Fractura por fatiga material
				2 Fractura por falta de lubricación
			A	

PROBABILIDAD OCURRENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
1	2	2	Inspección en mantención mayor (1 vez al año)
1	2	2	Verificar sistema centralizado lubricación por aceite según plan de mantenimiento indicado por fabricante Danieli

Tabla 26. Análisis Corona de Grupo Cuerpo Cizalla

V.1.3.6 Eje excéntrico



Ilustración 32. Eje Excéntrico Grupo Cizalla

FUNCIÓN			FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	
SUBSISTEMAS	EJE EXCÉNTRICO	6	A	1	Trabamiento de bujes por falta de lubricación
				2	Fractura de Eje

PROBABILIDAD OCURRENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
3	3	9	Revisar plan mantenimiento SCLG SHMA65LA0002 y Plan de Mantenimiento (eléctrico) N°xxx. Inspección de bujes, medición de luz, verificar topes.
1	4	4	a) Plan de Mantención Mayor cada 6 años. Mantenimiento Correctivo antes de 6 años

Tabla 27. Análisis Eje excéntrico de Grupo Cuerpo Cizalla

V.1.3.7 Carro



Ilustración 33. Carro Grupo Cizalla

FUNCIÓN			FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		
SUBSISTEMAS	CARRO	7	Transformar energía cinética en energía de corte según parámetros preestablecidos	Realizar corte defectuoso	1	Trabamiento falta lubricación en guías
					2	Exceso de luz en cuñas
					3	Variación de posición de carro
					4	Fractura de carro
					5	Fractura o deformación de pasador

PROBABILIDAD OCURRENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
1	3	3	Realizar plan mantenimiento SCLG SHMA65LA0002 y Plan de Mantenimiento (eléctrico)
3	2	6	Realizar plan mantenimiento SCLG SHMA65LA0002 (medir luz en cuñas y realizar ajuste si corresponde).

3	2	6	Plan mantención eléctrico de sensores.
3	2	6	Inspección en plan de mantención mayor (6 años)
2	3	6	a) Inspección de chaveta en plan de mantención preventivo b) Inspección en plan de mantención mayor (6 años)

Tabla 28. Análisis Carro de Grupo Cuerpo Cizalla

V.1.3.8 Bloqueo de cuchillos

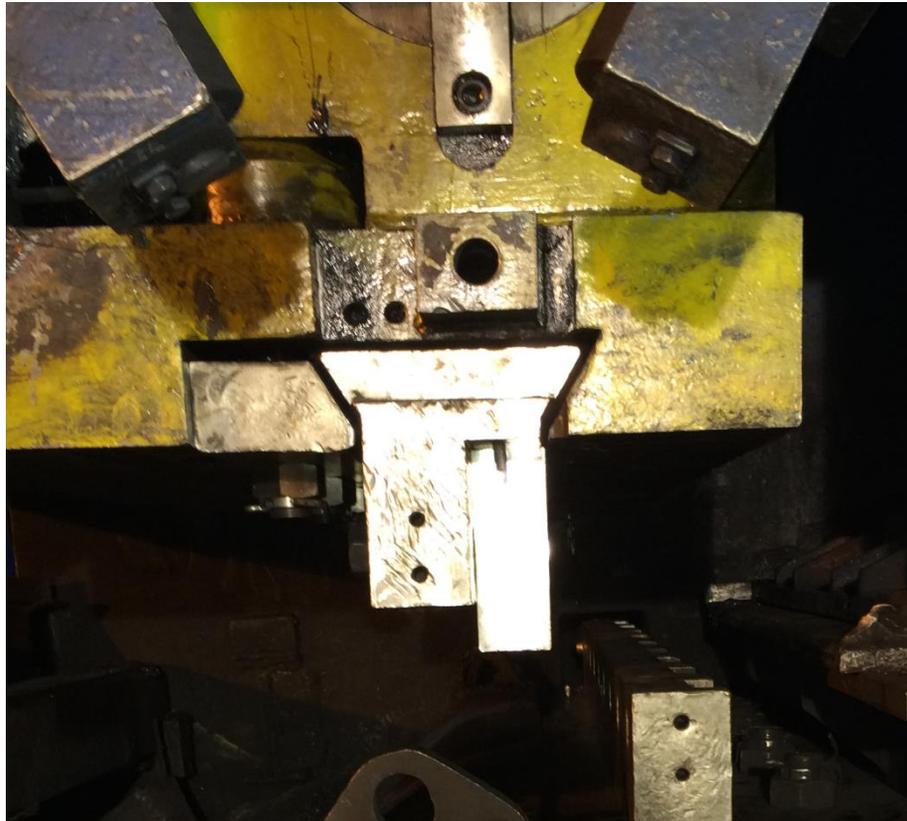


Ilustración 34. Sistema Bloqueo Cuchillos Grupo Cizalla

FUNCIÓN			FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA			
SUBSISTEMA	BLOQUEO DE CUCHILLOS	8	Afianzar cuchillos para realizar corte	A	Soltura de cuchillos	1	Fractura golillas cóncavas
						2	Desgaste en Bastidor (Barrón)
						3	Desgaste en mordaza

PROBABILIDAD OCURRENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
4	2	8	Plan Mantenimiento (cambio de golillas cóncavas cada 24 semanas)
4	2	8	a) Reparación de desgaste a dimensiones originales b) seguimiento después de reparación
3	2	6	a) MP inspección visual en cambio golillas cóncavas

Tabla 29. Análisis Bloqueo de cuchillos de Grupo Cuerpo Cizalla

V.1.4 Análisis Sistema Centralizado de Lubricación por Aceite

El último sistema objeto de análisis en las Hojas de Información a recopilar es el Sistema Centralizado de Lubricación por Aceite (SCLA), el cual lubrica los ejes y engranajes de la máquina a través de circulación forzada de aceite.

V.1.4.1 Conjunto bomba – engranaje



Ilustración 35. Bomba Engranajes Grupo Cizalla

FUNCIÓN			FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA				
SUBSISTEMA	CONJUNTO	BOMBA	1	Entregar caudal de 45 l/min a una presión de 1,5-2 bar de aceite para lubricar engranaje y rodamientos	A	No entregar caudal a la presión requerida	1	Falla en copla (desgaste de dientes, fractura, etc)
							2	Trabamiento de bomba por agente externo o particulado en aceite

PROBABILIDAD OCURRENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
2	4	8	Plan Mantenimiento Preventivo del conjunto motobomba con frecuencia 4 años. Mantener repuesto N° Articulo de copla en stock del laminador
1	4	4	Plan Mantenimiento inspección Filtros y Análisis de Aceite

Tabla 30. Análisis Conjunto bomba - engranaje SCLA

V.1.4.2 Depósito

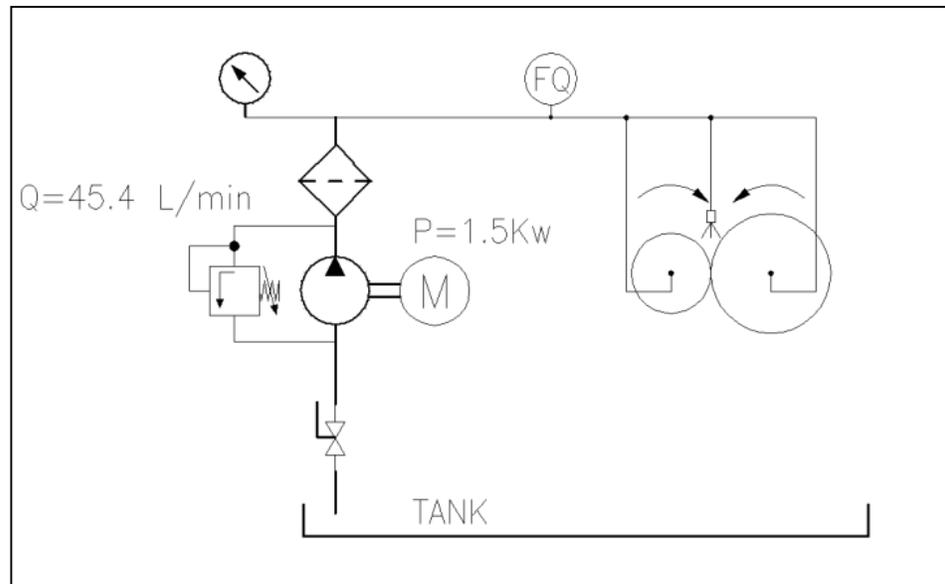


Ilustración 36. Depósito en Sistema Lubricación por Aceite Grupo Cizalla

FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	
SUBSISTEMA	DEPÓSITO	1	Contener 400 litros de aceite no contaminado a un rango de T° entre 15 y 30°C	
			A	Depósito posee menos cantidad de aceite para satisfacer la demanda del sistema, aceite se encuentra contaminado y fuera de rangos de temperatura
			1	Falla en hermeticidad por grietas, tapas fuera de posición, mal sellado, etc.
		2	Falla en calentadores, Falla Termocuplas, Falla en sistema de control	
		3	Filtración que provoque bajo nivel mínimo de aceite en estanque	

PROBABILIDAD OCURRENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
2	3	6	Plan de Mantenimiento Preventivo (inspección de hermeticidad de estanque aceite, verificar tapas, sellado, etc.)
2	2	4	Plan Mantenimiento Preventivo (inspección) operación calentadores
2	2	4	Monitoreo con alarma PI de indicador de flujo

Tabla 31. Análisis Depósito SCLA

V.1.4.3 Líneas



Ilustración 37. Líneas Sistema Lubricación por Aceite Grupo Cizalla

FUNCIÓN			FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA			
SUBSISTEMA	LÍNEAS	1	Transportar aceite desde estanque hasta puntos de lubricación	A	No transporta el aceite a los puntos requeridos a lubricar	1	Rotura de líneas

PROBABILIDAD OCURRENCIA	CONSECUENCIA	CRITICIDAD	ACCIONES
2	4	8	Plan Mantenimiento preventivo (inspección visual)

Tabla 32. Análisis Líneas SCLA

V.2 Hojas de Decisión RCM

Al tener ya recopilada toda la información referente a los sistemas y subsistemas con sus respectivas funciones, fallas funcionales, modos de falla, criticidad y acciones, el proceso continúa completando las Hojas de Decisión, las cuales toman y resumen cada uno de los modos de falla tratados en las Hojas de Información ya trabajadas.

Las Hojas de Decisión del RCM integran todo el trabajo realizado y ayuda a la toma de decisiones y estrategias a seguir en el mantenimiento, el cual dependiendo de la resolución que se tome podría ser predictivo (a condición), preventivo (sustitución o reacondicionamiento cíclico) y/o un rediseño.

La Hoja de Decisión en sus tres primeras columnas F (función), FF (falla funcional) y FM (modo de falla), toma la referencia de información de las FMEA por cada sistema según la clasificación en ellas otorgada; la columna cuarta a la séptima (H, S, E y O) indican respectivamente si la falla será evidente a los operadores, si tendría daños a la seguridad del personal, si pudiera incurrir en faltas al medioambiente y finalmente si la operación se vería mermada; la columna ocho a la diez (H1, H2 y H3) señalan si es o no

posible tomar una acción de mantenimiento para el modo de falla a tratar, respectivamente se podría tomar una decisión de mantenimiento proactivo, de sustitución cíclica o reacondicionamiento cíclico; por último las columnas H4, H5 y S5 otorgan información sobre la toma de decisiones en una estrategia de mantenimiento “a falta de”, que por ejemplo en el caso de modos de falla que pudieran afectar a la seguridad de las personas o se pase por alto una normativa medioambiental, es obligatorio tomar dicha decisión para aminorar las posibles consecuencias que pudieran acarrear.

V.2.1 Hojas de Decisión SCLG

Para iniciar los análisis de las Hojas de Decisión, se debe coincidir con el orden realizado con las FMEA, es decir, en el caso de la Guillotina de Corte Comercial de Cap Aceros, se tomará en primer lugar el Sistema Centralizado de Lubricación por Grasa. La Hoja de Decisión RCM para el SCLG es la siguiente:

Referencia de la información			Evaluación de las Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por	Costo
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Verificación visual	Diario	Operador	\$ 0
1	B	1	S	N	N	S	N	N	N	N	S		Se rediseña el sistema de llenado de tanque de grasa	Ocasión	Mantenición	\$ 150.000
2	A	1	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Verificación visual por operador	Diario	Operador	\$ 0
2	A	2	S	N	N	S	N	N	N	N	S		Se rediseña el sistema con medición de nivel mín - máx	Ocasión	Mantenición	\$ 143.000
2	A	3	S	N	N	S	N	N	S				Plan de mantenimiento SHMA65LA0002	24 semanas	Mantenición	\$ 105.000
													Plan de mantenimiento SHMA65LA0002	3 años	Mantenición	\$ 140.000

3	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Plan de mantenimiento SHMA65LA0002	24 semanas	Mantenición	\$ 105.000
4	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Plan de mantenimiento SHMA65LA0002	24 semanas	Mantenición	\$ 105.000
5	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Plan de mantenimiento SHMA65LA0002	24 semanas	Mantenición	\$ 105.000
6	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Plan de mantenimiento SHMA65LA0002	24 semanas	Mantenición	\$ 105.000
6	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Plan de mantenimiento SHMA65LA0002	24 semanas	Mantenición	\$ 105.000
6	A	3	S	N	N	S	N	N	S				Plan de mantenimiento SHMA65LA0002	24 semanas	Mantenición	\$ 105.000
7	A	1	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Chequeo de funcionamiento correcto transductor	Diario	Mantenición	\$ 0
8	A	1	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Chequeo de TAG por personal operación	Diario	Mantenición	\$ 0
9	A	1	S	N	N	S	S						Sistemas de alarmas en todas las cajas, sistema de alarma de fin de línea, sistema de alarma PS sobrepresión de bombeo, sistema alarma línea A y B. Cambios de bloques	Diario	Operador	\$ 0
9	A	2	S	N	N	S	S						Chequeo de TAG por personal operación	Diario	Mantenición	\$ 0
9	A	3	S	N	N	S	S						Alarmas en todas las cajas, sist de alarma de fin de línea, sist de alarma PS sobrepresión de bombeo, sistema alarma línea A y B. Cambios de bloques	Diario	Operador	\$ 0
10	A	1	S	N	N	S							Plan preventivo eléctrico	24 semanas	Eléctrico	\$ 45.000
11	A	1	S	N	N	S							Sistema de alarma por baja presión	24 semanas	Eléctrico	\$ 45.000
12	A	1	S	N	N	S							Plan preventivo eléctrico	24 semanas	Eléctrico	\$ 45.000
13	A	1	S	N	N	S							Plan preventivo eléctrico	24 semanas	Eléctrico	\$ 45.000
														Total Anual		\$1.348.000

Tabla 33. Hoja de Decisión RCM para SCLG

V.2.2 Hojas de Decisión Sistema Grupo de Mando

La segunda Hoja de Decisión es la correspondiente al Grupo de Mando:

Referencia de la información		Evaluación de las Consecuencias						H1	H2	H3	Acción a falta de				Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por	Costo
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4						
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Planes SHEI65148 y SHEI65092	8 semanas	Mantenición	\$90.000		
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Planes SHEI65148 y SHEI65092	8 semanas	Mantenición	\$90.000		
1	A	3	S	N	N	S	N	N	S				Planes SHEI65148 y SHEI65092	8 semanas	Mantenición	\$90.000		
1	A	4	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Verificación visual	Diario	Operador	\$ 0		
2	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Verificación estado de correas, medición de tensión correcta de correas, cambio preventivo de conjunto de correas.	8 semanas	Mantenición	\$ 294.000		
2	A	2	S	N	N	S	N	N	S					8 semanas	Mantenición	\$ 294.000		
2	A	3	S	N	N	S	N	N	S					8 semanas	Mantenición	\$ 294.000		
2	A	4	S	N	N	S	N	N	S					8 semanas	Mantenición	\$ 294.000		
2	A	5	S	N	N	S	N	N	S					8 semanas	Mantenición	\$ 294.000		
3	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Plan mantenimiento conjunto polea - correas	8 semanas	Mantenición	\$ 294.000		
3	A	2	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Inspección visual estado de polea	Diario	Operador	\$ 0		
4	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Plan mantenimiento volante - polea - correas	24 semanas	Mantenición	\$ 105.000		
														Total Anual		\$ 2.139.000		

Tabla 34. Hoja de Decisión RCM Sistema Grupo de Mando

V.2.3 Hojas de Decisión Sistema Grupo Cuerpo Cizalla

A continuación se presenta la Hoja de Decisión del Grupo Cuerpo Cizalla:

Referencia de la información			Evaluación de las Consecuencias				H1 S1	H2 S2	H3 S3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por	Costo
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Confeccionar plano de armado	Una vez	Ingeniería	\$ 180.000
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Plan mantenimiento medición luz y cambio componentes	12 semanas	Mantenición	\$ 210.000
1	A	3	S	N	N	S	N	N	S				Plan mantenimiento medición luz y cambio componentes	12 semanas	Mantenición	\$ 210.000
1	A	4	S	N	N	S	N	N	S				Repuesto de embrague debe incluir junta rotatoria	8 semanas	Mantenición	\$ 294.000
1	A	5	S	N	N	S	N	N	S				Inspección según plan preventivo y evaluar sustitución	8 semanas	Mantenición	
2	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Verificar estado según plan de lubricación por grasa	8 semanas	Mantenición	\$ 49.000
2	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Verificar estado según plan de lubricación por grasa	8 semanas	Mantenición	\$ 49.000
2	A	3	S	N	N	S	N	N	S				Verificación visual en plan de mantenimiento. Evaluar sustitución	24 semanas	Mantenición	\$ 70.000
3	A	1	S	N	N	S	N	N	N	N	N	N	Confeccionar plano de armado	Una vez	Ingeniería	\$ 180.000
3	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Verificación visual en plan de mantenimiento. Evaluar sustitución	8 semanas	Mantenición	\$ 49.000
3	A	3	S	N	N	S	N	N	S				Chequeo visual plan mantenimiento. Evaluar sustitución	8 semanas	Mantenición	\$ 49.000

3	A	4	S	N	N	S	N	N	S			Inspección según preventivo de freno	8 semanas	Mantenición	\$ 49.000
3	A	5	S	N	N	S	N	N	S			Inspección según preventivo de freno	8 semanas	Mantenición	\$ 49.000
4	A	1	S	N	N	S	N	N	S			Plan de mantenimiento SCLA. Revisar y evaluar sustitución rodamiento	8 semanas	Mantenición	\$ 196.000
4	A	2	S	N	N	S	N	N	S			Plan de mantenimiento SCLA. Revisar y evaluar sustitución rodamiento	8 semanas	Mantenición	
4	A	3	S	N	N	S	N	S				Inspección en mantención mayor realizada al activo	12 meses	Mantenición	\$ 280.000
4	A	4	S	N	N	S	N	S				Inspección en mantención mayor realizada al activo	12 meses	Mantenición	
4	A	5	S	N	N	S	N	S				Inspección en mantención mayor realizada al activo	12 meses	Mantenición	
5	A	1	S	N	N	S	N	S				Inspección en mantención mayor realizada al activo	12 meses	Mantenición	
5	A	2	S	N	N	S	N	N	S			Plan de mantenimiento SCLA. Revisar y evaluar sustitución componente	8 semanas	Mantenición	\$ 49.000
6	A	1	S	N	N	S	N	N	S			Plan de mantenimiento SHMA65LA0002	24 semanas	Mantenición	\$ 105.000
6	A	2	S	N	N	S	N	N	S			Plan mantención mayor sustitución cada 6 años	72 meses	Mantenición	\$ 70.000
7	A	1	S	N	N	S	N	N	S			Plan de mantenimiento SHMA65LA0002	24 semanas	Mantenición	\$ 105.000
7	A	2	S	N	N	S	N	N	S			Plan de mantenimiento SHMA65LA0002	24 semanas	Mantenición	
7	A	3	S	N	N	S	N	N	S			Planes SHEI65148 y SHEI65092	8 semanas	Mantenición	\$ 90.000
7	A	4	S	N	N	S	N	N	S			Plan mantención mayor sustitución cada 6 años	72 meses	Mantenición	\$ 70.000
7	A	5	S	N	N	S	N	N	S			Plan mantención mayor sustitución cada 6 años	72 meses	Mantenición	\$ 70.000

8	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Plan mantenimiento sustitución de golillas	24 semanas	Mantenición	\$ 35.000
8	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Plan mantenimiento conjunto mordaza	24 semanas	Mantenición	\$ 35.000
8	A	3	S	N	N	S	N	N	S				Plan mantenimiento conjunto mordaza	24 semanas	Mantenición	\$ 35.000
														Total Anual	\$ 2.578.000	

Tabla 35. Hoja de Decisión RCM Sistema Grupo Cuerpo Cizalla

V.2.4 Hoja de Decisión Sistema Centralizado de Lubricación por Aceite

En última instancia la Hoja de Decisión del SCLA:

Referencia de la información			Evaluación de las Consecuencias				H1	H2	H3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por	Costo
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Plan Mantenimiento con sustitución equipo c/4 años	48 meses	Mantenición	\$ 121.000
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Plan de mantenimiento SHMA65LA0002	24 semanas	Mantenición	\$ 105.000
2	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Verificación visual por operadores	Diario	Operador	\$ 0
2	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Verificación termocuplas en plan preventivo	24 semanas	Mantenición	\$ 105.000
2	A	3	S	N	N	S	N	N	S				Verificación a través de PI	Diario	Operador	\$ 0
3	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Plan mantenimiento preventivo. Chequeo líneas	8 semanas	Mantenición	\$ 49.000
														Total Anual	\$ 380.000	

Tabla 36. Hoja de Decisión RCM SCLA

V.2.5 Resumen Costos Hojas de Decisión RCM para GCC

Las Hojas de Decisión expuestas en los puntos anteriores, que abarcan los cuatro sistemas que se tomaron para análisis en el RCM aplicado en la Guillotina de Corte Comercial de Cap Aceros, arrojan en definitiva una serie de tareas propuestas como estrategias de mantenimiento, con sus períodos establecidos claramente, sus responsables a ejecutar por cada uno y el costo asociado por la tarea. En el siguiente cuadro se resume de forma general el costo total por año que son el resultado del estudio generado para el activo de planta:

Resumen Costo Total RCM	
Sistema	Costo Anual
SCLG	\$ 1.348.000
Grupo Mando	\$ 2.139.000
Grupo Cizalla	\$ 2.578.000
SCLA	\$ 380.000
Total Anual	\$ 6.445.000

Tabla 37. Resumen Costo Total RCM

V.3 Disponibilidad Operativa a través de Jack Knife

En necesario poder reconocer el nivel de efectividad de los resultados desde la implementación de la metodología RCM en la Guillotina de Corte Comercial, por lo cual conviene utilizar una herramienta que indique el nivel de no disponibilidad de la maquinaria en el tiempo. Para lo anterior se utilizará un gráfico bidimensional denominado Jack Knife, que está conformado por dos variables: MTTR (mean time to repair o tiempo medio de reparación) en el eje vertical y N° Detenciones en el eje horizontal. De esa forma se puede visualizar gráficamente la variación de no disponibilidad en los años 2014 y 2015 (año de implementación RCM).

El gráfico Jack Knife muestra 4 líneas horizontales paralelas que muestran los tiempos medios de fallas, en este caso la línea roja representa un tiempo medio de 5000 minutos de no disponibilidad, la línea verde un tiempo medio de 1000 minutos, la línea

morada un tiempo medio de 500 minutos y finalmente la línea celeste un tiempo medio de 100 minutos de no disponibilidad.

Por otro lado el gráfico se divide en 4 cuadrantes en los cuales se puede posicionar una máquina cualquiera que sea producto de estudio. Los cuadrantes que están sujetos a la cantidad de MTTR y N° de Detenciones del activo tienen los siguientes significados para los análisis:

- Cuadrante Inferior Izquierdo : Es el ideal e indica que la maquinaria se encuentra con un bajo MTTR, es decir, su tiempo de reparación es menor y la cantidad de detenciones que se generan son menores.
- Cuadrante Superior Izquierdo : Cuando una máquina se posiciona en este cuadrante o cuadrante Agudo, quiere decir que si bien su número total de detenciones es bajo, el tiempo requerido para su reparación es alto, por lo que se incurren en recursos como horas de personal de mantenimiento u otros adicionales. Al estar en este cuadrante, se dice que el activo afecta a la mantenibilidad de la maquinaria.
- Cuadrante Inferior Derecho : O cuadrante Crónico, quiere decir que los activos físicos detienen en muchas ocasiones, pero su tiempo de reparación es relativamente bajo. Una maquinaria que se encuentre ubicado en este cuadrante Crónico afecta la confiabilidad.
- Cuadrante Superior Derecho : O cuadrante Agudo-Crónico, indica que las maquinarias están en su peor condición, ya que tienen muchas detenciones y además su tiempo medio de reparación es alto, por lo que se ve afectada tanto la mantenibilidad, como la confiabilidad.

Para efectos de análisis de la Guillotina de Corte Comercial, se ve gráficamente de qué forma se ha comportado desde el 1er trimestre del año 2014, hasta el 4 trimestre del año 2015.

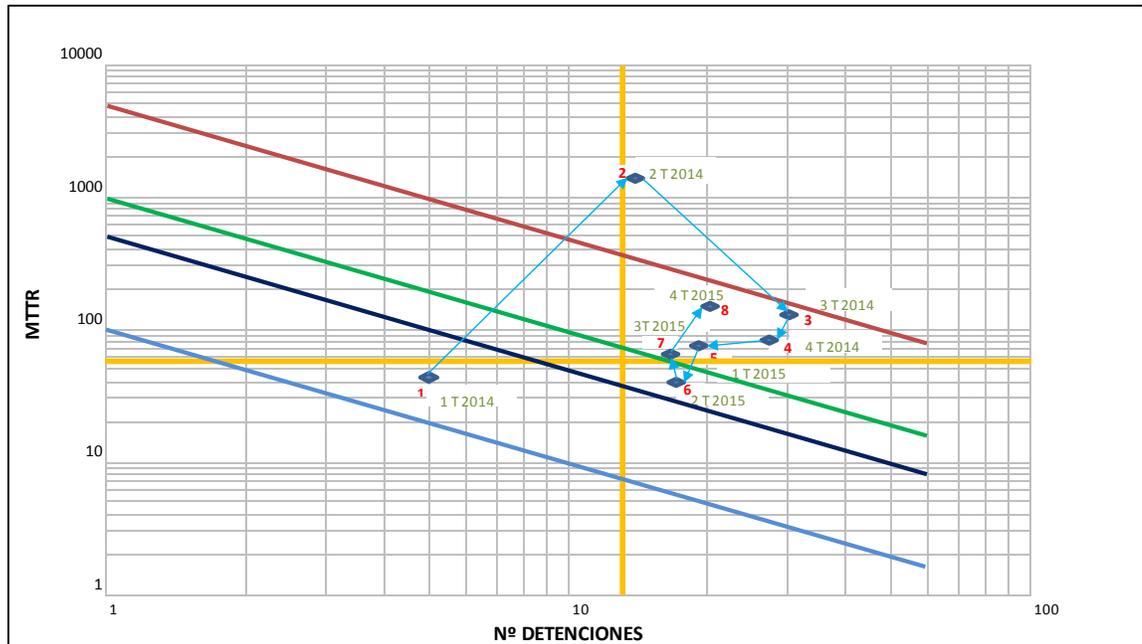


Ilustración 38. Variación de no disponibilidad de GCC

Por otro lado, sabiendo los datos utilizados en el análisis gráfico Jack Knife, se puede tabular la cantidad de horas de no disponibilidad por cada trimestre y estimar una valoración de cuántos ingresos se han dejado de percibir por efectos de no producción. Esto es muy importante para los verificar globalmente qué tan bueno y provechoso ha sido realizar una buena implementación del RCM y también ayuda a justificar los costos en los que se incurrirá para las estrategias de mantenimiento adoptadas y las que se pondrán en práctica en el corto plazo.

En la siguiente tabla y gráfico se señala el análisis realizado después del gráfico Jack Knife, en donde se demuestra una gran mejora en la cantidad de ingresos no percibidos en año 2014 v/s año 2015.

Período	# Paradas	MTTR (min)	# Paradas * MTTR (min)	Costo No Producción (U\$/min)	Costo Total Promedio NP (U\$)	Total Anual Promedio NP (U\$)
1T 2014	5	41	205	\$424,4	\$86.998	\$11.331.019
2T 2014	14	1.450	20.300	\$424,4	\$8.614.969	
3T 2014	30	130	3.900	\$424,4	\$1.655.093	
4T 2014	27	85	2.295	\$424,4	\$973.958	
1T 2015	19	75	1.425	\$424,4	\$604.745	\$2.927.816
2T 2015	17	40	680	\$424,4	\$288.580	
3T 2015	18	61	1.098	\$424,4	\$465.972	
4T 2015	21	176	3.696	\$424,4	\$1.568.519	

Tabla 38. Análisis Comparativo Costo No Producción Año 2014 v/s 2015

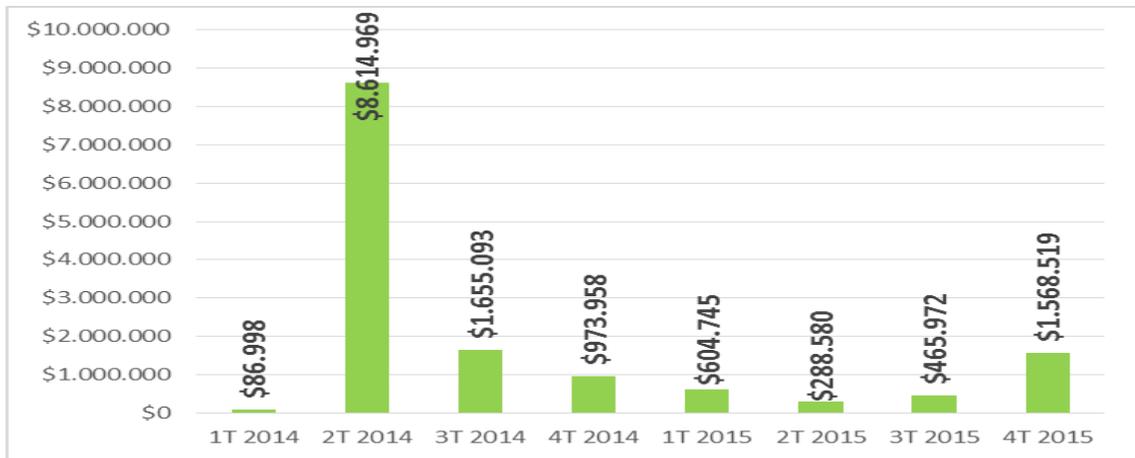


Ilustración 39. Comparación Gráfica Costo No Producción Año 2014 v/s 2015

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES GENERALES

Los resultados obtenidos después de haber analizado todos los componentes de los sistemas de la Guillotina de Corte Comercial del Laminador de Barras Rectas de Cap Aceros, indican que hay una cantidad definida de tareas rutinarias que se requiere realizar según intervalos determinados para que el activo físico continúe haciendo lo que los usuarios quieren que haga en su contexto de operación.

La participación del personal que forma parte del proceso de implementación de la metodología RCM logra comprender con mayor profundidad el activo en su conjunto y en qué forma puede fallar. Lo anterior ayuda en el sentido de aumentar la confiabilidad de cualquier activo físico que sea objeto de estudio con esta valiosa herramienta para la gestión del mantenimiento.

Al aplicar correctamente el proceso RCM, las estrategias de administración de los activos de una planta tendrán una estructura más robusta, con mayor información sobre sus fallas. Además, cuando a través de la utilización de una herramienta de gestión de mantenimiento se logra mejorar el beneficio económico de una organización, se puede pensar en aplicar la metodología u otras que fueran igual de efectivas en otros aspectos de la empresa.

Es preciso indicar, que si bien los resultados obtenidos son satisfactorios, no basta con realizar la mejora una sola vez, si no que se debe también acompañar de un seguimiento a la estructura ya implementada, en la cual apoyada con otros medios tecnológicos y dependiendo de la posición que ocupe la maquinaria dentro del ciclo de vida de un activo, implementar las estrategias más idóneas para mejorar su confiabilidad y disponibilidad operativa.

Se puede concluir que después de la implementación del RCM en planta CAP Aceros en su maquinaria Guillotina de Corte Comercial, se pudo obtener una base de datos con información referente al activo de gran valor para la gestión del mantenimiento, esto a través de las Hojas de Información RCM, también se pudieron destinar tareas, asignar una periodicidad definida de ejecución de labores definidas por los participantes del equipo RCM y disponer a un responsable singularizado de algún área específica

(mantenimiento mecánico, mantenimiento eléctrico u operadores) para hacer que el activo cumpla su función la mayor parte del tiempo como sea posible, esto a través de las Hojas de Decisión RCM.

Por último, mediante la utilización de la herramienta gráfica Jack Knife, se pudo visualizar la variabilidad por cada trimestre desde el año 2014 al año 2015 y ver el comportamiento de la maquinaria respecto de su tiempo medio para reparar y su número de detenciones. Con lo anterior, se pudo determinar una mejora significativa en la disminución de cantidad de horas de no disponibilidad de un año respecto a otro. Es necesario mencionar que si bien en el año 2014 se incorpora dentro de los análisis del gráfico Jack Knife, una falla catastrófica sufrida en el eje excéntrico producto de una falla oculta, el mismo hecho de realizar el análisis a través de RCM está enfocado a disminuir o eliminar las fallas ocultas que puedan acontecer en cualquier maquinaria, las cuales como ya se vio en los gráficos presentados, tuvieron costos elevados para la organización y que se pretende evitar ocurran en el futuro.

VII. GLOSARIO

C

Cap

Cap

Compañía Acerera del Pacífico, 3

F

FMEA

FMEA

Análisis de Modos de Fallas y sus Efectos, 46

G

GCC

GCC

Guillotina de Corte Comercial, 9

L

LBR

LBR

Laminador de Barras Rectas, 14

M

MP

MP

Mantenimiento Preventivo, 10

MTTR

MTTR

Tiempo Medio para Reparar, 88

Q

QBT

QBT

Unidad de Tratamiento Térmico, 32

R

RCM

RCM

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, 3

S

SAE

SAE

Sociedad de Ingenieros Automotores, 11

SCLA

SCLA

Sistema Centralizado de Lubricación por Aceite, 39

SCLG

SCLG

Sistema Centralizado de Lubricación por Grasa, 37

T

TTR

TTR

Tiempo para Reparar, 42

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Montilla, M., Arroyave, J.F., & Silva, M.C.E. (Diciembre de 2007). *Caso de Aplicación de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM, Previa Existencia Mantenimiento Preventivo*. Obtenido de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/4077/2237>
- Moubrai, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. RCM II*. Madrid: Biddles Ltd, Guildford and King's Lynn.
- Pérez, J. (2012). *El Camino Hacia el RCM*. Obtenido de <http://confiabilidad.net/articulos/el-camino-hacia-el-rcm/>
- Poveda, G. (2011). *Aplicación de la Metodología Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para el Desarrollo de Planes de Mantenimiento*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/20586/1/Articulo%20CICYT%20APOVEDA%20RCM.pdf>
- Troffé, M. (2011). *Análisis ISO 14224/Oreda. Relación con RCM-FMEA*. Obtenido de <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/0605MarioTroffeISO14224.pdf>

IX. ANEXOS

PLAN DE MANTENIMIENTO SHMA65LA0002

Trabajos mantención tipo A:

CENTRALIZADO DE GRASA

1. Realizar prueba de funcionamiento del sistema, desconectar llegada a los puntos de lubricación y probar que sale grasa, de lo contrario volver aguas atrás para ver elemento sin funcionamiento.
2. Con sistema completamente conectado, proceder a verificar filtraciones y eliminar.
3. Limpiar Área de Caja de distribución y entrada a puntos de lubricación.

CENTRALIZADO DE ACEITE.

1. Eliminar Filtraciones existentes.
2. Cambiar Filtros o sacar y realizar limpieza.
3. Destapar Tapas Laterales y verificar llegada puntos dentro del reductor.
4. Tapar y sellar tapas laterales.

RODILLOS 1-2 ENTRADA GCC

1. Revisar estado de Correas, cambiar de ser necesario.
2. Tensar correas.
3. Reapretar estructura sistema tensor.
4. Reapretar Perno descanso rodillos, considerar colocar Reglilla para evitar sobre apriete de pernos en la fabreka.

BOTADOR DE COLA.

1. Revisar pasadores y chavetas de fijación.
2. Reapretar Pernos Base estructura y base descansos.
3. Revisar estado de placa de barrido, en caso de daño cambiar.

PRENSADOR DE BARRAS.

1. Reapriete pernos estructurales.
2. Verificar estado de Pasadores y articulaciones si fuese necesario, realizar cambio de elementos.
3. Verificar estado estructural de la placa prensa y cambiar si es necesario.

Cambio de elementos

- 1.- Cambio de filtro de entrada al estanque de grasa
- 2.- Cambio de filtro a la salida de la unidad de lubricación de grasa.
- 3.- cambio de las 4 cajas de distribución del sistema de lubricación de grasa de la GCC.

Cambio de unidad de bombeo

1. Se debe realizar cambio de la unidad completa de bombeo.
2. Considerar cambio de la válvula relief si correspondiera.
3. Considerar cambio de filtros si correspondiera.
4. Considerar cambio de manómetro.
5. Considerar cambio de cajas si correspondiera.

Inspección v/v de seguridad

- 1.- Realizar Limpieza del área de la válvula de seguridad de la unidad de lubricación de grasa
- 2.- desconectar cañería a la salida de la válvula de seguridad y instalar tapón en la válvula
- 3.- Dar partida a la bomba de la unidad de lubricación
- 4.- verificar en manómetro instalado en la válvula de seguridad que la presión sea de 120 bar. Si fuese necesario ajuntar válvula de seguridad.
- 5.- Chequear estado del manómetro instalado en la válvula de seguridad, utilizando manómetro patrón
- 6.- Restablecer configuración del sistema.

PLAN DE MANTENIMIENTO SHEI65148

Insp. Cabinas Sala Controles Terminación

Centro Distribución Carga N° 3

Cabina Tablero Accionamiento JD02E50DRA01Cabina Tablero

Arrancadores JE02E50MCS01(Especial dedicación Partidor suave GCC)

Cabina Automatización

Cabina Automatización

Cabina Alumbrado Terminación

Verificar: nivel de contaminación de cada cabina

Revisar: aisladores, fusibles, interruptores, conectores, regletas, cables, conexiones, terminales, contactores, relés, tarjetas electrónicas, ventiladores, Medición T° módulos de potencia, partidor suave GCC, regletas de conexión

Aplicar, tomografías en las Barras, cables de llegada y salida.

PLAN DE MANTENIMIENTO SHEI65092

Mantenimiento motor, sensores Sistema, lubricación por grasa y aceite GCC:

Realizar mantención a los siguientes elementos:

- 1) Estanque de grasa GCC y sistema de alarma.
 - Motor Bba. Sistema Lubricación Grasa
 - Motor Bba. Sistema Lubricación Aceite
 - Switch de nivel máximo y mínimo estanque de grasa
 - Luces de indicación máximo y mínimo
 - PS Sobrepresión
 - Transmisor Presión de Línea
 - 6 PS alarma de baja presión
 - 1 Sensor inductivo fin de línea
 - 2 Sensores inductivos Ciclos A y B.

- Caja de conexión, conector macho y hembra sobre GCC.

Ejecutar:

- Motor CA

Medición aislación, inferior a 500 Kilo-Ohms informar jefe sección

Mantenimiento caja conexiones, revisar, ducto llegada, reparar y/o cambiar, ducto, flexible, reapreté de líneas.

Verificar, anclaje, acoplamiento reportar anomalías.

- Switch de Nivel

Revisión de Switch, actuador, líneas de conexión, luces indicadoras, estado de Led y verificar funcionamiento.

- PS's, Transmisor, sensores inductivos y conectores.

Destapar caja de conexiones, verificar reapriete de líneas, verificar estado de líneas internas en conectores y enchufes, ver estado de cables, flexibles y acoplamientos.

NOTA: Solicitar a Operación Instalar Plataforma en mesa basculante para intervención en PS alarma por baja presión.

2) Una vez terminada la Mantenimiento, realizar en conjunto con personal Mecánico y operación, pruebas de funcionamiento de del sistema:

- Desconectar líneas eléctricas a cada PS, verificar cambio de estado en PLC y alarma en HMI
- Desconectar líneas eléctricas a sensor inductivo 118, 119 y fin de línea.
- Desconectar línea de grasa a cada PS, verificar cambio de estado en PLC y HMI
- Desconectar PS de Línea, verificar cambio de estado en PLC y alarma en HMI

- Desconectar Transductor de presión, verificar cambio de estado en PLC y HMI.