

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A
PRENSA DE CORTEZA DE LA EMPRESA CELULOSA ARAUCO
PLANTA VALDIVIA**

Trabajo de Titulación para optar al
Título de
Ingeniero en MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL

Alumno:

Juan David Cifuentes Mellado

Profesor Guía:

Ing. Marcelo Quiroz Neira

1. **DEDICATORIA**

Agradecimientos:

A Dios por darme la oportunidad de llegar a esta etapa de mi vida y estar conmigo en cada paso que he dado.

A mi madre, familia y polola por todo el apoyo que siempre me han brindado en este proceso de mi formación académica, también por ayudarme a no rendirme y por siempre estar a mi lado en todo momento.

Finalmente, a mis profesores que me entregaron una base sólida para llegar a ser un buen profesional y a mis compañeros y amigos que me acompañaron en estos años.

2. RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de título está basado en la planta Celulosa ARAUCO. La cual es una empresa forestal chilena dedicada al desarrollo de productos forestales como son la madera aserrada, tableros, productos remanufacturados y celulosa.

En la primera parte del informe se presentan el principal objetivo por el cual se desarrolló este informe, apoyado de objetivos específicos que permitirán dar un enfoque más claro de los puntos clave que se desarrollarán. Posteriormente, ya conocido el enfoque principal del proyecto, se da a conocer la historia general de la empresa en la cual se está trabajando, incluyendo los lugares donde se encuentran distribuidas las diferentes plantas de Celulosa Arauco, además de su misión, visión, ubicación geográfica, entre otros datos que son importantes conocer, como por ejemplo cuales son los tipos de productos que fabrican.

A continuación, se encuentra el proceso productivo general de planta Valdivia con una descripción breve y concisa de que consta cada una de las 9 etapas que constituyen dicho proceso productivo. Dentro de estas etapas se encuentra el área madera, que es donde se centra principalmente el desarrollo del informe.

Para conocer más sobre el núcleo del trabajo, se buscó información detallada del proceso productivo del área de madera, junto al manejo de desechos de combustibles y el flujo de proceso.

El capítulo dos, tiene por objetivo dar a conocer la teoría del mantenimiento, describiendo 5 generaciones pasadas y como ha ido evolucionando. También, hay presente una descripción clara y de fácil comprensión sobre el concepto mantenimiento, que hoy en día es una actividad fundamental que deben ejecutar todas las empresas fabricantes de algún producto en el día a día para evitar detenciones innecesarias de sus equipos, añadiendo un gasto que puede ser de alto costo, el cual se podría evitar perfectamente.

Una vez teniendo bastante información base tanto de la empresa como del ámbito teórico, se procede a detectar las falencias que presenta planta Valdivia, desarrollando una descripción del problema con información histórica recopilada y posteriormente analizada. Para esto, se realizó una planilla Excel en donde se sacaron cálculos y predicciones para encontrar cual era la falla más común, para así poder darle una solución de mejora.

Para realizar la propuesta de mejora, se analizó previamente el funcionamiento de la prensa de corteza junto a datos numéricos, lo cuales dieron como resultado un funcionamiento deficiente debido a fallas en los componentes de esta, lo que producía detenciones no planeadas de la maquina llevando a realizarle un mantenimiento correctivo.

Tras horas de investigación y en la búsqueda de soluciones, se determinó que para evitar que los componentes de las máquinas sigan fallando y deteniéndose, debe aplicarse un plan de mantenimiento preventivo, el cual fue desarrollado y planteado en el capítulo cinco del presente informe.

Al final del documento se encuentran los anexos con los cuales se tomaron decisiones y referencias que respaldan la información expuesta.

3. **ÍNDICE DE CONTENIDO**

1. DEDICATORIA..... 2

2. RESUMEN EJECUTIVO 3

3. ÍNDICE DE CONTENIDO..... 5

4. ÍNDICE DE FIGURAS 8

5. ÍNDICE DE TABLAS 9

6. ÍNDICE DE GRÁFICOS 9

7. INTRODUCCIÓN 10

8. OBJETIVOS..... 11

 8.1 OBJETIVO GENERAL..... 11

 8.2 OBEJETIVO ESPECÍFICOS 11

9. CAPITULO I: celulosa arauco..... 12

 9.1 DESCRIPCION GENERAL DE LA EMPRESA 13

 9.1.1 Misión..... 14

 9.1.2 Visión 15

 9.2 EMPRESA CELULOSA ARAUCO PLANTA VALDIVIA 15

 9.2.1 Ubicación Geográfica 15

 9.2.2 Organigrama 16

 9.3 PROCESOS PRODUCTIVO GENERAL PLANTA VALDIVIA 17

 9.4 DETALLES DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL ÁREA 18

 9.4.1 Sistema de manejo de desechos combustibles..... 19

 9.4.2 Flujo del proceso 20

10. CAPITULO II: Marco teórico..... 21

 10.1 Generaciones del mantenimiento..... 22

 10.2 Mantenimiento 24

 10.2.1 Finalidad 24

 10.3 Objetivos del mantenimiento 24

 10.4 Tipos de mantenimiento..... 25

 10.4.1 Mantenimiento Predictivo 25

10.4.1.1	Ventajas.....	25
10.4.1.2	Desventajas.....	26
10.4.2	Mantenimiento preventivo.....	26
10.4.2.1	Ventajas.....	26
10.4.2.2	Desventajas.....	26
10.4.3	Mantenimiento correctivo.....	27
10.4.3.1	Ventajas.....	27
10.4.3.2	Desventajas.....	27
10.5	Indicadores de mantenimiento.....	28
10.5.1	Tiempo medio entre falla (Mean time between failures).....	28
10.5.1.1	Errores cometidos utilizando este indicador.....	28
10.5.2	Tiempo medio para reparar (Mean time to repair).....	28
10.5.2.1	Errores cometidos utilizando este indicador.....	29
10.5.3	Disponibilidad.....	29
10.5.4	Confiabilidad.....	30
10.5.4.1	Errores cometidos utilizando este indicador.....	30
10.6	Mejora continua.....	30
10.8	Diagrama Ishikawa.....	32
10.8.1	Para que sirve.....	32
10.8.2	Ventajas.....	33
11.	CAPITULO III: Descripción del equipo.....	34
11.1	Fabricante del equipo.....	35
11.1.1	Ubicación geográfica.....	35
11.1.2	Principales productos.....	36
11.1.3	Servicios.....	36
11.2	Prensas Saalasti press.....	36
11.2.1	Funcionamiento.....	37
11.2.2	Componentes.....	38
11.2.2.1	Partes importantes.....	40
11.2.3	Sistema hidráulico.....	43
11.2.3.1	Partes del sistema hidráulico.....	44
12.	CAPITULO IV: Problemas de la prensa Saalasti press.....	46
12.1	Situación actual.....	47
12.2	Recopilación de información.....	51

13. CAPITULO V: Plan de mantenimiento preventivo 56

13.1 Medidas de seguridad a tomar preventivo 57

13.1.1 Instalación..... 57

13.1.2 Seguridad durante el funcionamiento 58

13.1.3 Seguridad durante el mantenimiento 58

13.1.4 Seguridad..... 59

13.2 Herramientas 60

13.3 Mantenciones periódicas..... 61

13.4 Plan de mantenimiento..... 64

13.4.1 Check list de los componentes de la prensa 64

13.4.2 Check list del sistema hidráulico 64

13.4.3 Tabla de inspección extra de los componentes eléctricos de la prensa 65

13.5 Lista de repuestos..... 65

13.6 Evaluación económica 69

14. RECOMENDACIÓN..... 74

15. CONCLUSIÓN 76

16. REFERENCIAS 78

16.1 Referencias generales 79

17. ANEXOS..... 80

17.1 Anexo 1..... 81

17.2 Anexo 2..... 82

17.3 Anexo 3..... 83

17.4 Anexo 4..... 84

17.5 Anexo 5..... 85

17.6 Anexo 6..... 86

17.7 Anexo 7..... 87

4. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.9.1.1 Mapa de planta Celulosa Arauco en el mundo.....	13
Figura 1.9.1.2 Mapa de planta Celulosa Arauco en el mundo.....	14
Figura 1.9.2.1.1 Ubicación de Empresa Celulosa Arauco Planta Valdivia.	15
Figura 1.9.2.2.1 Organigrama de Celulosa Arauco Planta Valdivia.	16
Figura 1.9.3.1 Proceso Productivo Celulosa Arauco Planta Valdivia.	18
Figura 1.9.4.1 Proceso Productivo Área madera.	19
Figura 2.10.5.1.1 Diagrama MTBF	28
Figura 2.10.5.2.1 Diagrama MTTR.....	29
Figura 2.10.5.3.1 Formula de Disponibilidad.....	29
Figura 2.10.5.4.1 Formula de Confiabilidad	30
Figura 2.10.8.1 Diagrama Ishikawa.....	32
Figura 3.11.1.1 Logo empresa Saalasti.....	35
Figura 3.11.1.2 Ubicación geográfica de empresa Saalasti.....	35
Figura 3.11.2.1 Prensa Saalasti press	36
Figura 3.11.2.1.1 Prensa Saalasti press	37
Figura 3.11.2.1.2 Prensa Saalasti press	37
Figura 3.11.2.2.1 Partes prensa Saalasti press.....	39
Figura 3.11.2.2.1.1 Grafico de capacidad nominal del sinfín de alimentación	41
Figura 3.11.2.3.1 Sistema hidráulico.....	43
Figura 3.11.2.3.1.1 Sistema de pureza del aceite	45
Figura 4.12.1.1 Bogies.....	48
Figura 4.12.1.2 Rasqueta	49
Figura 4.12.1.3 Rodillos guías.....	49

Figura 4.12.1.4 Tornillo sinfín	50
Figura 4.12.1.5 Tambor	50
Figura 4.12.2.1 Diagrama Ishikawa.....	52

5. **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 4.12.2.1 Fallas	52
Tabla 4.12.2.2 Conteo de fallas	53
Tabla 4.12.2.3 MTTR y MTBF	54
Tabla 4.12.2.4 Disponibilidad	55
Tabla 5.13.3.1 Tiempo de tareas de mantenimiento.....	61
Tabla 5.13.3.2 Descripción del tipo de mantenimiento.....	63
Tablas 5.13.4.3.1 Check list de mantenimiento.....	65
Tablas 5.13.5.1 Repuestos	68
Tablas 5.13.6.1 Costos de mantenimiento.....	70
Tablas 5.13.6.2 Costos de repuestos.....	73

6. **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico 4.12.1.1 Torta de % mantenimiento	47
Gráfico 4.12.2.1 Pareto de Fallas	53

7. INTRODUCCIÓN

Actualmente hacer planes de mantenimiento es esencial para cualquier tipo de organización de producción, tanto a pequeña como gran empresa.

Con un óptimo plan de mantenimiento se puede predecir, prevenir o corregir fallas ahorrando en recursos de diferentes índoles como por ejemplo en tiempo, dinero y/o pérdida de producción.

Muchas empresas no se dan cuenta de que sus máquinas no están funcionando correctamente y lo notan cuando esta se detiene de emergencia, generando consecuencias negativas de diferentes índoles para la entidad. Para que esto no ocurra es necesario que las empresas periódicamente realicen un análisis de cómo están funcionando sus equipos y registrarlo, para que posteriormente mensualmente o anualmente se pueda revisar dicha información y decidir si el mantenimiento aplicado está siendo eficiente o no. En el caso de que este no esté funcionando correctamente es necesario de que se analicen datos, como la cantidad de fallas, cuantas horas duró cada falla, entre otro, para buscar la manera de cambiar el tipo de mantenimiento y así evitar gastos innecesarios y un desgaste previo de la máquina o equipo en falla.

Celulosa Arauco planta Valdivia, se encuentra ubicada en la zona del Sur de Chile y tras una recogida de información y análisis de datos numéricos y teóricos se logró detectar deficiencias en el plan de mantenimiento que actualmente implementan ya que los equipos se detienen con una alta frecuencia, ya sea por suciedad, mal alineamiento, entre otros factores que no están siendo monitoreados constantemente.

Con dicha información se realizó un levantamiento de un nuevo plan de mantenimiento el cual busca como finalidad mejorar la producción de planta Valdivia, evitando gastos innecesarios, paradas de emergencia y brindando mayor vida a útil a los componentes de los equipos. A continuación, se detalla más a profundidad en 5 capítulos temas de alta importancia que fueron investigados y analizados para llegar a la nueva propuesta de mejora.

8. OBJETIVOS

8.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer un plan de mantenimiento preventivo para las prensas de cortezas de la empresa Celulosa Arauco Planta Valdivia, con la finalidad de mejorar su nivel de desempeño y aumentar la confiabilidad del equipo.

8.2 OBEJETIVO ESPECÍFICOS

- Estudiar e identificar los componentes que constituyen el equipo.
- Recopilar y analizar la información obtenida de los registros del equipo.
- Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo que satisfaga las necesidades de la empresa.
- Realizar una evaluación económica del mantenimiento preventivo.

9. CAPITULO I: CELULOSA ARAUCO

9.1 DESCRIPCION GENERAL DE LA EMPRESA

Celulosa Arauco es una compañía chilena dedicada al rubro forestal con más de 45 años de trayectoria desde 1979. Esta se ha transformado en una de las mayores empresas forestales del mundo en términos de superficie forestal, instalaciones, eficiencia y productos de calidad. También se caracteriza en innovación, responsabilidad ambiental y compromiso social. Sus principales desarrollos de productos forestales son la pulpa de celulosa, la madera aserrada, tableros y productos remanufacturados.

Arauco cuenta con 5 plantas en Chile ubicadas en Constitución, Licancel, Valdivia, Arauco y Nueva Aldea. Además, cuenta con operaciones industriales y forestales por el mundo como se puede apreciar en los siguientes mapas:

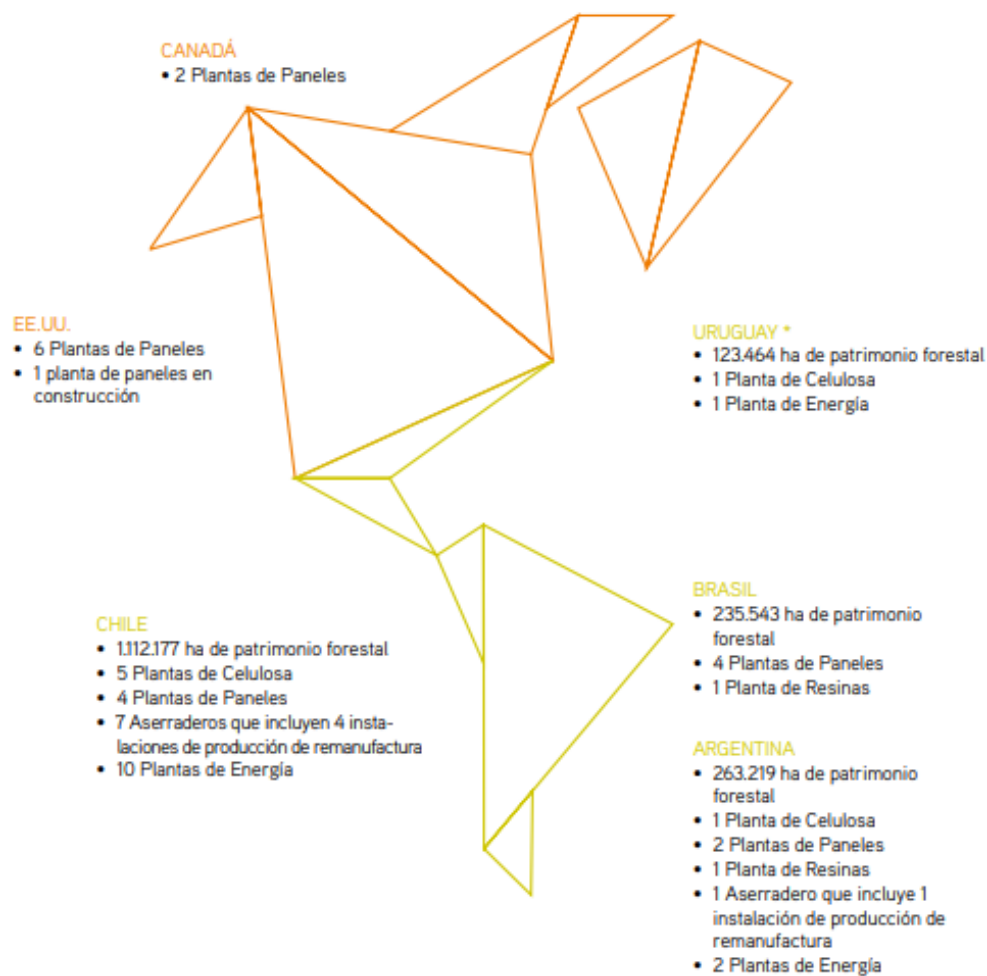


Figura 1.9.1.1 Mapa de planta Celulosa Arauco en el mundo.

Fuente: Memoria Arauco 2017 Final.

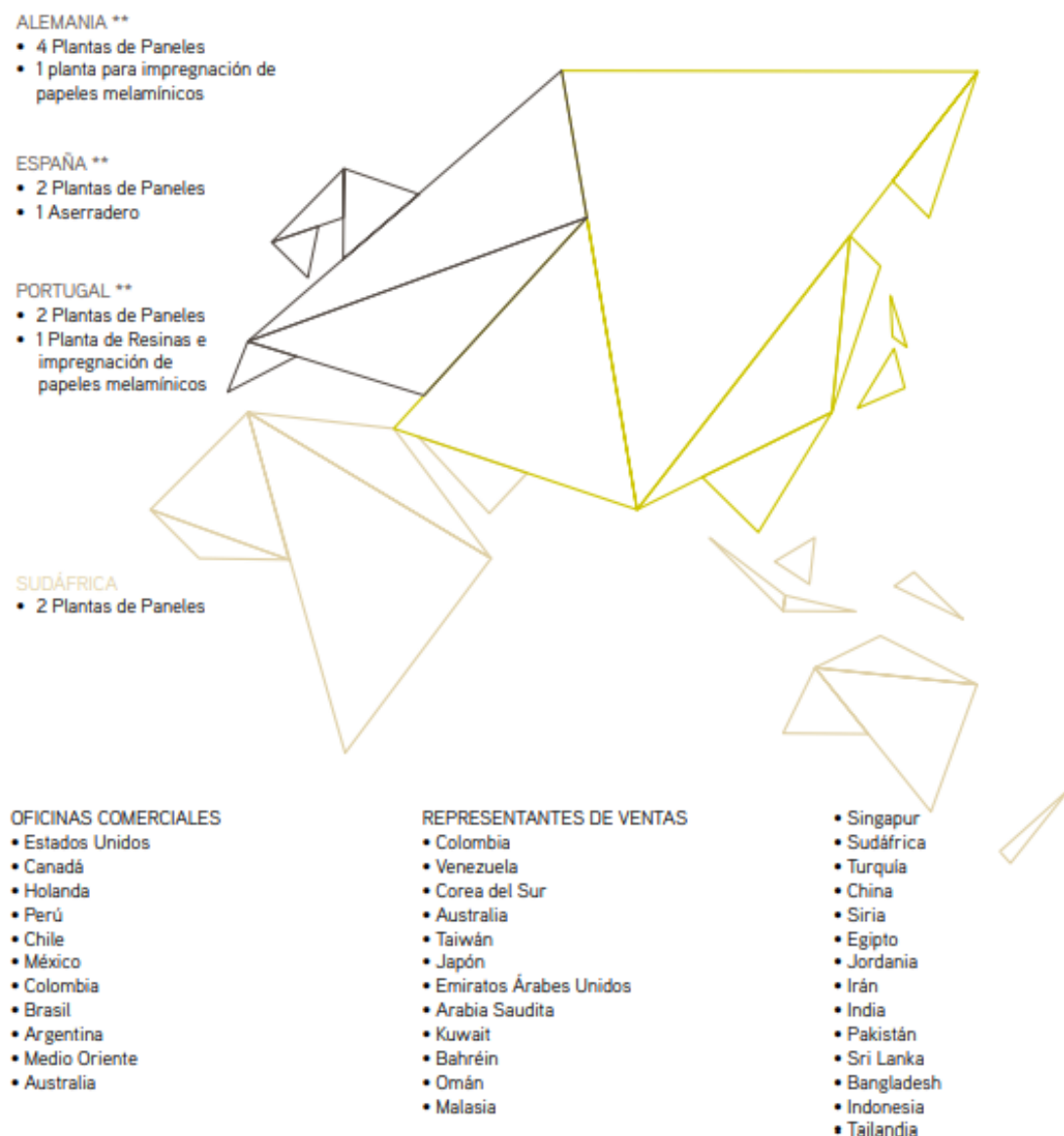


Figura 1.9.1.2 Mapa de planta Celulosa Arauco en el mundo.

Fuente: Memoria Arauco 2017 Final.

9.1.1 Misión

Somos una compañía global y diversificada perteneciente a la industria forestal. Tenemos el compromiso de ser un agente activo en el desarrollo económico y social en donde operamos. Generamos productos de calidad, que inspiran a crear soluciones destinadas a mejorar la vida de millones de personas, para la industria del papel, la construcción, el embalaje, la mueblería y la energía, entregando un servicio de calidad a nuestros clientes.

Basamos parte de nuestro crecimiento en la generación de economías de escala y ventajas competitivas sostenibles en el tiempo. Con nuestro trabajo e innovación, desarrollamos productos renovables a través del negocio forestal, celulosa, maderas, paneles y energía limpia y renovable. Las instalaciones y patrimonio forestal de ARAUCO se encuentran certificados bajo estándares nacionales e internacionales relacionados con la gestión de

aspectos de gobierno corporativo; medioambientales, de calidad, protección de la salud y seguridad y manejo forestal responsable. (Arauco, 2017)

9.1.2 Visión

Empresa Arauco divide su visión en cuatro puntos;

- Contribuir a mejorar la vida de las personas, desarrollando productos forestales para los desafíos de un mundo sostenible.
 - Producimos y gestionamos recursos forestales renovables.
 - Somos una empresa global que hace suyos los desafíos de estar presente en el mundo.
 - Creamos productos que mejoran la vida de las personas.
- (Arauco, 2017)

9.2 EMPRESA CELULOSA ARAUCO PLANTA VALDIVIA

Planta Valdivia, ubicada en la región de los ríos, Chile. Creada desde 2004, es una de las cinco plantas productora de celulosa del grupo Arauco, la cual produce exclusivamente pulpa textil. También es una estación generadora de energía eléctrica (a través de la biomasa), que genera 140MW, la cual 61MW de energía eléctrica es inyectada al sistema interconectado central (SIC).

9.2.1 Ubicación Geográfica



Figura 1.9.2.1.1 Ubicación de Empresa Celulosa Arauco Planta Valdivia.

Fuente: Google Maps.

9.2.2 Organigrama

La estructura organizacional de la Planta Valdivia se compone de un organigrama de tipo funcional, el cual se caracteriza por tener un orden jerárquico marcado, en donde los niveles más altos tienen más autoridad por sobre los niveles inferiores. En este caso la estructura se compone de 11 niveles jerárquicos y es encabezado con el gerente general

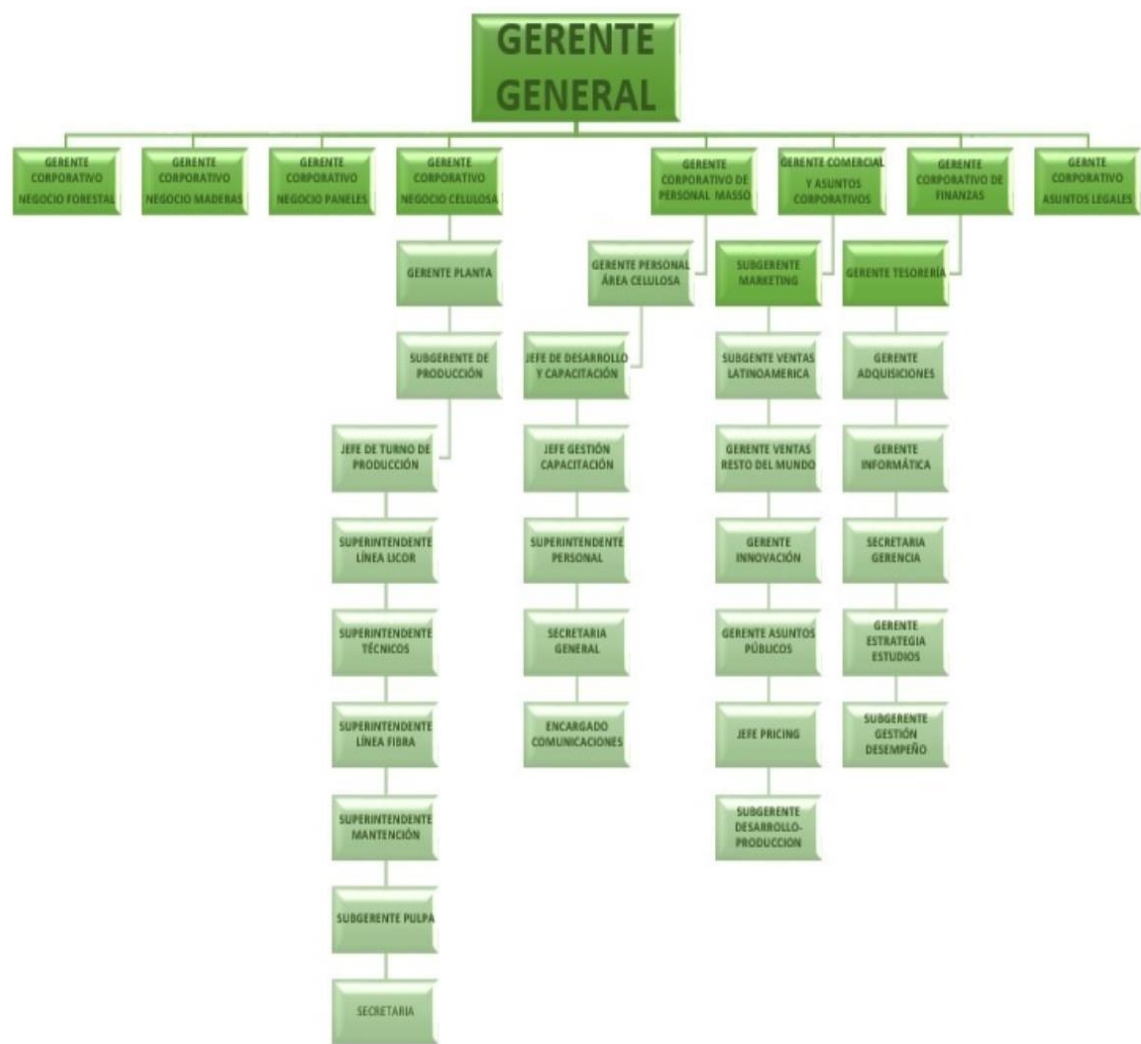


Figura 1.9.2.2.1 Organigrama de Celulosa Arauco Planta Valdivia.
Fuente: Prezi creado por Inacap.

9.3 PROCESOS PRODUCTIVO GENERAL PLANTA VALDIVIA

- **Preparación de la madera**

En la etapa principal de proceso productivo se empieza con el acopio o almacenamiento de los troncos donde a continuación son descortezados y astillados para la creación de la pulpa.

- **Caldera de poder**

La corteza que no entro en el área de preparación de la madera, es quemada en la caldera para generar vapor y energía eléctrica.

- **Digestor**

Las astillas clasificadas para la preparación de la madera, son introducidas a los digestores para su cocción, después se mezcla con licor blanco para separar las fibras que mantienen la lignina de la madera unidas, obteniendo así la pulpa de celulosa cruda.

- **Evaporadores**

Las astillas proceden a los evaporadores, los que retiran el agua contenida en el licor negro proveniente de la cocción y lavado, para la producción de licor negro concentrado, apto para la combustión en la caldera recuperadora.

- **Caldera Recuperadora**

Se traslada el licor negro a la caldera recuperadora la cual lo quema y el vapor generado es enviado a las distintas áreas del proceso y a una turbina para producir energía eléctrica. Además, en la caldera se genera un fundido que al disolverlo da origen al licor verde.

- **Caustificación y Horno de Caldera**

El licor verde proveniente de la caldera recuperadora, es transformado en licor blanco, el cual es utilizado nuevamente en el proceso de cocción.

- **Blanqueo**

Mediante la adición de elemento químicos, como es el dióxido de cloro y peróxido se blanquea la pulpa cruda proveniente del digestor.

- **Embalaje**

Se forma y se seca la hoja de celulosa para posteriormente cortarla y embalarla en fardos de 250 kilos.

- **Producto Final**

Los fardos son trasportados a los centros de ventas y distribución Arauco.

El proceso anterior descrito se puede visualizar en el siguiente diagrama;

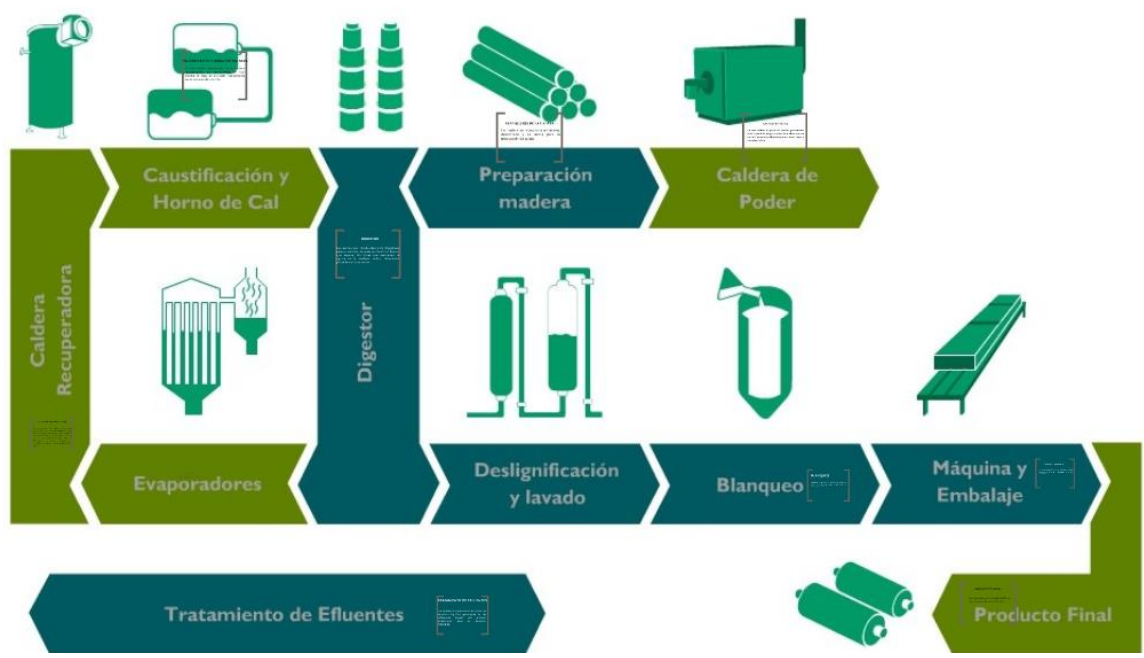


Figura 1.9.3.1 Proceso Productivo Celulosa Arauco Planta Valdivia.

Fuente: Prezi creado por Inacap.

9.4 DETALLES DEL PROCESO PRODUCTIVO DEL ÁREA

Tras conocido como se desarrolla el proceso productivo, ahora es necesario conocer más al detalle cómo funciona el área en el cual se aplicará el mantenimiento preventivo.

El área de madera es la primera unidad de la planta de celulosa, donde su objetivo es proveer astillas a las áreas de Fibras, y además debe proveer biomasa a las calderas de poder para la generación de energía eléctrica.

La generación de la pulpa textil se inicia con la madera que ingresa a la planta a través de las romanas, las cuales miden y pesan la materia prima para posteriormente enviarla a las canchas de almacenamiento de rollizos o directamente a las líneas de producción, según los requerimientos del proceso en ese momento.

Luego en las líneas de producción el proceso inicia en los pre-descortezadores donde es eliminada la arena, piedras y metales asociados a los troncos.

Posteriormente los troncos pasan por los descortezadores eliminando la corteza del tronco. Los troncos ya limpios pasan por las cadenas transportadores hasta los astilladores que generan las astillas también conocido como chip que son almacenadas en dos pilas. Luego de estas pilas, se encuentran los edificios de harneo o de clasificación de astillas de acuerdo

con el tamaño. Esta clasificación separa las astillas con condiciones aptas para ingresar a los digestores, los cuales se encargan de la cocción y generación de celulosa.

Con el fin de producir y autoabastecerse de energía, en Arauco generan energía limpia y renovable a través de la biomasa forestal, que es considerada un combustible renovable al provenir de plantaciones manejadas en forma sustentable. Esta biomasa forestal es una mezcla de madera que incluye corteza y astillas.

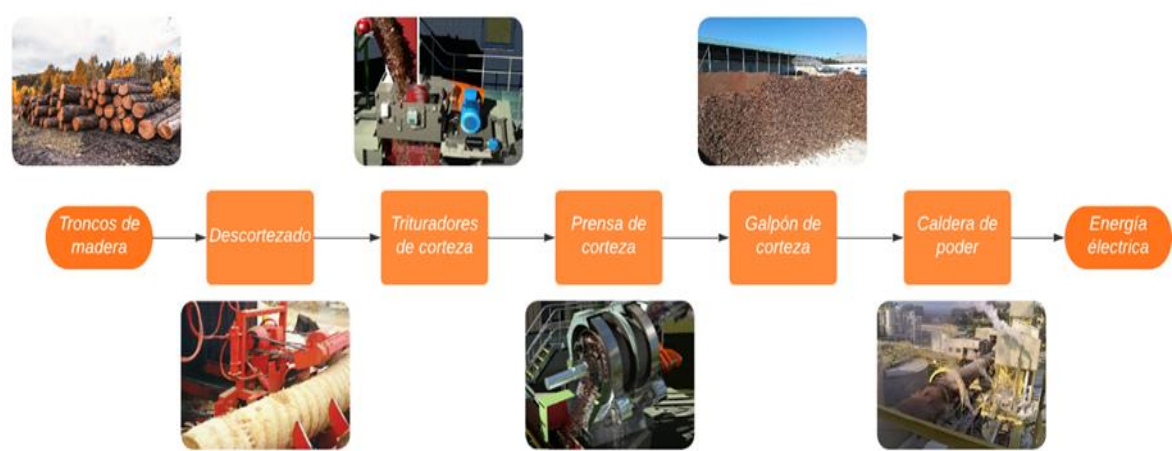


Figura 1.9.4.1 Proceso Productivo Área madera.

Fuente: Elaboración propia.

9.4.1 Sistema de manejo de desechos combustibles

La corteza obtenida en los pre-descortezadores y descortezadores es transportada a través de las correas transportadoras hasta los trituradores Saalasti y Demuth, triturando la corteza hasta la granometría requerida por Arauco la cual corresponde a un tamaño P63.

Las prensas de corteza Saalasti reducen la humedad de la corteza la cual es distribuida longitudinalmente a través del galpón de corteza. Esta corteza es almacenada para utilizarse como biocombustible en las calderas para la generación de energía eléctrica.

9.4.2 Flujo del proceso

El flujo del Sistema de desechos combustibles es el siguiente:

1. La corteza obtenida en los pre-descortezadores y descortezadores es retirada por las correas de línea 1 y línea 2, las cuales pasan por sus respectivos Dewaterings separando el agua de la corteza.
2. La corteza continúa hacia los trituradores de corteza Saalasti y Demuth. Los trituradores reducen el tamaño de la corteza definido por la planta.
3. Las prensas de corteza Saalasti prensa la corteza extrayendo la húmeda, mejorando la combustión de la madera.
4. La corteza libre de humedad es distribuida longitudinalmente a través del galpón de corteza para ser almacenada.
5. Los Tornillos Recuperadores extraen corteza del galpón de almacenamiento y la envían a la caldera de poder para la generación de energía eléctrica.

10. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

10.1 Generaciones del mantenimiento

El mantenimiento es una práctica que permite a las empresas de diferentes rubros optimizar tiempo en su proceso productivo, ya que con un buen mantenimiento la entidad logra disminuir fallas que le generar pérdida innecesaria ya sea en recursos económicos o materiales. Debido a esto, el mantenimiento ha ido evolucionando durante toda la historia y hasta la actualidad van cinco generaciones de evolución, las cuales se encuentran descritas a continuación:

- Primera generación

El mantenimiento en esta primera etapa se limitaba a reparar lo que se averiaba y a reengrases, reaprietes, limpiezas y lubricaciones de los componentes de las máquinas que se empleaban. El propio operario de la máquina era el que se hacía cargo de su reparación. Este tipo de mantenimiento, como veremos en futuras entradas, es fundamentalmente correctivo. Esto es fácilmente comprensible si se tiene en cuenta que se sitúa esta etapa entre 1930 y 1950 y que se empleaban máquinas robustas, lentas y relativamente sencillas. El perfeccionamiento de las máquinas hizo necesario separar la operación de las fábricas del mantenimiento, creándose talleres de mantenimiento con personal exclusivamente dedicado a este fin. (Garcia, 2013)

- Segunda generación

Se habla de segunda generación de mantenimiento en las instalaciones a partir de la Segunda Guerra Mundial. Esta evolución surge por la exigencia de una mayor continuidad en la producción y por una mayor complejidad en máquinas y equipos. Aparece entonces el concepto de mantenimiento preventivo sistemático. Los equipos debían durar lo máximo posible en condiciones óptimas de funcionamiento a los costes más bajos posibles. Esta segunda generación también contiene las reparaciones, tanto instantáneas como programadas. Se implantan sistemas de planificación de actividades y control de los trabajos realizados, y a partir de los 70 se generaliza el uso de herramientas informáticas para este fin (GMAO). (Garcia, 2013)

- Tercera generación

A partir de los 80 se habla de tercera generación de mantenimiento. Sus objetivos se centran en ocho aspectos: disponibilidad de los equipos y sistemas, fiabilidad de los mismos, optimización de los costes, aumento de la seguridad, incremento de la calidad (aparecen las certificaciones ISO 9001 e ISO 9002), aumento de la conciencia de preservar el medio ambiente (teniendo en cuenta la ISO 14001), aumento de la duración de los equipos y vigilancia de la normativa vigente. Las actividades de mantenimiento preventivo ya no son rutinarias, sino ajustadas a la normativa o a su utilidad: se tiene en cuenta su rentabilidad.

Aparecen los mantenimientos según condición, los predictivos y otras técnicas como el RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad) y el TPM (mantenimiento productivo total). Los sistemas de gestión se extienden masivamente a equipos, sistemas e instalaciones. Aparece la externalización del mantenimiento como modo de optimizar los costes y de ocupar del mantenimiento a empresas especialistas. (Garcia, 2013)

- Cuarta generación

Integrados todos los conceptos anteriores, la gestión del mantenimiento se orienta hacia la satisfacción del cliente. Se extiende la externalización del servicio de mantenimiento y se fijan ratios medibles para poder calificar el servicio de mantenimiento, con bonificaciones y penalizaciones. Los responsables de mantenimiento deben tener un conocimiento exhaustivo de las normativas para no incurrir en errores legales. (Garcia, 2013)

- Quinta generación

A finales del siglo XX y principios del XXI, la importancia de los recursos energéticos por su coste y por su carácter de agotables hace que la eficiencia energética tenga un papel capital en el mantenimiento y explotación de las instalaciones, incluyendo en muchos casos la cesión de los contratos energéticos a las empresas mantenedoras, que en ese caso se encargan de comprar la energía primaria y vender la energía útil transformada garantizando unos ratios establecidos en contrato. Hacia esta dirección tiende la que he llamado quinta generación de mantenimiento. De este modo la propiedad puede dedicarse exclusivamente a su actividad principal mientras la empresa mantenedora se dedica a la explotación técnica del edificio. (Garcia, 2013)

10.2 Mantenimiento

El mantenimiento se describe como toda actividad necesaria para conservar un equipo e instalaciones en las mejores condiciones aptas de funcionamiento para lo que fue creado originalmente, además mejora su desempeño buscando la máxima disponibilidad y confiabilidad de estos, También el mantenimiento se basa en el principio del respeto, liderazgo, trabajo en equipo, seguridad y medio ambiente y así crear un ambiente responsable donde se amplie el conocimiento y habilidades de cada trabajador.

Por otra parte, el mantenimiento es solo un proceso más dentro un conjunto de actividades que se encuentran interrelacionadas a través de acciones específicas, las que permiten definir e implementar un objetivo general de alguna operación. Pero la cual debe comenzar en el mismo momento de la concepción de una idea u obra. La mayoría de las ocasiones se piensa en mantenimiento a partir de que los equipos ya están instalados o cuando ya empieza su funcionamiento, lo cual es peor, ya que no permite una operación adecuada para atacar el problema que se presente.

10.2.1 Finalidad

La finalidad del mantenimiento es tener en condiciones óptima los equipos, componentes e instalaciones como también reparar a tiempo y de la mejor forma las averías para poder brindar la máxima capacidad de producción a la organización, aplicando técnicas que brindan un control eficiente y eficaz del equipo e instalación.

10.3 Objetivos del mantenimiento

El objetivo para el cual se genera un mantenimiento es mantener su disponibilidad, manteniendo los componentes y la máquina en óptimas condiciones para cuando se requiera su utilización funcione correctamente. De igual forma encontramos la confiabilidad, la cual busca que los equipos e instalaciones duren el mayor tiempo prolongado de funcionamiento, pero de forma segura y adecuada. Luego, estaría la máxima productividad, lo cual un buen mantenimiento llevaría una buena confiabilidad y disponibilidad llevando consigo un aumento de productividad y de la mano mayor rentabilidad. No dejando afuera entraría la reducción de costos, ya que con un correcto mantenimiento podemos disminuir las fallas graves e imprevistas y a la vez el costo que conllevan.

Finalmente existe un objetivo secundario no menos de importante que los mencionados anteriormente. Es la prevención de accidentes laborales, el correcto desempeño de la industria genera la disminución de desgracias humanas, debido a la preparación que se obtiene para cada trabajo y la óptimo funcionamiento de los equipos, que implica en prevenir fallas que generen una catástrofe.

10.4 Tipos de mantenimiento

En las industrias existen distintos tipos de mantenimiento, los cuales cada uno de ellos posee sus propias características diferentes uno del otro en funciones como; objetivos, resultados, costos y estrategias. Actualmente se identifican tres tipos de mantenimiento:

10.4.1 Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo se basa fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregirla sin perjuicio al servicio, ni detención de la producción. Se realiza mediante las inspecciones visuales, medición, seguimiento y monitoreo de los parámetros y condiciones de funcionamiento de estos. Algunos de los métodos más utilizados para llevar a cabo este tipo de mantenimiento son:

- Análisis de vibraciones.
- Tintas penetrantes.
- Termografías.
- Ultrasonido.
- Análisis de aceites.

10.4.1.1 Ventajas

- Aumenta la disponibilidad de los equipos, ya que, al no necesitar una parada innecesaria de los equipos, no suelen sacarse de servicio constantemente.
- Se puede realizar sin interrumpir el funcionamiento del equipo haciendo que no afecte su proceso productivo.
- Controla y monitorea en todo momento el estado de los equipos, entregando un historial de funcionamiento del equipo.

10.4.1.2 Desventajas

- Se necesita una alta inversión inicial, ya que los instrumentos son de alto costos.
- Se requiere de un personal calificado con la experiencia y capacitación correspondiente para monitorear los equipos que están destinados a controlarse bajo esta metodología.

10.4.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se debe efectuar con la finalidad de encontrar y corregir los problemas menores antes que estos provoquen fallas, logrando mantener el equipo óptimo en su funcionamiento. Esto se debe a la programación de las actividades que son realizadas cada cierto tiempo determinado y por último se basa en la confiabilidad de los equipos.

10.4.2.1 Ventajas

- Las detenciones de los equipos no son de manera repentina, por lo tanto, se tiene un monitoreo controlado de cuándo intervenir en ellos.
- Alarga la vida útil de los equipos, porque al actuar de forma anticipada no ocurren grandes desperfectos.
- Se puede proyectar una producción esperada, ya que se sabe con certeza cuándo intervenir el equipo de manera controlada.

10.4.2.2 Desventajas

- No se aprovecha la vida útil completa de los componentes del equipo, ya que se interviene constantemente sin llegar a su límite máximo de eficiencia.
- No se aprecia de forma clara cuál es el desperfecto que se ocasiona el desgaste o falla.

10.4.3 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo, también llamado mantenimiento reactivo, consiste en la acción puntual que se realiza sobre una máquina o equipo que ha dejado de funcionar. Este puede variar en su gravedad, de leve a grave. Usualmente suelen ser averías de no fácil arreglo.

Este mantenimiento se puede dividir en dos, uno de ellos es el mantenimiento correctivo programado donde se sabe con antelación qué es lo que se debe realizar de modo que, cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuesto y documentos técnicos necesarios para que se lleve a cabo correctamente. En el otro caso está el mantenimiento correctivo no planeado, el cual ocurre de emergencia debiendo efectuarse de manera sorpresiva ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición que hay que reparar.

10.4.3.1 Ventajas

- Se aprovecha el mayor tiempo de vida útil del equipo, ya que al trabajar a la falla se utiliza toda la capacidad productiva del equipo sin que presente interrupciones para intervenirlo.
- No necesita un análisis detallado para saber que falló, ya que se identificará de inmediato que componente o sistema no funciona, por lo tanto, el tiempo de análisis disminuirá.
- En ocasiones, los gastos son menores por el hecho de reparación.

10.4.3.2 Desventajas

- Las averías aparecen de manera inesperada afectando la cadena de producción, por lo tanto, no se puede determinar ni proyectar una producción a futuro.
- Para usar este tipo de mantenimiento se requiere tener un stock de repuesto completo del equipo, ya que en cualquier momento puede fallar un componente crítico, el cual se debe tener a mano para intervenir lo más rápido posible y no afectar la producción.
- Disminución de la vida útil de los equipos, por el hecho de que al llegar hasta el estrés donde el equipo ya no puede soportar el fallo, cada vez es un desgaste excesivo.

10.5 Indicadores de mantenimiento

10.5.1 Tiempo medio entre falla (Mean time between failures)

El MTBF o tiempo medio entre fallos, pertenece a los indicadores más relevantes para la zona de mantenimiento. Se apoya en medir el tiempo total de buen desempeño medio entre cada fallo de un equipo reparable, convirtiéndose en un instrumento óptimo para medir la confiabilidad de la máquina.

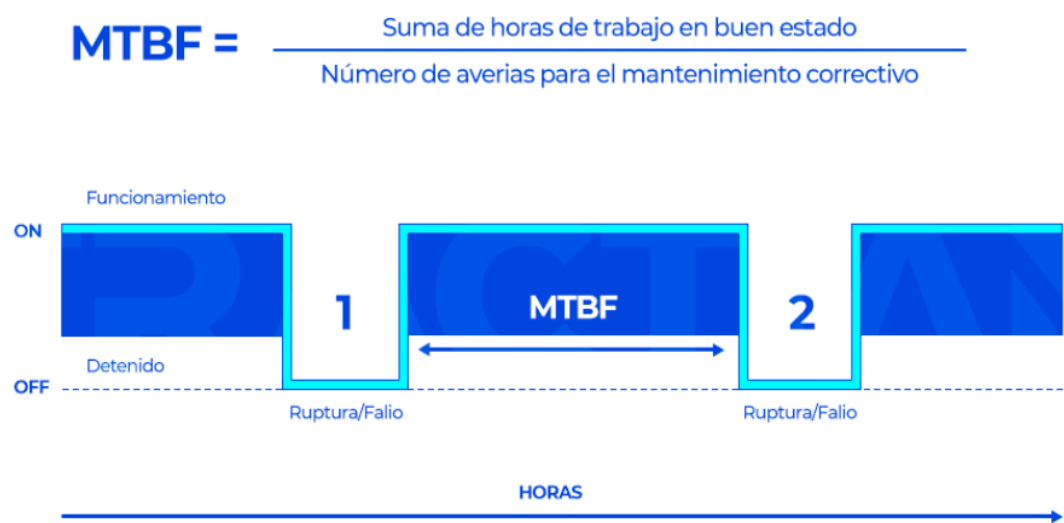


Figura 2.10.5.1.1 Diagrama MTBF
Fuente: Traction.

10.5.1.1 Errores cometidos utilizando este indicador

- Tomar el MTBF de todos los equipos para encontrar la media global.
- Calcular el MTBF en equipos irreparables.
- Poner a cero el MTBF cada mes (se debería sumar).

10.5.2 Tiempo medio para reparar (Mean time to repair)

MTTR o tiempo medio para reparar, está bastante asociado a la mantenibilidad, o sea, a la facilidad de un equipo de mantenimiento hallar y reubicar un equipo en condiciones de realizar sus funcionalidades luego de un fallo.

MTTR=

Suma de los tiempos de reparación

Número de intervenciones realizadas

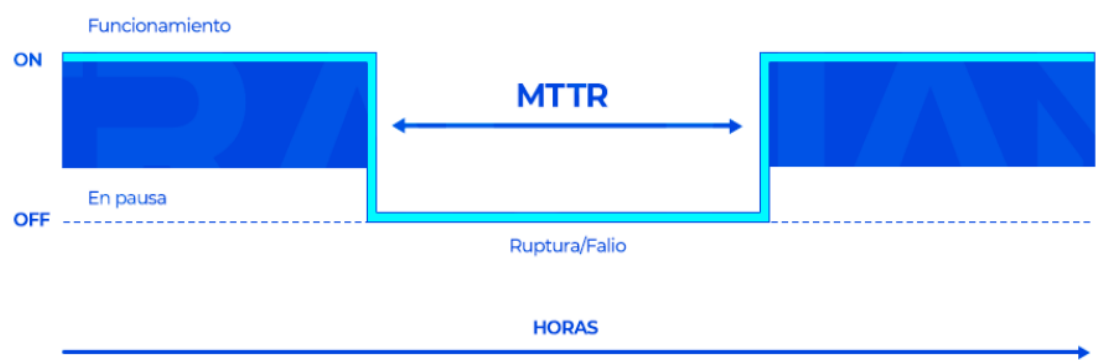


Figura 2.10.5.2.1 Diagrama MTTR

Fuente: Tractian.

10.5.2.1 Errores cometidos utilizando este indicador

- No existe un valor ideal o referencia para él MTTR.
- Exigir que los equipos de mantenimiento mantengan un MTTR bajo, puede inducirlos a cometer errores.

10.5.3 Disponibilidad

Es la capacidad de un elemento de estar en condiciones de ejecutar una cierta función en un instante dado, o durante un intervalo de tiempo determinado.

DISPONIBILIDAD =

MBTF

MBTF + MTTR

X 100

Figura 2.10.5.3.1 Formula de Disponibilidad

Fuente: Tractian.

10.5.4 Confiabilidad

Es la probabilidad de que un elemento desempeñe su función especificada en el proyecto, de acuerdo con las condiciones de operación, en un intervalo específico de tiempo.

$$\text{CONFIABILIDAD} = R(t) = e^{-\lambda \cdot t}$$

λ = tasa de fracaso

$\lambda(t) = \frac{1}{\text{MTBF}}$

t = tiempo

Debe seguir la unidad
MTBF (horas, días...)

e = El Número de Euler

2,71

Figura 2.10.5.4.1 Formula de Confiabilidad
Fuente: Traction.

10.5.4.1 Errores cometidos utilizando este indicador

- Indicar la confiabilidad sin ligarla a un periodo de tiempo.
- Usar la fórmula para equipos irreparables.

10.6 Mejora continua

Es un enfoque para la mejora de procesos operativos que se fundamenta en la necesidad de verificar siempre las operaciones de los problemas, la reducción de costos posibles, la racionalización, y otros componentes que en general permiten la mejora.

Comúnmente vinculada con metodologías de proceso, la actividad de optimización continua otorga una perspectiva, medición y retroalimentación sobre el rendimiento, para fomentar la mejora en la ejecución de los procesos.

Unas de las principales herramientas para la mejora continua en las industrias, es el ciclo PHVA o también llamado ciclo Deming, en el cual consta de las siguientes etapas:

1. Planear

Primero, es necesario planificar las actividades que se deben realizar en función de los objetivos planteados los cuales, debemos cumplir realizando una recopilación de toda la información necesaria para analizar las causas que han originado esa situación desfavorable, para poder elaborar un plan de acción, con las acciones preventivas y correctivas que se consideren necesarias.

2. Hacer

En la segunda parte se deben llevar a cabo todas las acciones planteadas en la planificación, pero bien organizado, llevándolo a un plan piloto antes de realizar cambios a grandes escalas.

3. Verificar

En la tercera parte se verifica y evalúa las acciones anteriores. Esto quiere decir que, según el período de tiempo previsto, se debe analizar la información recopilada para tener un control sobre lo que se está haciendo, comparando los resultados con el plan inicial y si se está cumpliendo con los objetivos.

4. Actuar

Por último, una vez finalizado el proceso, se debe estudiar los resultados obtenidos y comparar con los datos anteriores de la mejora, chequeando así la información analizada, se toma una conclusión sobre si la planificación está correctamente para documentar cada acción que se haya realizado.

Realizada ya la última fase del ciclo PHVA se pueden apreciar dos situaciones distintas, la cual la primera sería la positiva, donde se ha alcanzado el objetivo como tal, lo que implica que las acciones tomadas son eficaces y se puede seguir con ella. Por otro lado, la segunda de esta es la negativa, en donde no se ha alcanzado el objetivo requerido y se debería analizar todo el ciclo e identificar cual fue el error y empezar a crear un nuevo ciclo PHVA.

10.8 Diagrama Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa o también conocido como diagrama de pescado es una herramienta que identifica problemas de calidad y les da solución al representar de forma gráfica los factores que involucran la ejecución de un proceso, basada en la premisa de que todo problema tiene una causa de algo que está mal en un proceso, se identificar de dónde surgen las acciones que están conformando ese problema. Este método se puede adaptar a cualquier industria, actividad, área, contexto o situación.

Los elementos que con forman el diagrama Ishikawa son tres; la cabeza, la espina y espinas menores.

- 1. La cabeza: Emerge de la espina central y en esta parte se representan los problemas.
- 2. Las espinas: Salientes de la espina central. Pueden existir muchas o pocas espinas, dependiendo de las posibles causas que estén provocando el problema en cuestión.
- 3. Las espinas menores: Las espinas grandes también incluyen espinas más pequeñas, con las que se determinan las causas menores.

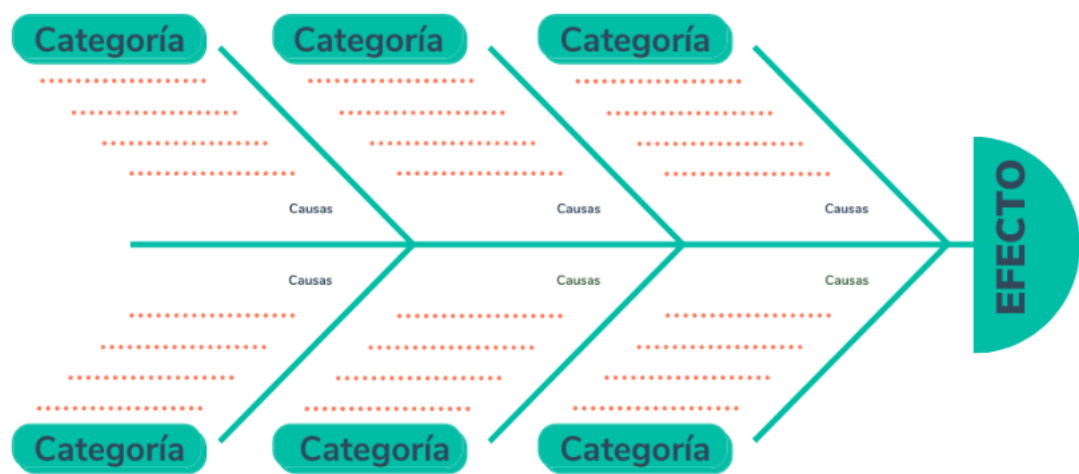


Figura 2.10.8.1 Diagrama Ishikawa

Fuente: Google.

10.8.1 Para que sirve

Al hacer un análisis de los procesos, se vislumbra el problema en distintos niveles: desde pequeñas fallas de bajo impacto hasta graves obstáculos que pueden afectar severamente la operatividad, ya sea en un departamento, grupo o hasta en la empresa completa.

El diagrama de Ishikawa es útil para conseguir diferentes objetivos como analizar, resolver o ser más rápidos y más eficientes en general. También puede servir para:

- Mejorar la toma de decisiones
- Contribuir a un mejor ambiente laboral
- Hacer apto un proceso de trabajo para obtener certificaciones
- Identificar áreas que requieran capacitar al personal
- Motivar a tus empleados
- Medir diversas áreas y su desempeño operativo
- Saber dónde invertir
- Aprovechar las áreas de oportunidad

10.8.2 Ventajas

Además de la resolución de problemas, la aplicación del diagrama de pescado ofrece otros beneficios, entre ellos:

1. Mejora procesos.
2. Brinda mayor visibilidad a los problemas.
3. Es de fácil implementación.
4. Previene conflictos futuros.
5. Fomenta el trabajo en equipo.

11. CAPITULO III: DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

11.1 Fabricante del equipo

Saalasti es una empresa finlandesa totalmente familiar, que se inició en 1945. Dedicada a la fabricación de maquinaria pesada de diseños innovadores para biocombustibles.

Los equipos se utilizan en todo el mundo, principalmente en grandes centrales térmicas y salas de procesamiento de la madera. Son una de los principales fabricantes de maquinaria de procesamiento de biomasa forestal del mundo. Con casi 70 años de experiencia en maquinaria pesada y más de 30 años de experiencia en productos bioenergéticos ofreciendo fiabilidad, satisfacción y facilidad de trato a sus clientes. (Saalasti)

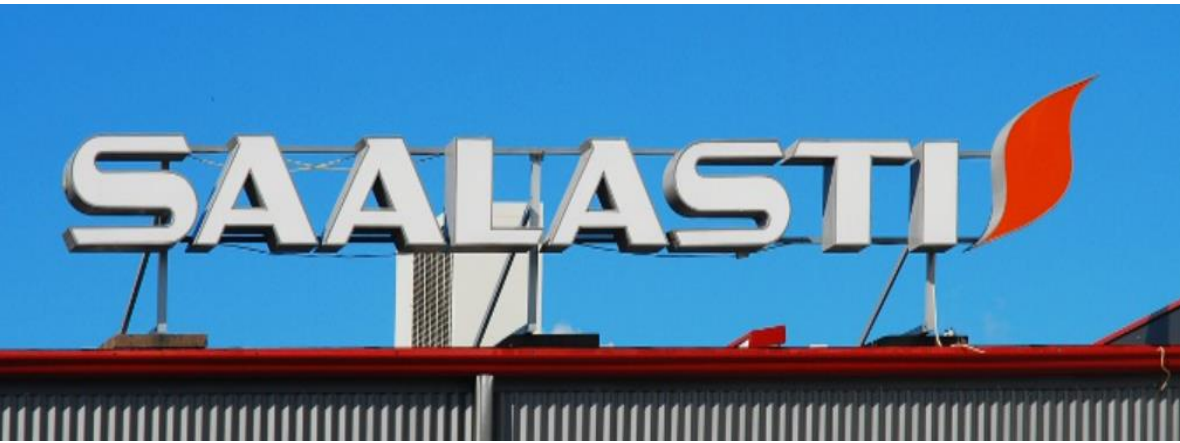


Figura 3.11.1.1 Logo empresa Saalasti

Fuente: www.saalasti.com

11.1.1 Ubicación geográfica

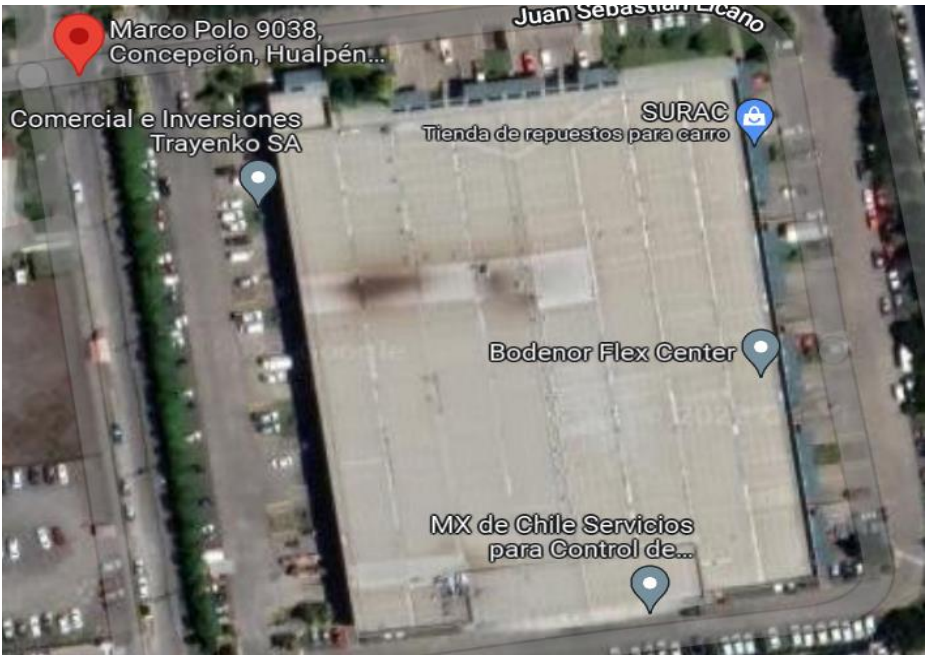


Figura 3.11.1.2 Ubicación geográfica de empresa Saalasti

Fuente: www.saalasti.com

11.1.2 Principales productos

Los principales productos de la empresa Saalasti son los diferentes tipos de astilladores, trituradores, cortadores de biomasa forestal estacionarios, prensas de eliminación de agua de cortezas, equipos de cribado y equipos auxiliares necesarios como transportadores de alimentación o descarga utilizándolos para procesar biomasa forestal como tocones, residuos de la tala y cortezas para obtener combustible apto para la caldera. A la vez suministran también estaciones de procesamiento completo.

11.1.3 Servicios

Saalasti ofrece contratos de mantenimiento completo, servicio de mantenimiento cooperativo, asistencia técnica, suministro de piezas de recambio u otras reparaciones, servicios que mejor se adapten a las necesidades de cada cliente y que estén personalizadas para adaptarse a las condiciones locales. Entregando en cada trabajo seguridad, disponibilidad y rendimiento a las máquinas dando como resultado una productividad de alto nivel.

11.2 Prensas Saalasti press

Las máquinas Saalasti Press se utilizan para la eliminación del agua de cualquier biomasa forestal húmeda como lo son las cortezas y otros residuos forestales transformándolos en combustibles de residuos altamente eficientes.



Figura 3.11.2.1 Prensa Saalasti press

Fuente: www.saalasti.com

11.2.1 Funcionamiento

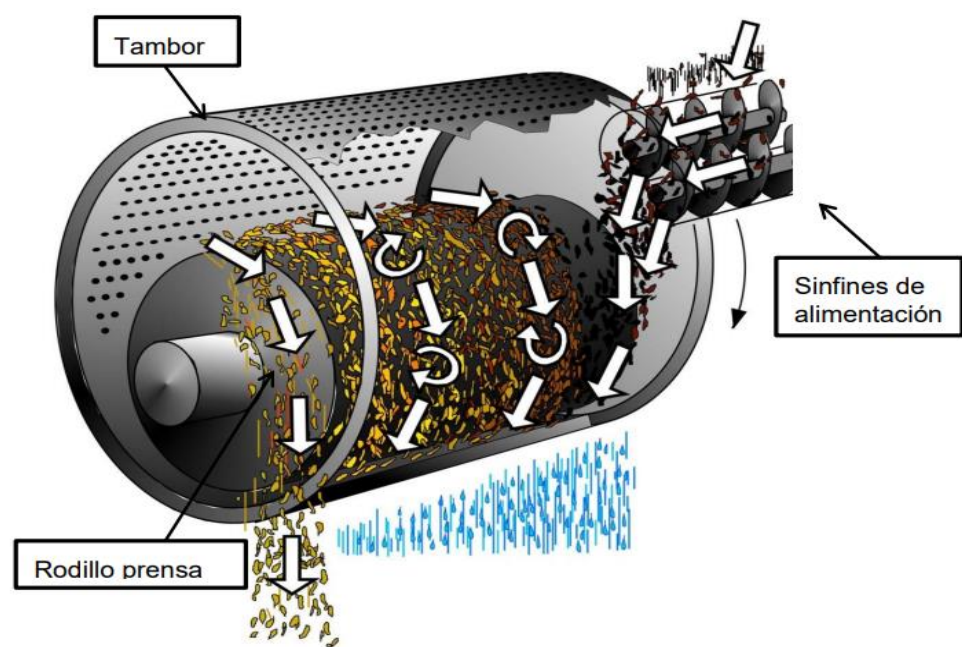


Figura 3.11.2.1.1 Prensa Saalasti press

Fuente: www.saalasti.com

Se puede observar en la figura 3.8.2.1, el principio de funcionamiento de la prensa. En la que muestra el flujo del material indicándose con flechas.

En primer lugar, se alimenta el material a través de los sinfines de alimentación.



Figura 3.11.2.1.2 Prensa Saalasti press

Fuente: www.saalasti.com

Luego, se prensa el material varias veces (seis veces como se aprecia en la figura 3.8.2.1.2) entre el rodillo prensa y el tambor eliminando agua cada vez que se prensa el material. Por último, el material seco abandona la prensa.

11.2.2 Componentes

La prensa Saalasti press está constituida por diferentes partes y componentes esenciales para su correcto funcionamiento. A continuación, se presenta el nombre de cada una de las partes y posteriormente una breve descripción de sus partes más importantes.

Marca	Descripción
1	Tambor
2	Bogies
3	Rodillo Prensa
4	Cilindros hidráulicos
5	Caja Reductora
6	Rodillos Guía
7	Sinfín de Alimentación
8	Placa Lateral de Alimentación
9	Rasqueta
10	Transmisión-Accionamiento principal
11	Placas de Descarga de Efluente
12	Raspadores
13	Accionamiento Auxiliar (opcional)
14	Sistema Hidráulico
15	Lubricación
16	Diagrama del circuito eléctrico

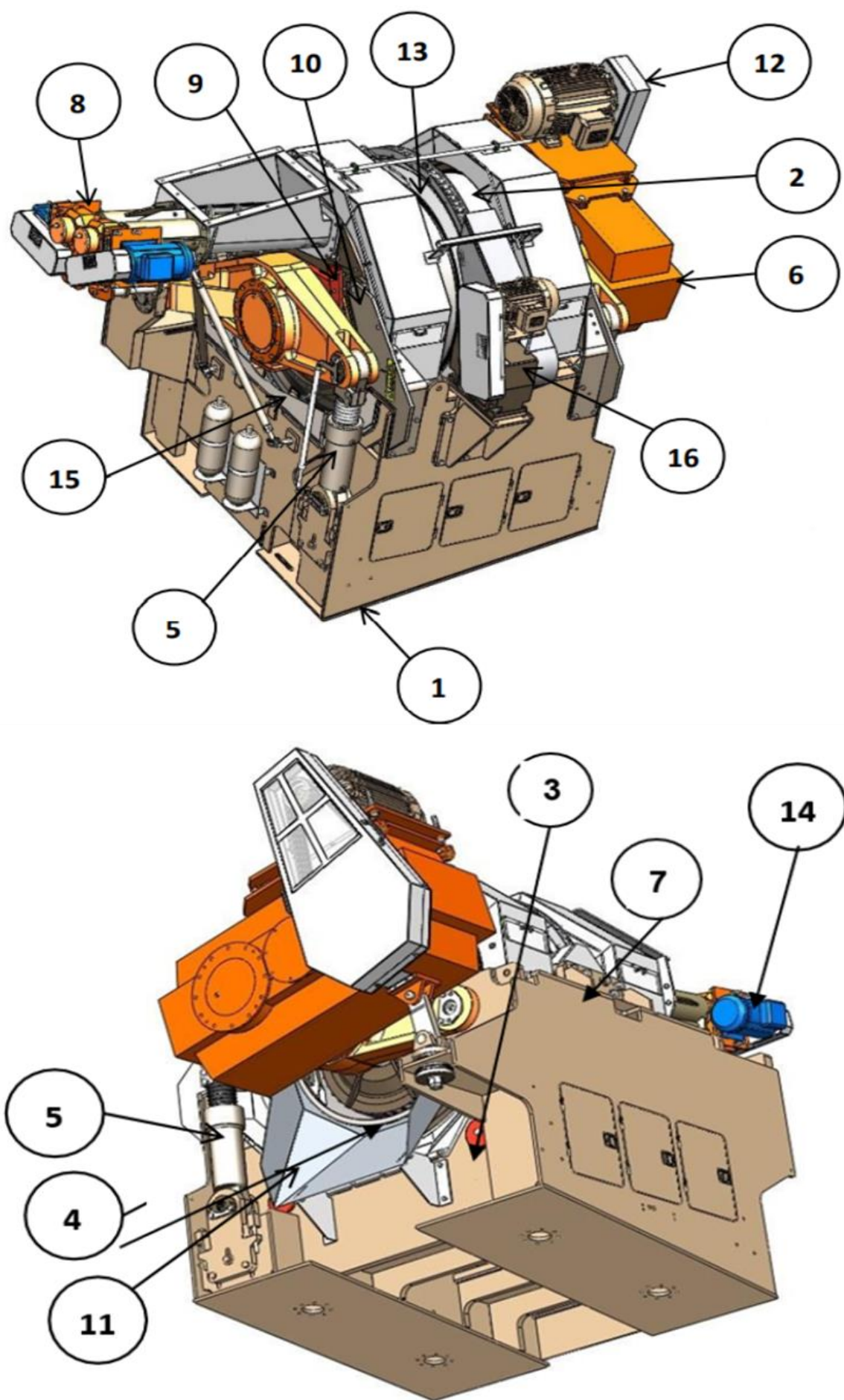


Figura 3.11.2.2.1 Partes prensa Saalasti press

Fuente: Manual prensa Saalasti press

11.2.2.1 Partes importantes



- **Tambor**

El tambor está equipado con dos anillos soporte independientes y gira libremente sobre bogíes montados en el bastidor de la prensa.



- **Bogíes**

El tambor se apoya en cuatro bogíes, montados sobre orejetas del bastidor, con rodamientos deslizantes libres de mantenimiento. Las ruedas de fundición especial están provistas de doble sello.



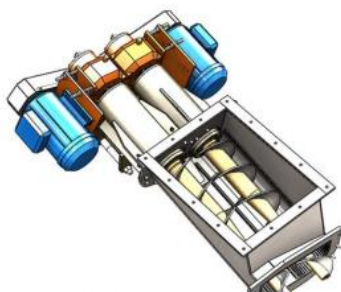
- **Rodillo prensa**

El rodillo prensa del interior del tambor se apoya en los dos extremos sobre rodamientos de rodillos a rótula de los brazos de la prensa. Ambos extremos se desplazan libremente según el espesor del producto (distancia entre el rodillo prensa y el tambor). Un brazo de la prensa está abisagrado en el bastidor y el otro extremo está unido a cilindros hidráulicos con cabeza de rótula. El brazo de alimentación de la prensa también guía axialmente al rodillo prensa.



- **Rodillo guía**

El tambor se fija en dirección axial por medio de dos ruedas de forma cónica, que actúan sobre los extremos de las superficies del anillo central del tambor.



- **Sinfín de alimentación**

La prensa está provista de un equipo de alimentación de doble sinfín. Ambos sinfines de alimentación están accionados por un motor eléctrico, correa de transmisión y Convertidor de Frecuencia. El sinfín de alimentación es un transportador de tornillo corto, fabricado en acero resistente a la abrasión.

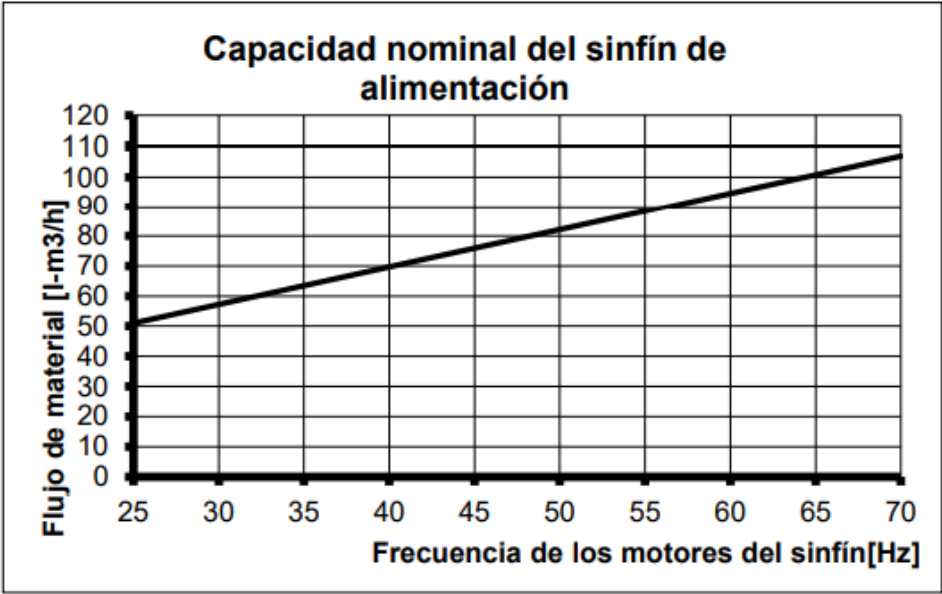
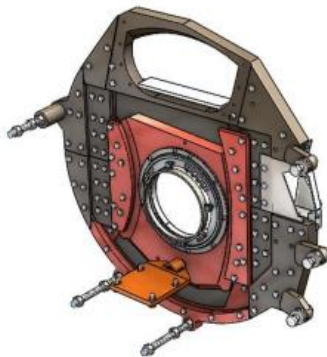


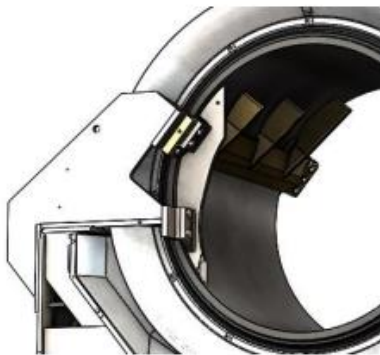
Figura 3.11.2.2.1.1 Grafico de capacidad nominal del sinfín de alimentación con cortezas de madera de coníferas, 1000 rpm @ 50 Hz y relación de poleas de 180/118.

Fuente: Manual prensa Saalasti press

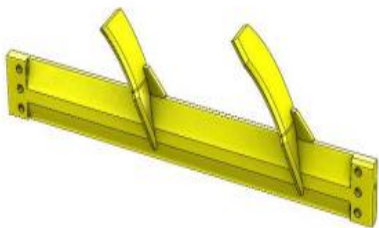


• **Placa lateral**

El tambor dispone de placas laterales en ambos extremos. La placa del extremo alimentación evita que el material del tambor se descargue a través del extremo alimentación. La placa consta de dos piezas principales: Placa lateral fija y Placa lateral móvil.

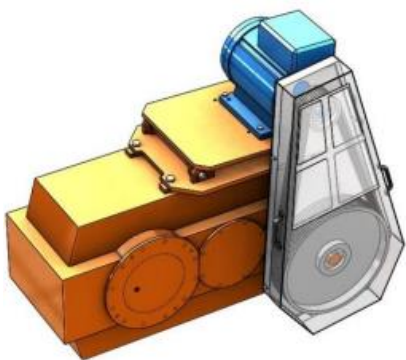


La placa lateral fija, unida al bastidor, sella la superficie frontal del tambor. La placa lateral móvil se desplaza verticalmente con el rodillo prensa según el espesor de la capa. La placa del extremo descarga restringe la salida de material del tambor de forma que el espesor de la capa se reduce uniformemente hacia el extremo de descarga.



- **Rasqueta**

La rasqueta elimina el material de la superficie interior del tambor después de cada prensado. La rasqueta se fabrica de acero resistente a la abrasión y está situada dentro del tambor.



- **Accionamiento principal**

El accionamiento principal hace girar el rodillo prensa por medio de una transmisión de correas trapezoidales y caja reductora. El motor del accionamiento principal está provisto de convertidor de frecuencia. A altas revoluciones del motor, se consigue gran capacidad de prensado y en contraposición, a bajas revoluciones, con flujo reducido, se consigue una capa suficientemente delgada y un tiempo de prensado más largo. La velocidad de giro del accionamiento principal se mantiene constante para encima de valores elevados y por debajo de valores reducidos del espesor de la capa. Para valores intermedios, la velocidad de giro cambia linealmente con el espesor de la capa.



- **Bastidor**

El bastidor de la prensa Saalasti Press se instala sobre una estructura metálica o de hormigón. Existen tres (3) trampillas de servicio en ambos lados del bastidor. (Nota: Todas las trampillas deben estar cerradas durante el funcionamiento). El interior del bastidor dispone también de placas de descarga del efluente al depósito de recogida.

11.2.3 Sistema hidráulico

El sistema hidráulico se utiliza para regular la fuerza de los cilindros de empuje del rodillo prensa. Durante el mantenimiento, el sistema hidráulico se utiliza para el movimiento de posicionamiento del rodillo prensa por medio de una válvula direccional manual. Cerrando la línea del tanque (válvula 1) y abriendo ligeramente la válvula 2, el rodillo prensa sube.



Figura 3.11.2.3.1 Sistema hidráulico

Fuente: Manual prensa Saalasti press

El sistema hidráulico consta de: Cilindros hidráulicos, acumuladores de presión, tuberías y mangueras de la prensa y por último el grupo hidráulico independiente.

El accionamiento del grupo hidráulico se regula por medio del interruptor de presión. El grupo hidráulico funciona de forma intermitente, cuando arranca el motor del grupo hidráulico, la bomba comienza a generar presión en los acumuladores y los cilindros.

La presión del sistema se mantiene constante cuando el flujo de material a la prensa es uniforme y las fluctuaciones rápidas del flujo de material provocan pequeñas variaciones de presión, puesto que el rodillo prensa desplaza los pistones de los cilindros hidráulicos. Las sobrepresiones del sistema se eliminan por medio de la válvula de seguridad de alivio de presión que hace que se reduzca lentamente la presión. Cuando se alcanza el punto de consigna del límite inferior (150 bar), la bomba arranca y la presión sube al límite superior (165 bar).

11.2.3.1 Partes del sistema hidráulico

1. Bomba hidráulica: Esta se acciona por medio de un motor eléctrico de 2,2 o 3 kW. La bomba se conecta directamente al eje del motor por medio de un acoplamiento, girando a una velocidad constante. Además, es importante conocer la siguiente información relacionada a la bomba hidráulica:

- Caudal de la bomba 9 L/min
- Límite de presión inferior 150 bar
- Límite de presión superior 165 bar
- Presión de la válvula de alivio de presión 200 bar

2. Calentador de inmersión: El calentador es una pieza que siempre está conectado teniendo un autoarranque. Este se acciona cuando la temperatura del aceite desciende por debajo de 20°C y se desconecta cuando la temperatura del aceite sube por encima de 25°C. Además, cabe destacar que tiene incorporada una protección por exceso de temperatura ajustándola a 50°C.



3. Equipo del tanque: El depósito dispone de una trampilla de limpieza, termómetros y medidores de nivel. El tapón de llenado lleva incorporado un filtro atmosférico y un transmisor de presión situado después de la bomba que muestra la presión en los cilindros.



4. Acumuladores de presión: El sistema hidráulico dispone de dos acumuladores de presión idénticos para compensar las fluctuaciones rápidas de presión. Además, es importante conocer la siguiente información relacionada al acumulador:

- Volumen 20 l
- Gas de pre-carga.....Nitrógeno
- Presión de pre-carga 130 bar

5. Cilindros hidráulicos: Existen dos cilindros de tracción distintos en ambos extremos de la prensa. La única diferencia es el diámetro del pistón. La función de los cilindros es el empuje vertical del rodillo prensa. Los cilindros tienen cabeza de rótula ajustable (biela del pistón roscada) y la biela del pistón está equipada con tubo fuelle de protección. La longitud de la carrera es de 300 mm.
6. Pureza del aceite: El aceite se filtra por medio de un filtro en la línea de retorno. El filtro dispone de un indicador visual de colmatación. Cuando el filtro se ensucia y la caída de presión a través del filtro es excesiva, el indicador de colmatación cambia a rojo.

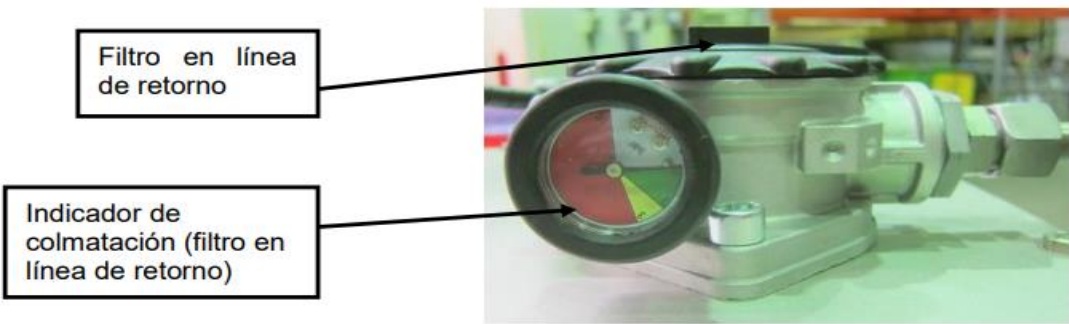


Figura 3.11.2.3.1.1 Sistema de pureza del aceite
Fuente: Manual prensa Saalasti press

7. Electroválvulas: El grupo hidráulico cuenta solamente con una válvula direccional electrónica, la cual solamente se utiliza en modo automático. Su funcionamiento normal es cuando circula por el filtro una pequeña cantidad de aceite. La unidad está equipada con una electroválvula que permite el retorno del aceite al tanque a través del filtro. Esta circulación de aceite debe disponerse de forma que cada vez que la bomba arranca y alcanza el límite superior de presión, la válvula by-pass abre y la bomba funciona durante dos minutos.

12. CAPITULO IV: PROBLEMAS DE LA PRENSA SAALASTI PRESS

12.1 Situación actual

A la fecha la empresa celulosa Arauco planta valdivia tiene como adquisición una maquina denominada prensa Saalasti press, la cual se encuentra funcionando dentro del área de madera en donde se produce la biomasa. La función que cumple la prensa es la eliminación del exceso de agua a la corteza ya triturada. Tras una recopilación del historial de fallas se pudo apreciar que esta no está funcionando a su 100% de su función requerida debido a una aplicación deficiente en el mantenimiento correctivo del equipo, trayendo como consecuencia que este pare constantemente de emergencia ocasionando gastos adicionales a la empresa y una baja producción de biomasa.

De la información recopilada tanto del personal que trabaja en el área madera y de los encargados de realizar el mantenimiento a la prensa Saalasti press, se logró obtener que a lo largo de los años solo se ha practicado mantenimiento correctivo. El mantenimiento solo vario en que en ciertas ocasiones se practica el correctivo no programado y en otras ocasiones el correctivo programado, a continuación, veremos los porcentajes en que se practica cada uno de ellos.



Gráfico 4.12.1.1 Torta dé % mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se puede evidenciar componentes de la prensa Saalasti press en muy mal estado debido al deficiente mantenimiento aplicado:

Sistema de lubricación de Bogies en mal estado



Figura 4.12.1.1 Bogies
Fuente: Elaboración propia

Rasqueta en mal estado



Figura 4.12.1.2 Rasqueta
Fuente: Elaboración propia

Rodillos guías agripados y en mal estado



Figura 4.12.1.3 Rodillos guías
Fuente: Elaboración propia

Tornillo sin fin en mal estado



Figura 4.12.1.4 Tornillo sin fin
Fuente: Elaboración propia

Tambor atascado por residuos de biomasa



Figura 4.12.1.5 Tambor
Fuente: Elaboración propia

12.2 Recopilación de información

Al recopilar una serie de datos entregado se pudo realizar el siguiente análisis de fallas de las prensas reflejado en la tabla a continuación en donde se especifica en la primera columna el nombre de la falla, en la segunda columna se detallas la causa y algunas consecuencias de las mismas causas y final mente en la tercera columna se detalla la cantidad de veces que ha ocurrido dichas fallas en un periodo de tiempo de 10 semanas.

Problema	Causa	N° de fallas (10 semanas)
La Corteza sale en condiciones húmedas con alto nivel.	1.- La prensa hidráulica está por debajo de los rangos preestablecidos, por ende, produce las siguientes consecuencias: • Fuga en el sistema hidráulico. • El presostato de la unidad electrificada tiene valores erróneos. • La válvula de sobrepresión no funciona. • Falla constante en el sistema eléctrico de la hidráulica. 2.- Presenta una presión demasiada alta de precarga en los acumuladores. 3.- El espacio programado entre el rodillo de prensado y el tambor supera los 5mm. (es muy grande)	9
El tornillo alimentador deja de funcionar.	1.- La prensa se sobrecarga. 2.- El tornillo alimentador se atasca por desgaste. 3.- Falla en la transmisión del tonillo alimentador. 4.- La protección de la rotación no funciona correctamente.	5
Falta de lubricación en la superficie de los rodillos de los bogies.	1.- Deficiencia en el funcionamiento del sistema de lubricación de los rodillos. 2.- Deficiencia en el funcionamiento del sistema de lavado.	19

La prensa gira continuamente a una velocidad constante.	1.- El transductor de desplazamiento requiere un reajuste. 2.- El sistema de TFO no funciona correctamente.	7
El tambor no se mueve bien.	1.- Hay presencia de residuos de corteza incrustada en uno de las siguientes partes: - Entre la placa de cierre, EA y el tambor. - Entre el rascador y el tambor. - Entre la placa de cierre, ED y el tambor.	10
Detención de la prensa.	1.- Deficiencia en sistema de lubricación. 2.- Bajo nivel de aceite en el depósito hidráulico.	16

Tabla 4.12.2.1 Fallas
Fuente: Elaboración Propia

A partir de los datos recopilados se procedió a realizar un diagrama Ishikawa con el objetivo de analizar cuáles son los puntos deficientes que llevan a que las fallas anteriormente expuestas ocurran, obteniendo así la base del problema.

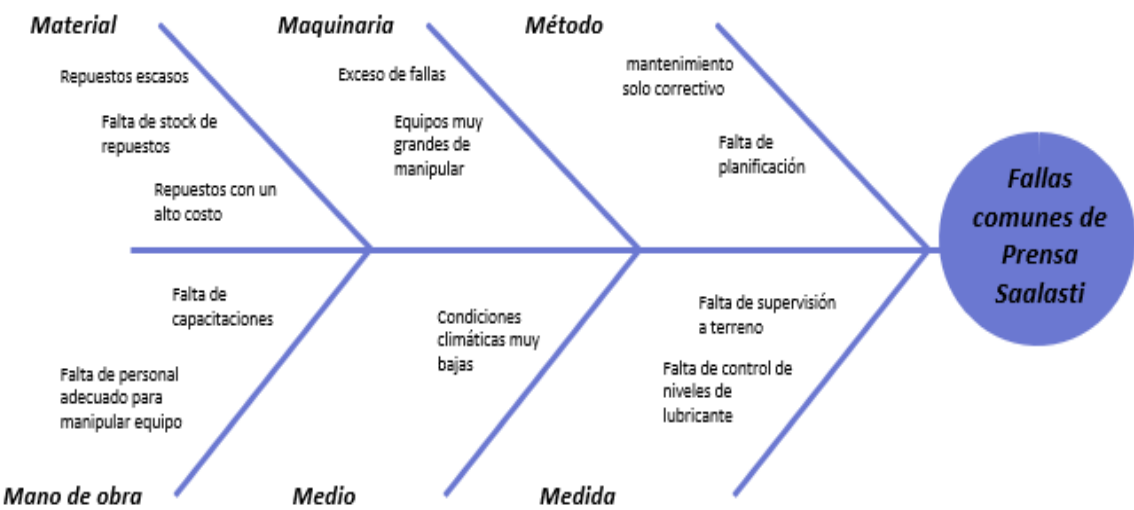


Figura 4.12.2.1 Diagrama Ishikawa.
Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se procedió a realizar una tabla de las frecuencias con las que ocurren cada falla. Su objetivo es determinar cuál es la más recurrente para así poder darle un mayor enfoque a está levantando una propuesta de mejora.

Para profundizar aún más en este análisis con los datos recopilados se elaboró un gráfico Pareto confirmando la conclusión planteada de la tabla.

Problemas	N° de Fallas	F. Relativa	F% Acumulada
Bogies	19	29%	29%
Detencion de Prensa	16	24%	53%
Tambor	10	15%	68%
Corteza Humeda	9	14%	82%
Prensa	7	11%	92%
Tornillo	5	8%	100%
Total	66	100%	

Tabla 4.12.2.2 Conteo de fallas
Fuente: Elaboración Propia

El diagrama de Pareto refleja los conteos ordenados de frecuencia de valores de los distintos niveles de una variable categórica o nominal. Estos diagramas se basan en la regla del 80/20.

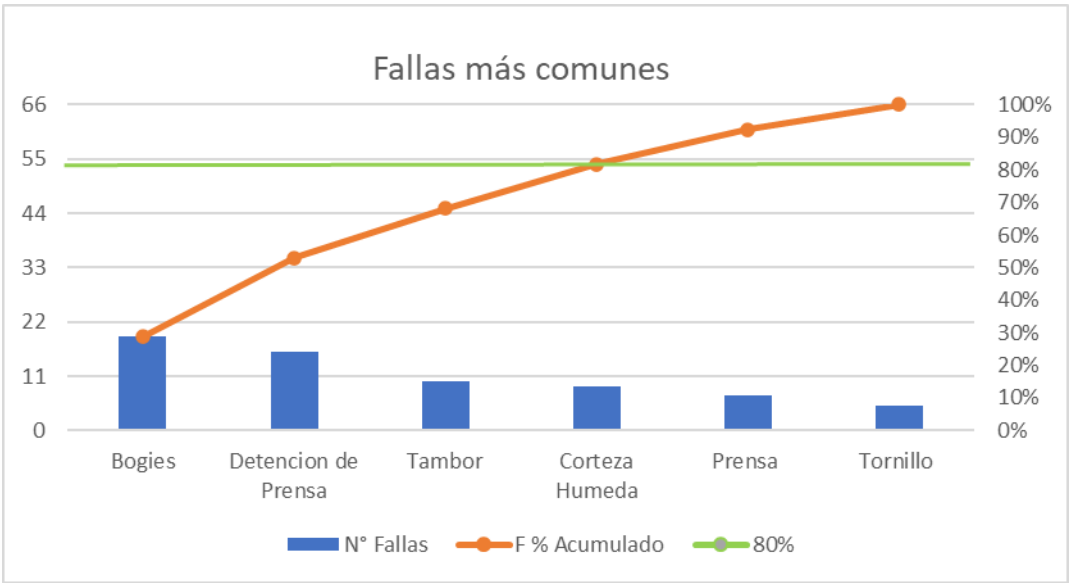


Gráfico 4.12.2.1 Pareto de Fallas
Fuente: Elaboración Propia

Esta regla sostiene que aproximadamente el 80 % de los problemas se derivan del 20 % de las causas. Esta regla también se conoce como el puñado esencial y la multitud trivial. (jmp, 2022)

Tomando como referencia este principio se puede concluir que hay cuatro fallas dentro del rango de los más críticos, siendo estos; los bogíes, las detenciones de la prensa por falta de lubricación, el trabamiento del tambor y que la corteza sale con un alto índice de humedad. Logrando identificar que son los bogíes el componente que presenta fallas con mayor impacto y frecuencia.

Continuando con el análisis y profundizando aún más para tomar una buena decisión de selección. Se calculó el tiempo medio de reparación (MTBF) de las fallas más comunes de la prensa Saalasti press, para así poder apreciar de mejor manera de cuanto es la media del tiempo que se emplea en el arreglo de los fallos y de igual manera se calculó el tiempo medio entre falla (MTTR) con el objetivo de tener una claridad con respecto de cuanto es la media entre que ocurre un fallo y otro.

Fallas	MTTR (Hrs)	MTBF (Hrs)
Bogies	12,16	60,8
Detencion de prensa	10,13	78,6
Tambor	9,7	132,7
Corteza húmeda	8,44	150,6
Prensa	7,29	195,6
Tornillo	5,4	280,6

Tabla 4.12.2.3 MTTR y MTBF
Fuente: Elaboración Propia

→ Véase anexo 1

Considerando la tabla (4.1.3) que indica el MTBF y el MTTR, es que la falla de los bogíes es el que presenta mayores inconvenientes, esto es porque el tiempo medio en el que se resuelve los fallos es de 12,16 horas y su tiempo entre fallos es de 60,8 horas. A raíz de esto se concluye que la falla más crítica de las prensas Saalasti son los bogíes teniendo un mayor impacto en ella.

Como otro indicador muy importante se posiciona la disponibilidad, esto ayudará a ver en qué porcentaje del componente por algún hecho no se encontraba disponible en el tiempo que se determina para su funcionamiento, afectando directamente en la economía de la empresa por la pérdida tanto de producción como de fondos en recuperar su disponibilidad.

Estos datos lo podemos ver reflejados en la siguiente tabla.

Fallas	Disponibilidad
Bogies	80%
Detencion de prensa	87%
Tambor	92%
Corteza húmeda	94%
Prensa	95%
Tornillo	97%

Tabla 4.12.2.4 Disponibilidad
Fuente: Elaboración Propia

→ Véase anexo 1

Después de analizar la tabla (4.1.4) que indica la disponibilidad de las fallas se logra ver que las fallas en general no tienen un mal porcentaje de disponibilidad, pero esto no quiere decir que no se pueda mejorar. Se observa que los bogies tiene una disponibilidad de un 80%, es decir, de indisponibilidad tiene un 20% lo que corresponde al porcentaje más alto y por ende la falla que implica mayor problema que no permite un funcionamiento continuo y por ende una producción menor.

Como conclusión final de la recopilación y análisis de los datos obtenidos, es que el enfoque de aquí en adelante irá centrado en realizar un correcto plan de mantenimiento preventivo a los bogies. El cual será desarrollado y descrito paso a paso en el siguiente capítulo.

13. CAPITULO V: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

13.1 Medidas de seguridad a tomar preventivo

Como sabremos, el rubro del mantenimiento industrial puede ser muy peligroso, ya que al no tomar las medidas necesarias pueden ocurrir desgracias tales como las lesiones leves, lesiones graves e incluso puede provocar la muerte. Pero a su vez sabemos que, hacer un buen mantenimiento es vital en la vida útil de los equipos, por eso equiparse bien con los implementos necesarios de seguridad es esencial para llevar un buen desarrollo del trabajo asignado. Para eso tenemos que tener en cuenta cuáles son los elementos de protección personal mínimo que debemos portar antes de realizar una acción:

- Protección auditiva.
- Chaqueta reflectante.
- Overol o buzo de papel.
- Guantes cabritillas.
- Casco de seguridad certificado.
- Zapato de seguridad.
- Antiparras.
- Máscara de protección respiratoria.

A continuación, la empresa Saalasti pone a disposición recomendaciones sobre la seguridad al momento de realizar un mantenimiento

Seguridad Al trabajar en las inmediaciones de la prensa Saalasti Press, deben cumplirse las leyes nacionales de seguridad y las normativas de seguridad de la fábrica.

13.1.1 Instalación

La prensa debe conectarse al sistema de control de la fábrica según las normativas de higiene y seguridad en el trabajo. Para realizar el mantenimiento, se deben construir plataformas de servicio y pasarelas alrededor de la prensa de forma que no exista ningún peligro de caída o deslizamiento de estas plataformas hacia la prensa o piezas móviles de la misma.

Las plataformas y pasarelas deben cumplir las siguientes normativas:

- Estar separadas de la prensa.
- No deben apoyarse sobre la prensa.
- Deben poder desmontarse para mantenimiento.
- Deben construirse según las normativas e instrucciones de las autoridades locales.

Los brazos de la prensa situados a ambos lados del rodillo prensa se desplazan hacia arriba y hacia abajo durante el funcionamiento. El movimiento del brazo de la prensa en el extremo del cilindro alcanza un máximo de 300 mm por encima de la posición de reposo. Además, se debe dejar un espacio igual a este movimiento por encima del brazo de la prensa, del accionamiento principal y del motor eléctrico. (Saalasti)

13.1.2 Seguridad durante el funcionamiento

Si la prensa se instala en el mismo edificio de resguardo que otros equipos o en la proximidad de otros equipos, el ruido en el interior del edificio puede alcanzar más de 85 decibelios (dB). Debiendo utilizarse protección auditiva. También debe evitarse la permanencia innecesaria en el edificio de resguardo o en la proximidad de máquinas ruidosas. Todas las trampillas de servicio deben estar cerradas durante el funcionamiento.

Es de suma importancia tomar precauciones especiales al abrir cualquier tipo de trampilla de servicio durante el funcionamiento. La máquina no se debe utilizar para fines distintos de aquellos para los que ha sido diseñada y nunca usar la máquina en caso de que falte alguno de sus dispositivos o guardas de protección, si no están en perfecto estado de funcionamiento.

Las zonas de alrededor de la máquina y de sus equipos de operación y control deben estar libre de obstáculos y residuos, puesto que la prensa es de control remoto, el operario debe equipar la prensa con adecuada señalización de peligro de forma que se pueda arrancar a distancia sin advertencias adicionales.

Otro punto importante que se debe considerar es tener presente todas las conexiones eléctricas, especialmente el accionamiento principal ya que utiliza alta tensión o corriente elevada. Algunas piezas de la prensa Saalasti Press, como cajas reductoras, pueden tener temperatura elevada. La zona alrededor de la prensa debe limpiarse periódicamente para evitar peligro de incendio y, por último, está prohibido fumar cerca de la prensa por peligro de incendio. (Saalasti)

13.1.3 Seguridad durante el mantenimiento

En primer lugar, se deben seguir las instrucciones de mantenimiento y reparación del fabricante.

Antes del mantenimiento, por peligro de incendio (especialmente si se van a realizar soldaduras), debe lavarse la máquina interior y exteriormente, está prohibido fumar y los

mantenimientos y la reparación de la prensa Saalasti Press solamente pueden ser realizados por personal debidamente capacitado.

Todos los interruptores de seguridad deben estar abiertos y bloqueados con un candado personal siguiendo los procedimientos de seguridad y bloqueo locales. El rodillo de prensa y el tambor deben estar parados. El transportador de alimentación y el de descarga deben estar parados y bloqueados con candado personal o debe existir una placa de cierre independiente que separe la prensa de los transportadores.

Al desconectar la prensa, se conserva la presión del sistema hidráulico. (No se debe olvidar eliminar la presión del sistema por medio de válvulas manuales del grupo hidráulico)

Finalmente, al utilizar el sistema hidráulico, se debe asegurar de que nadie sufra aplastamientos dentro o fuera de la máquina. También, está prohibida la utilización del sistema hidráulico y debe pararse la bomba de aceite hidráulico, bloquearla y eliminar la presión en caso de que alguna persona se encuentre dentro de la máquina.

Es obligatorio utilizar gafas de seguridad y máscara de protección respiratoria para realizar trabajos de mantenimiento. (Saalasti)

13.1.4 Seguridad

Cuando la prensa está en marcha, se deben seguir estas instrucciones de seguridad; Si la prensa se instala en el mismo edificio de resguardo que otros equipos o en la proximidad de otros equipos, el ruido en el interior del edificio de resguardo o en la proximidad de otros equipos puede alcanzar más de 85 decibelios, por ende, debe utilizarse protección auditiva.

También, se debe evitar la permanencia innecesaria en el edificio de resguardo o en la proximidad de máquinas ruidosas y mantener cerrada la válvula de presión anterior al bloque de válvulas direccionales manuales.

El trabajo de mantenimiento siempre comienza abriendo todos los interruptores de seguridad de los motores y bloqueándolos con candados personales. El grupo hidráulico solamente debe presurizarse cuando se necesita. Para trabajos de mantenimiento hidráulico, el sistema hidráulico debe estar despresurizado y antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento, es necesario tener presente que el sistema debe despresurizarse utilizando las válvulas de cierre manuales del grupo hidráulico. Cerrar las válvulas del acumulador o aliviar la presión en caso necesario. (Saalasti)

13.2 Herramientas

Para facilitar el trabajo al momento de realizar un mantenimiento ya sea predictivo, preventivo y/o correctivo es necesario contar con las herramientas básicas y esenciales para tener un resultado lo mejor posible y optimizando tiempo. Para esto, es necesario que se tenga en stock y disponibilidad inmediata y fácil a dichas herramientas.

A continuación, se dará a conocer un listado de las herramientas que son importantes para llevar a cabo, en este caso, un mantenimiento preventivo a la prensa Saalasti press.

- Llave punta corona.
- Llave de golpe.
- Chicharra.
- Barrote
- Llave francesa.
- Llave stillson.
- Brocas de diferentes mm.
- Limas de diferentes portes.
- Destornilladores.
- Alicata.
- Llave de impacto.
- Pie de metro
- Juego de dados.
- Llaves Allen.
- Taladro.
- Máquina para soldar al arco.
- Pulidora.
- Martillos.
- Engrasadora.
- Aceitera.
- Maceta.
- Multímetro.
- Extractor de rodamientos y polea.
- Extractor hidráulico para rodamientos.
- Extractor de pernos.
- Juego de machos y terrajas.
- Prensa hidráulica.
- Llave dinamométrica para el torque.

13.3 Mantenciones periódicas

Cabe mencionar que todos los mantenimientos deben hacerse con una cierta regularidad de tiempo dependiendo la importancia de estos y que tan propensos sean a fallar. A continuación, se presenta una tabla con el tipo de mantenimiento y con que periodo de tiempo debe efectuarse.

MANTENIMIENTO	PERIODO DE TIEMPO
Inspección visual	Diariamente
Limpieza del equipo	Diariamente
Revisar fugas y nivel de aceite	1 vez por semana
Verificar el funcioneinto del sistema de lubricación	2 veces por semana
Cambio del cartucho del filtro	1 vez al año
Verificar la pureza del aceite	1 vez al año
Cambio de aceite	Cada 2 años
Revisión de la bomba y cambio de sello	Cada 2 años
Limpieza del tanque	Cada 2 años

Tabla 5.13.3.1 Tiempo de tareas de mantenimiento
Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se crearon tablas con el detalle de mantenimientos que deben ser aplicado por cada área junto a cada cuanto tiempo se deben realizar y en qué condiciones debe estar la prensa para poder intervenirla.

Detalles del tiempo y estado de la prensa:

Periodo de tiempo		Estado de la prensa	
W	→ Semanal	O	→ En marcha
500 h	→ Después de las primeras 500 horas	D	→ Detenida
Semestral	→ Cada 6 meses	DH	→ Detenida sin presión hidráulica
Anual	→ Cada año		
2 años	→ Cada 24 meses		

LUBRICACIÓN	W	500 h	Semestral	Anual	24 meses	Estado de la prensa
Intervalo de engrase (60 min) ajustar en caso que sea necesario		X		X		O
limites de presión (inferior a 50 bar, superior a 120 bar) ajustar en caso necesario		X		X		O
Presion de la bomba ajustar en caso necesario		X		X		O
Comprobar la presencia de grasa visible en los engrasadores, en caso contrario, comprobar el funcionamiento de los dosificadores o posibles fugas en las tuberías de engrase	X					O
Fugas, Reparar en caso necesario.	X					O
Funcionamiento de dosificadores, cambio en caso necesario.	X					O
Película uniforme de grasa lubricante en las ruedas de los bogies, en caso contrario, comprobar el funcionamiento del lubricador.	X					O

SISTEMA HIDRÁULICO	W	500 h	Semestral	Anual	24 meses	Estado de la prensa
Verificar la presión hidráulica	X					O
Análisis del aceite hidráulico			X			O
Cambio del aceite hidráulico		X			X	DH
Verificar la temperatura del aceite (debe estar por debajo de los 40°C)	X					DH
Cambio del filtro de retorno		X		X		DH
Vaciado y limpieza del depósito del aceite del grupo hidráulico					X	DH
Verificar que los accesorios		X	X			O
Verificar la presión de pre-carga de los acumuladores de presión		X		X		O
Verificar el funcionamiento de la válvula de seguridad			X			O
Verificar el funcionamiento del transmisor de presión		X			X	O

CAJAS REDUCTORAS	W	500 h	Semestral	Anual	24 meses	Estado de la prensa
Verificar el nivel de aceite	X					O
Verificar la temperatura de funcionamiento de la superficie de las cajas reductoras: Reductor sinfin de alimentación 70°C Reductor de accionamiento principal 50°C	X					O
Verificar el ruido en funcionamiento	X					O
Verificar si los sellos tienen fugas	X					O
Cambio de aceite de la caja reductora del sinfin de alimetación		X		X		D
Cambio de aceite de la caja reductora principal		X			X	D
Lubricación del sello del eje primario de la caja reductora principal			X			O

OTRAS TAREAS DE MANTENIMIENTO	W	500 h	Semestral	Anual	24 meses	Estado de la prensa
Comprobar las correas trapezoides y las poleas de transmisión del accionamiento del sinfin de alimentació. Tensar y ajustar o cambiarlas por nuevas en caso necesario.			X			D
Comprobar el desgaste de los sinfines y la artesa del transportador de alimentacion. (comprobar tambien los sinfines cada 3 meses).			X			D
Comprobar la posición de los rodillos guía, reapretar los pernos de sujeción y ajustar en caso necesario.		X	X			D
Comprobar la posición de la rasqueta, limpiar y ajustar y reapretar los pernos de fijación en caso necesario. Comprobar el desgaste de la placa de la rasqueta casa 3 meses.			X			D
Comprobar la posición de la placa lateral del ectremo de descarga, ajustar y reapretar los pernos de fijacion en caso necesario.			X			D
Comprobar la posicion del sello de la placa lateral del extremo de alimentación, ajustar y reapretar los pernos de fijacion en caso necesario.			X			D
Comprobar el funcionamiento del transductor lineal.		X	X			O
Placa guía del extremo de alimentación, reapretar los pernos de fijacion.		X	X			D
Comprobar la separación entre los rodillos prensa y el tambor y reaprete el cierre de la cabeza de rótula del cilindro. Ajustar también los límites del transductor despues del ajuste del cilindro.		X	X			DH
Comprobar los nervios del rodillo prensa.				X		D
Comprobar los raspadores del tambor y los rodillos guía, ajustar en caso necesario.			X			D
Comprobar los ruidos. Si aparecen ruidos anómalos, consultar a Saalasti.	X					O
Comprobar la temperatura de funcionamiento del motor principal y del motor del sinfin de alimentación.	X					O
Comprobar sellos de las placas de descargas de efluente. Ajustar en caso necesario.			X			D
Comprobar la limpieza de las placas de descarga de efluente y su deposito. Comprobar el sistema de agua de lavado, limpiar si contiene mucho polvo y ajustar el caudal de agua de lavado en caso necesario.	X					O
Comprobar la superficie de los rodillos del bogie. Si hay mucho polvo, comprobar el sistema de agua de lavado y sellos de las placas de descargas de efluente. Si no hay pelicula de grasa uniforme o no existe, comprobar el funcionamiento de engrase.	X					O

Tabla 5.13.3.2 Descripción del tipo de mantenimiento por área
Fuente: Elaboración Propia

13.4 Plan de mantenimiento

Para que la prensa Saalasti press deje de tener fallas innecesarias, a continuación, se elaboró una tabla “Check list” en donde se podrá realizar una ruta de inspección observando el estado de los componentes para luego anotar el estado en el cual se encuentran y posibles observaciones que posteriormente se deberán revisar a más profundidad. Esta lista debe ser completada por el supervisor del área.

13.4.1 Check list de los componentes de la prensa

Nombre del Equipo :				Estado			
Componente	Ubicación Técnica	Responsable	Fecha de operación	Bueno	Regular	Malo	Observación
Accionamiento auxiliar							
Bastidor							
Bogies							
Caja reductora							
Cilindro hidráulico							
Lubricación							
Placa de descarga efluentes							
Placa lateral de alimentacion							
Raspadora							
Rasqueta							
Rodillo guía							
Rodillo prensa							
Sinfin de alimentación							
sistema Hidraulico							
Tambor							
Transmisión-accionamiento principal							

13.4.2 Check list del sistema hidráulico

Responsable:						
Ubicación técnica			Estado			
Descripción	Fecha	Tag	Bueno	Regular	Malo	Observación
Estado de las bombas						
Estado de las cañerías						
Estado de los conectores						
Estado de los flexibles						
Estado de los manómetros						
Fugas						
Niveles						
Verificar presión de la tabla						
Verificar válvulas abiertas						

13.4.3 Tabla de inspección extra de los componentes eléctricos de la prensa

Responsable:											
Descripcion	Tag	Carga	Cable	Carcaza	Vent	Conector	Vibracion	Temperatura	Base o Pata	Tag	Obs

Tablas 5.13.4.3.1 Check list de mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia

13.5 Lista de repuestos

Por último, se creó un listado de los repuestos importantes de la prensa que si o si planta Valdivia debería tener en bodega, con la finalidad de que, si hay que cambiar algo, no se pierda tiempo comprándolo, si no que se tenga disponibilidad inmediata a él.

REPUESTO	CÓDIGO	CANTIDAD
Bogies		
Bastidor	108238	1
Rueda Bogie	106214	2
Eje Rueda	108224	2
Manguito Eje	108227	2
Rodamiento de Rodillos a Rótula	112220	4
Sello Eje	113228	4
Tapa Soporte Rodamiento	108229	4
Junta Tórica	113229	4
Sello	113230	4
Cojinete	112205	2
Anillo Separador	108242	2
Junta Tórica	113233	2
Sello Eje	113234	2
Bogie, Conjunto	108256K	4
Eje Bogie	108204	4
Anillo Separador	108232	8

→ Véase anexo 2

REPUESTO	CÓDIGO	CANTIDAD
Tambor		
Tambor	1040131K	1

→ Véase anexo 3

REPUESTO	CÓDIGO	CANTIDAD
Sistema hidráulico		
Depósito		1
Tanque de drenaje		1
Bomba	1094001	1
Acoplamiento	109401	1
Motor eléctrico		1
Filtro de retorno	409217	1
Filtro de aire	409011	1
Medidor nivel/temperatura	109404	1
Interrupor de nivel	1094051	1
Bloqueo especial	109456	1
Válvula direccional 2/2	109455	1
Válvula de retención	109420	1
Válvula de alivio de presión	109421	1
Válvula de cierre	109422	1
Interrupor / transmisor presión	109417	1
Conector	109426	1
Conector rápido	109413	5
Tapa de obturación	1094561	1
Válvula de tres vías	109481	3
Presostato	1094591	3
Válvula de globo	1094545	4
Acumulador de presión	109470	2
Bloqueo de seguridad	1094382	2

→ Véase anexo 4

REPUESTO	CÓDIGO	CANTIDAD
Sistema Lubricacion		
Uniadad de lubricación		1
Transmisor de presión	114209	1
Manguera L=700 mm	114402	1
Manguera L=500 mm	114401	5
Manguera L=1000 mm	114403	1
Manguera L=500 mm	114404	8
Manguera L=750 mm	114221	8
Manguera L=600 mm	114406	6
Manguera L=1050 mm	114407	2
Placa base	114256	4
Placa base	114300	1
Placa base	114203	2
Dosificador	114202	4
Dosificador	114214	1
Dosificador	114294	14

→ Véase anexo 5

REPUESTO	CÓDIGO	CANTIDAD
Sinfín de alimentación		
Bastidor, derecho	111371	1
Bastidor, izquierdo	111372	1
Artesa	111404	1
Caja Reductora	111316	2
Polea	1113911	2
Polea	1113912	2
Sinfín de alimentación	111415	1
Sinfín de alimentación	111414	1
Manguito	111228	2
Manguito	111227	2
Rodamiento de Rodillos a Rótula	112214	2
Rodamiento Rodillos Cilíndricos	112215	2
Sello Eje	113218	2
Sello Eje	113219	2
Correa Trapezoidal	1113915	10
Manguito cónico	1113914	2
Manguito cónico	1113913	2

→ Véase anexo 6

REPUESTO	CÓDIGO	CANTIDAD
Sistema eléctrico		
Caja de terminales		1
Caja de terminales		1
Transmisor 4-20 mA	123237	1
Transductor de desplazamiento	123236	1
Interruptor de velocidad	123332	1
Interruptor de velocidad	123332	2
Transmisor de presión	114209	1
Interruptor fin de carrera	123332	2
Protección nivel aceite	1094051	1
Interruptor/transmisor presión	109417	1
Electroválvula	109455	1
Fuente de alimentación	123350	1
Relé	123361	1
Sensor magnético	1232700	8
PLC	123356	1
Presostato	1094591	3

→ Véase anexo 7

Tablas 5.13.5.1 Repuestos

Fuente: Elaboración Propia

13.6 Evaluación económica

Es necesario realizar una evaluación económica al proyecto, ya que permite visualizar el impacto monetario que tendrá en la empresa, y así poder plantear sobre la mesa todos los datos concretos y certeros.

En primera instancia se realizó una cotización de las HH calculando los precios por cada tabla de mantenimiento elaborada anteriormente. Posteriormente, se realizó una cotización de cada uno de los repuestos que se propone tener en bodega, con el objetivo de obtener una estimación del costo total, el que permitirá tomar decisiones.

A continuación, se encuentran las tablas realizadas y el valor total del mantenimiento, dividido en 4 áreas diferentes:

LUBRICACION	Cantidad por tarea							HH	Valor HH	Valor Total
	1	2	3	4	5	6	7			
Mecanico	1	1	1	1	1	1	1	42	\$7.000	\$294.000
Soldador				1	1	1		32	\$7.000	\$224.000
Ayudante			1	1		1	1	28	\$5.500	\$154.000
Supervisor	1	1	1	1	1	1	1	42	\$8.000	\$336.000
Prevencionista	1	1	1	1	1	1	1	42	\$8.000	\$336.000
										\$1.344.000

SISTEMA HIDRÁULICO	Cantidad por tarea										HH	Valor HH	Valor Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Mecanico	1	1	1	1	1	1		1	1	1	20	\$7.000	\$140.000
Soldador												\$7.000	\$0
Ayudante			1		1	1	1				15	\$5.500	\$82.500
Supervisor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21	\$8.000	\$168.000
Prevencionista	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21	\$8.000	\$168.000
													\$558.500

CAJAS REDUCTORAS	Cantidad por tarea							HH	Valor HH	Valor Total
	1	2	3	4	5	6	7			
Mecanico	1	1	1	1	1	1	1	32	\$7.000	\$224.000
Soldador									\$7.000	\$0
Ayudante					1	1	1	28	\$5.500	\$154.000
Supervisor	1	1	1	1	1	1	1	32	\$8.000	\$256.000
Prevencionista	1	1	1	1	1	1	1	32	\$8.000	\$256.000
										\$890.000

OTRAS TAREAS	Cantidad por tarea																HH	Valor HH	Valor Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
Mecanico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	63	\$7.000	\$441.000
Soldador	1	1			1												12	\$7.000	\$84.000
Ayudante	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	56	\$5.500	\$308.000
Supervisor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	63	\$8.000	\$504.000
Prevencionista	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	63	\$8.000	\$504.000
																			\$1.841.000

CHECK LIST HIDRAULICO	Cantidad	HH	Valor HH	Valor Total
Mecánico	1	2	\$7.000	\$14.000
Ayudante	1	2	\$5.500	\$11.000
				\$25.000

CHECK LIST GENERAL	Cantidad	HH	Valor HH	Valor Total
Mecánico	1	2	\$7.000	\$14.000
Ayudante	1	2	\$5.500	\$11.000
				\$25.000

CHECK LIST ELECTRICO	Cantidad	HH	Valor HH	Valor Total
Eléctrico	1	2	\$8.000	\$16.000
				\$16.000

Tablas 5.13.6.1 Costos de mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia

REPUESTO	CANTIDAD	C/U	TOTAL
Sistema lubricacion			
Unidad de lubricación	1	\$200.000	\$200.000
Transmisor de presión	1	\$95.000	\$95.000
Manguera L=700 mm	1	\$62.000	\$62.000
Manguera L=500 mm	5	\$50.000	\$250.000
Manguera L=1000 mm	1	\$80.000	\$80.000
Manguera L=500 mm	8	\$55.000	\$440.000
Manguera L=750 mm	8	\$67.000	\$536.000
Manguera L=600 mm	6	\$76.000	\$456.000
Manguera L=1050 mm	2	\$95.000	\$190.000
Placa base	4	\$110.000	\$440.000
Placa base	1	\$105.000	\$105.000
Placa base	2	\$100.000	\$200.000
Dosificador	4	\$120.000	\$480.000
Dosificador	1	\$150.000	\$150.000
Dosificador	14	\$99.000	\$1.386.000
			\$5.070.000

REPUESTO	CANTIDAD	C/U	TOTAL
Bogies			
Bastidor	1	\$20.000.000	\$20.000.000
Rueda Bogie	2	\$100.000	\$200.000
Eje Rueda	2	\$70.000	\$140.000
Manguito Eje	2	\$50.000	\$100.000
Rodamiento de Rodillos a Rótula	4	\$40.000	\$160.000
Sello Eje	4	\$30.000	\$120.000
Tapa Soporte Rodamiento	4	\$30.000	\$120.000
Junta Tórica	4	\$50.000	\$200.000
Sello	4	\$10.000	\$40.000
Cojinete	2	\$30.000	\$60.000
Anillo Separador	2	\$60.000	\$120.000
Junta Tórica	2	\$50.000	\$100.000
Sello Eje	2	\$30.000	\$60.000
Bogie, Conjunto	4	\$200.000	\$800.000
Eje Bogie	4	\$80.000	\$320.000
Anillo Separador	8	\$60.000	\$480.000
			\$23.020.000

REPUESTO	CANTIDAD	C/U	TOTAL
Tambor			
Tambor	1	\$30.000.000	\$30.000.000
			\$30.000.000

REPUESTO	CANTIDAD	C/U	TOTAL
Sistema hidráulico			
Depósito	1	\$60.000	\$60.000
Tanque de drenaje	1	\$80.000	\$80.000
Bomba	1	\$150.000	\$150.000
Acoplamiento	1	\$90.000	\$90.000
Motor eléctrico	1	\$400.000	\$400.000
Filtro de retorno	1	\$40.000	\$40.000
Filtro de aire	1	\$20.000	\$20.000
Medidor nivel/temperatura	1	\$100.000	\$100.000
Interrupción de nivel	1	\$30.000	\$30.000
Bloqueo especial	1	\$50.000	\$50.000
Válvula direccional 2/2	1	\$60.000	\$60.000
Válvula de retención	1	\$55.000	\$55.000
Válvula de alivio de presión	1	\$65.000	\$65.000
Válvula de cierre	1	\$750.000	\$750.000
Interrupción / transmisor presión	1	\$50.000	\$50.000
Conector	1	\$43.000	\$43.000
Conector rápido	5	\$65.000	\$325.000
Tapa de obturación	1	\$32.000	\$32.000
Válvula de tres vías	3	\$78.000	\$234.000
Presostato	3	\$61.000	\$183.000
Válvula de globo	4	\$94.000	\$376.000
Acumulador de presión	2	\$100.000	\$200.000
Bloqueo de seguridad	2	\$87.000	\$174.000
			\$3.567.000

REPUESTO	CANTIDAD	C/U	TOTAL
Sinfín de alimentación			
Bastidor, derecho	1	\$500.000	\$500.000
Bastidor, izquierdo	1	\$500.000	\$500.000
Artesa	1	\$100.000	\$100.000
Caja Reductora	2	\$150.000	\$300.000
Polea	2	\$50.000	\$100.000
Polea	2	\$50.000	\$100.000
Sinfín de alimentación	1	\$200.000	\$200.000
Sinfín de alimentación	1	\$200.000	\$200.000
Manguito	2	\$80.000	\$160.000
Manguito	2	\$80.000	\$160.000
Rodamiento de Rodillos a Rótula	2	\$40.000	\$80.000
Rodamiento Rodillos Cilíndricos	2	\$40.000	\$80.000
Sello Eje	2	\$35.000	\$70.000
Sello Eje	2	\$35.000	\$70.000
Correa Trapezoidal	10	\$20.000	\$200.000
Manguito cónico	2	\$60.000	\$120.000
Manguito cónico	2	\$60.000	\$120.000
			\$3.060.000

REPUESTO	CANTIDAD	C/U	TOTAL
Sistema eléctrico			
Caja de terminales	1	\$51.000	\$51.000
Caja de terminales	1	\$50.000	\$50.000
Transmisor 4-20 mA	1	\$200.000	\$200.000
Transductor de desplazamiento	1	\$152.000	\$152.000
Interruptor de velocidad	1	\$94.000	\$94.000
Interruptor de velocidad	2	\$94.000	\$188.000
Transmisor de presión	1	\$242.000	\$242.000
Interruptor fin de carrera	2	\$10.000	\$20.000
Protección nivel aceite	1	\$71.000	\$71.000
Interruptor/transmisor presión	1	\$200.000	\$200.000
Electroválvula	1	\$149.000	\$149.000
Fuente de alimentación	1	\$600.000	\$600.000
Relé	1	\$32.000	\$32.000
Sensor magnético	8	\$84.000	\$672.000
PLC	1	\$9.000.000	\$9.000.000
Presostato	3	\$300.000	\$900.000
			\$12.621.000

Tablas 5.13.6.2 Costos de repuestos
Fuente: Elaboración Propia

La sumatoria final del proyecto, quedaría en:

Costo Total de repuestos	\$77.338.000
Costo Total HH	\$4.699.500

14. RECOMENDACIÓN

Para que la prensa Saalasti de la empresa Arauco planta Valdivia, potencie su funcionamiento, es necesario que se aplique un mantenimiento preventivo de manera más organizada y estructurada, con el objetivo de poder inspeccionar y revisar cada parte de la prensa, sin dejando pasar detalles que puedan producir daños o paradas de emergencia del equipo. A demás, con esta implementación se buscaría disminuir el riesgo laboral y costos a los equipos.

Para llevar a cabo lo recién planteado, es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Realizar capacitaciones a personal de mantenimiento ya sea a supervisores, mecánicos, mecánicos especializados y soldadores.
- Recordar y tener presente las medidas de seguridad, las que consisten en: siempre trabajar con el equipo bloqueado e instalar candados de seguridad antes de intervenir el equipo, guiarse siempre según la matriz de riesgo.
- Actualizar constantemente las bases de datos necesarias como: historial de fallas, detenciones por producción y tiempos de producción, para realizar un análisis de la prensa.
- Mantener siempre el stock de repuestos y herramientas actualizados y contacto permanente con la empresa Saalasti para repuestos remanufacturados.

15. CONCLUSIÓN

La empresa Arauco planta Valdivia, generalmente presenta buenos niveles y estándares de mantenimiento con respecto a su producción, pero tras recopilar antecedentes y analizar datos, se evidenció una deficiencia en la mantención a la prensa Saalasti, tal como se puede apreciar en el capítulo IV, apartado “situación actual”.

En consecuencia, de esto, la propuesta de esta memoria de título, es implementar un plan de mantenimiento preventivo que se adecue a las necesidades de la empresa, con el objetivo de reducir costos asociados a averías, detenciones y/o desgastes que se puedan presentar. Además, se busca conseguir una mayor eficiencia del equipo, para evitar las pérdidas asociadas a la no producción en los momentos en que la prensa se encuentra detenida. Y, por último, aprovechar al máximo la vida útil del equipo, ya que con un buen mantenimiento periódicamente, es posible que los componentes no se atrofien y el equipo tenga mayor durabilidad.

Para que la propuesta funcione, es necesario:

- La criticidad de fallas y actualizar la planificación en los trabajos de mantenimiento preventivo coordinando con los planificadores de la planta y así programar desde el software SAP las órdenes de trabajo asignadas.
- Se debe crear un inventario con repuestos críticos, guiándose en base a las O.T producidas desde el SAP.

Finalmente, para concluir se recomienda implementar el plan de mantenimiento preventivo presentado anteriormente, con el objetivo de brindarle un mayor cuidado, mantención y un análisis más a profundidad a la prensa Saalasti, esto siempre y cuando el personal requerido esté dispuesto a enfocar su trabajo y energía en este equipo.

16. REFERENCIAS

16.1 Referencias generales

Arauco, C. (2017). *Memoria Arauco*. Obtenido de https://www.arauco.cl/peru/wp-content/uploads/sites/22/2017/07/MEMORIA_ARAUCO_2017_FINAL.pdf

Garcia, J. L. (21 de febrero de 2013). *Gestion del mantenimiento eficiente* . Obtenido de <http://gestionmantenimientoeficiente.blogspot.com/2013/02/las-cinco-generaciones-del-mantenimiento.html>

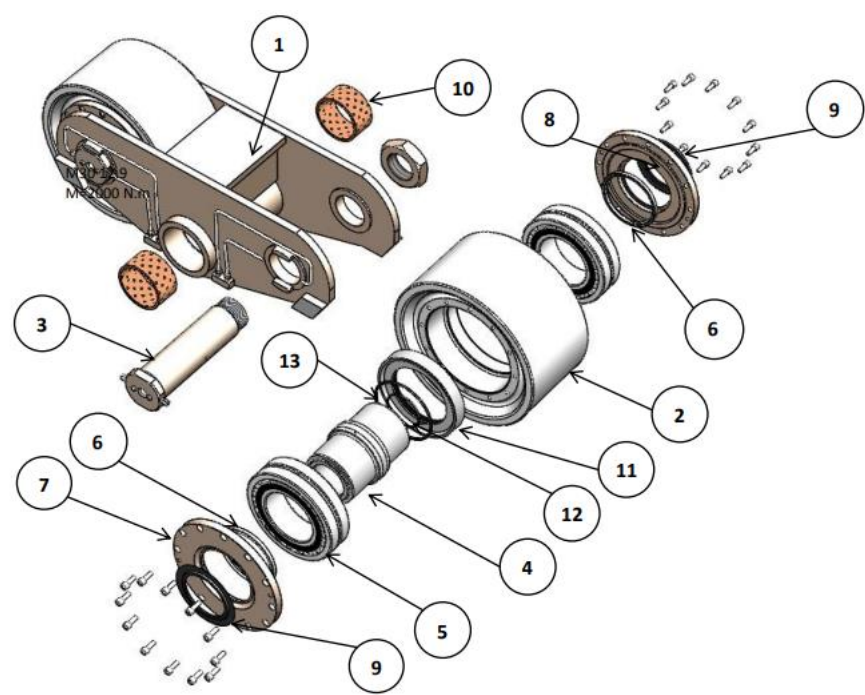
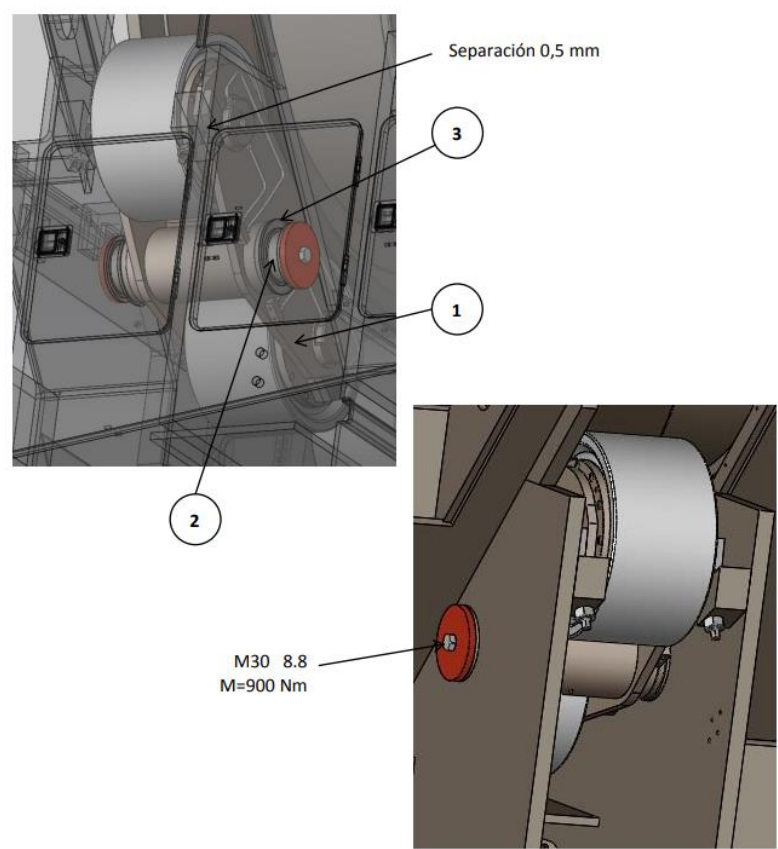
jmp. (2022). *jmp*. Obtenido de https://www.jmp.com/es_co/statistics-knowledge-portal/exploratory-data-analysis/pareto-chart.html

Saalisti. (s.f.). *Saalisti.com*. Obtenido de <https://saalisti.com/company>

17. ANEXOS

Fechas de detenciones en 10 semanas											Horas Nominal (2 meses): 1440						
Fecha de detenciones	semana 1	semana 2	semana 3	semana 4	semana 5	semana 6	semana 7	semana 8	semana 9	semana 10	Total completo de detenciones	Total hora de detención por fallas	N° de Fallas	Mttr	Horas operativas	Mtbf	Disponibilidad
Bogies																	
Motivo	Fallas	p. Progra.	Fallas	Fallas	Fallas	p. Progra.	Fallas	Fallas	Fallas	Fallas	285	231	19	12,16	1155	60,79	80%
Duración de detención (hrs)	24	27	32	29	24	27	31	28	27	36							
Detencion de Prensa por lubricacion																	
Motivo	Fallas	Fallas	p. progra.	Fallas	Fallas	p.progra.	Fallas	Fallas	Fallas	Fallas	182	162	16	10,13	1258	78,63	87%
Duración de detención (hrs)	18	20	10	15	21	10	28	19	16	25							
Tambor																	
Motivo	p.progra.	Fallas	Fallas	Fallas	P. progra.	Fallas	Fallas	Fallas	Fallas	Fallas	113	97	10	9,7	1327	132,7	92%
Duración de detención (hrs)	8	14	15	9	8	13	8	15	13	10							
Corteza humeda																	
Motivo	Fallas	Fallas	p. progra.	Fallas	Fallas	Fallas	p.progra.	Fallas	Fallas	Fallas	85	76	9	8,44	1355	150,56	94%
Duración de detención (hrs)	9	13	4	12	5	9	5	11	7	10							
Prensa giro continuo																	
Motivo	Fallas	p.progra.	Fallas	Fallas	Fallas	Fallas	Fallas	Fallas	p.progra.	Fallas	71	51	7	7,29	1369	195,57	95%
Duración de detención (hrs)	3	10	5	8	5	9	6	8	10	7							
Tornillo																	
Motivo	p.progra.	Fallas	Fallas	Fallas	Fallas	Fallas	p.progra.	Fallas	Fallas	Fallas	37	27	5	5,4	1403	280,6	97%
Duración de detención (hrs)	5	4	3	5	4	2	5	2	4	3							

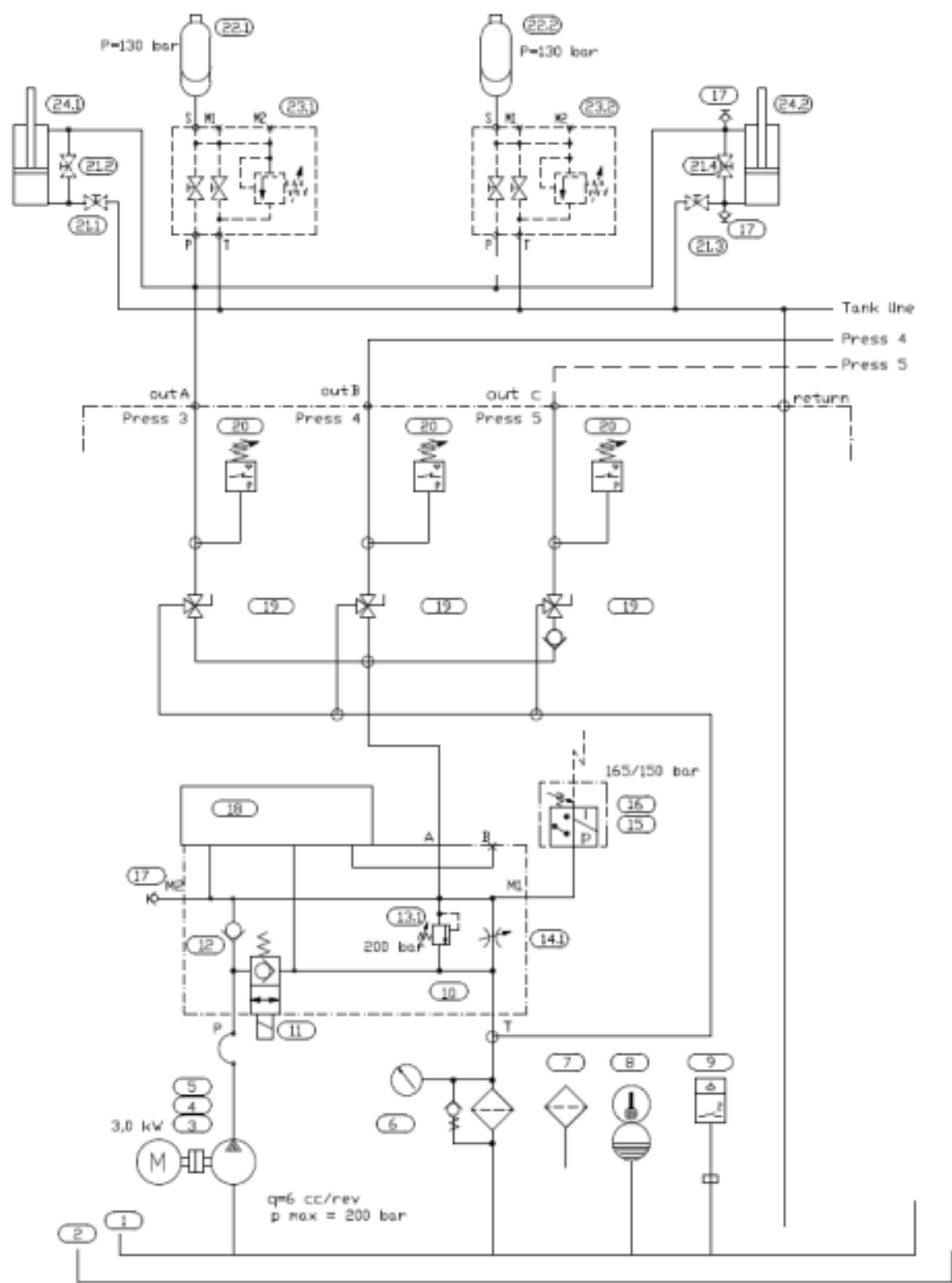
17.2 Anexo 2



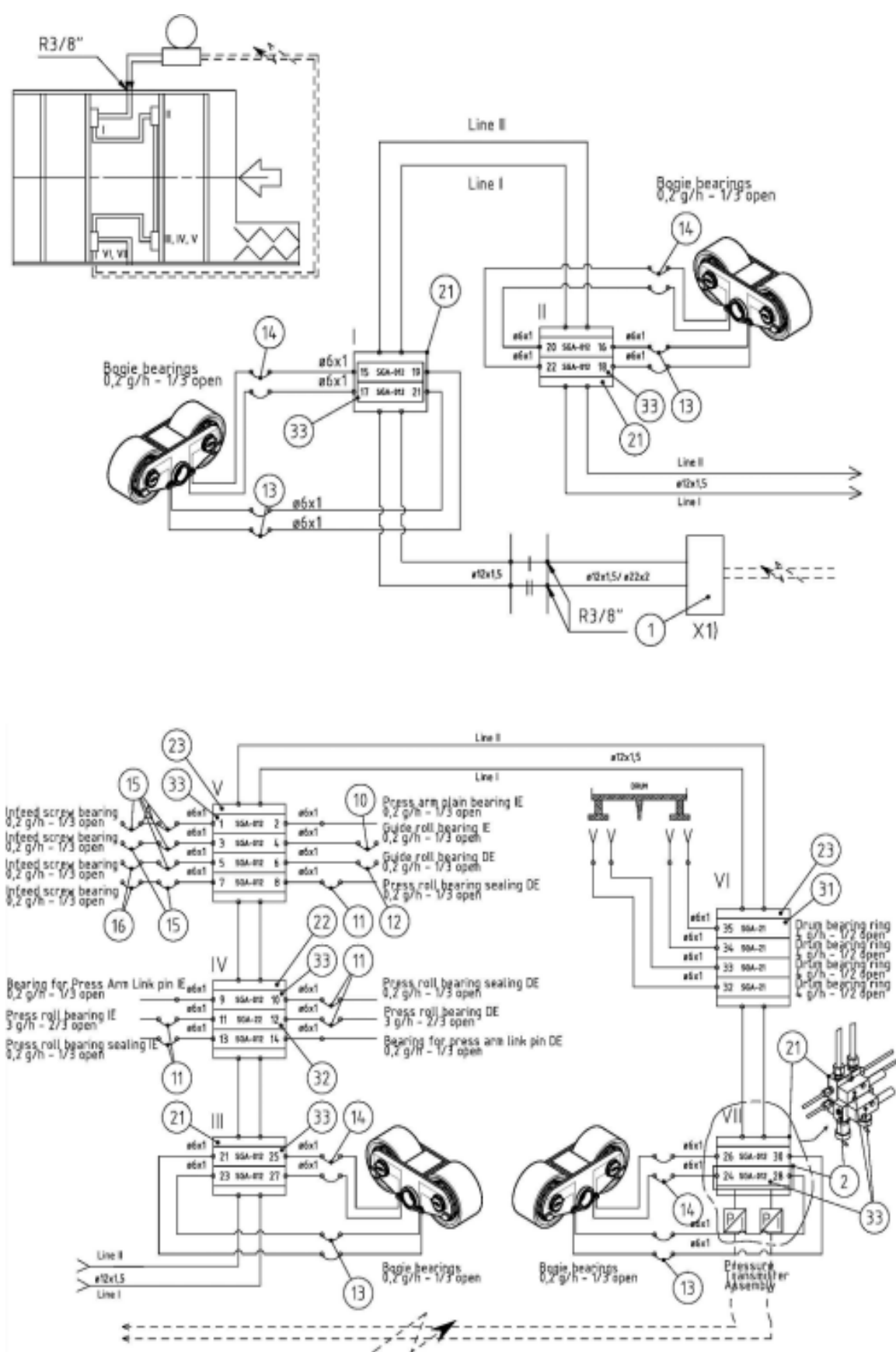
17.3 Anexo 3

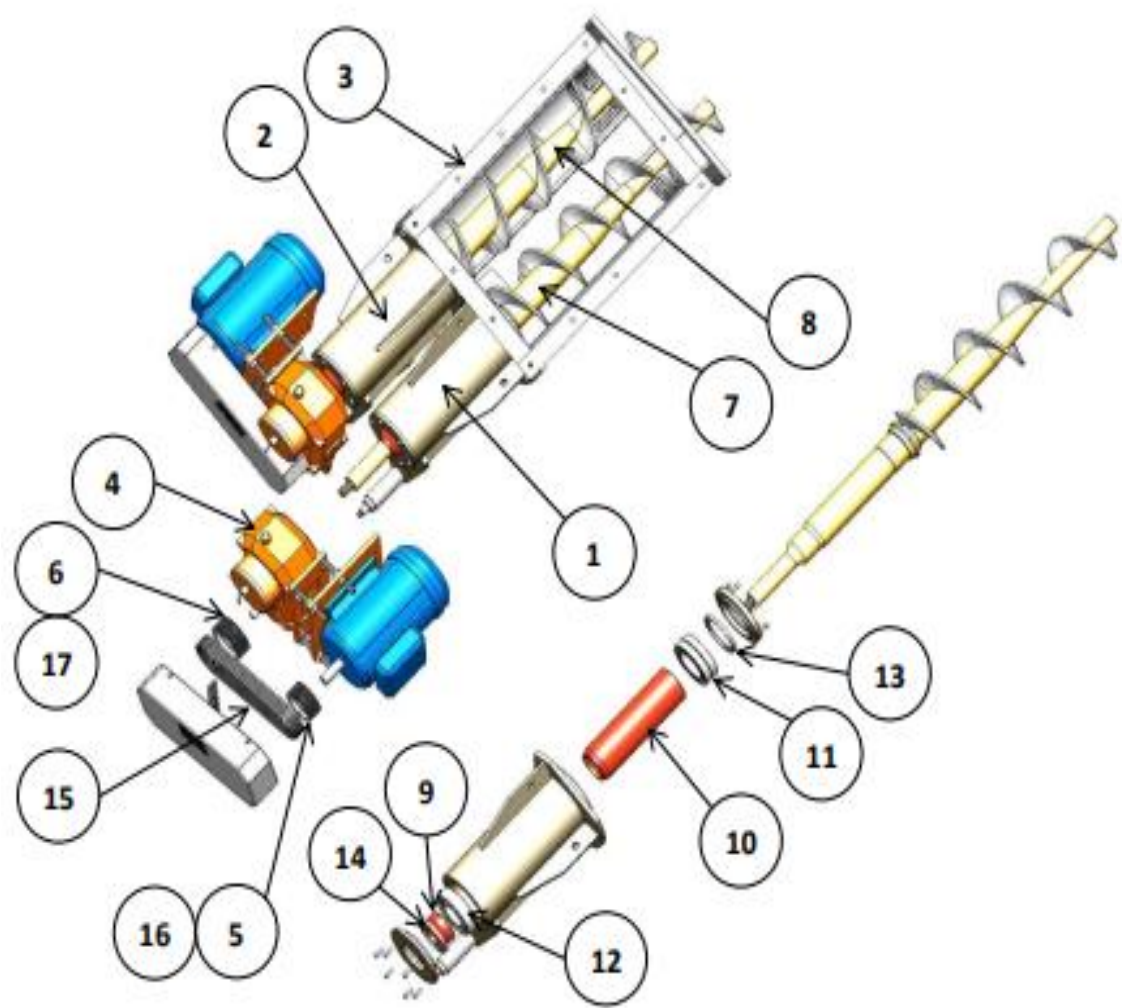


17.4 Anexo 4



17.5 Anexo 5





17.7 Anexo 7

