

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE DE CONCEPCIÓN - REY BALDUINO DE BÉLGICA

**“PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD PARA PRENSA ECOLÓGICA ARIETE 480 EN FINAMET
LTDA.”**

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Ingeniero de Ejecución en Mecánica de
Procesos y Mantenimiento Industrial.

Alumno: Rubén Andrés Bravo Vilugrón.

Profesor Guía: Sr. Ing. Eduardo Andrés
Aracena Cuellar.

2019

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi familia por la educación que me dieron, por todo el apoyo que obtuve en el proceso de mi formación universitaria, especialmente a mis abuelos que fueron mi mayor fortaleza y a mis padres que siempre estuvieron conmigo apoyándome en todas mis decisiones. A mis hermanas por acompañarme siempre, a mis mejores amigos que hicieron estos años uno de los mejores de mi vida y a mi compañera de vida Constanza Berrocal, que me dio su apoyo y confianza en los peores y mejores momentos desde que nos reencontramos, nada hubiese sido igual sin tu compañía.

Agradezco también a la empresa FINAMET LTDA. por su voluntad de dejarme realizar un estudio a su proceso de reciclado especialmente a Ricardo Bobadilla y Mónica Berrocal quienes facilitaron toda la información para poder llevar a cabo el estudio. A Ricardo Bobadilla Osorio y Cristian Bobadilla por recibirme en la empresa cada vez que lo necesite ayudándome a recolectar la información necesaria. A los trabajadores de la empresa en general por su buena disposición.

DEDICATORIA.

*Dedicada a mis abuelos Ruben
Bravo y Margarita Inzunza.
Siempre fueron unos padres para
mí.*

RESUMEN.

KEYWORDS:

AMEF, ANALISIS, EXCEDENTES INDUSTRIALES, RECICLAJE, METALES, MANTENIMIENTO, CONFIABILIDAD, RCM, FTA, PORTER, PRENSA, ECOLÓGICA.

La empresa FINAMET LTDA. es una de las empresas recicladoras más importantes de la región del bio-bio debido a que posee una prensa ecológica ARITE 480, la cual genera briquetas de materiales como marcos de ventana, de bicicletas, zunchos, carrocerías de automóviles, electrodomésticos, entre otros. La utilización de esta máquina es de gran importancia en cuestión de reciclaje dado que este tipo de material solo puede ser reciclado si se presenta en una condición de “briqueta” para poder ser fundido.

Hasta el 2018 solo existen dos máquinas de tales características en la región, y su funcionamiento debe ser confiable dado a que su no funcionalidad desembocaría en grandes cantidades de material no reciclable el cual contaminaría nuestro medio ambiente sin poder ser reciclado acumulándose en vertederos ilegales. Es por esta razón que se busca realizar un plan de mantenimiento RCM. Eventualmente se busca mejorar el proceso de reciclado de la empresa FINAMET el cual presento fallas inesperadas en el activo a estudiar generándole grandes pérdidas de dinero al no poder cumplir con una entrega de material a una empresa regional. de modo que analizando sus fallas funcionales y modos de fallas por medio del método RCM se busca optimizar la disponibilidad y confiabilidad del activo, aumentando sus ganancias tratando de tener una menor cantidad de pérdidas por fallas inesperadas en la prensa hidráulica.

El objetivo de este trabajo es realizar un plan de mantenimiento preventivo a través del método RCM utilizando herramientas como análisis de modos y efectos de falla, diagrama de Pareto, hojas de decisión y obtener recomendaciones para una mejora del proceso de reciclado.

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA.

SIGLAS:

FTA: Fault Tree Analysis/ Análisis de árbol de fallas.

AMEF: Análisis de modos y efectos de falla.

RCM: Reliability Centred Maintenance/ Mantenimiento centrado en confiabilidad.

S: Grado de severidad.

O: Grado de ocurrencia.

D: Grado de detectabilidad.

NPR: Numero de prioridad de riesgo.

MTTR: Tiempo medio de reparación.

MTBF: Tiempo medio entre fallas.

Di: Disponibilidad

R: Confiabilidad

SIMBOLOGIA:

[HP]: Caballos de fuerza

[Kg]: Kilogramos

[l]: litro

[KW]: Kilo watts

[T]: Tonelada

[m]: Metro

Índice

1	CAPITULO I.....	1
1.1	INTRODUCCIÓN.	1
1.2	OBJETIVOS.	3
1.2.1	Objetivo general.	3
1.2.2	Objetivos específicos.....	3
1.3	METODOLOGÍA.	4
1.3.1	Metodología 1.	4
1.3.2	Metodología 2	4
1.3.3	Metodología 3	5
2	ANTECEDENTES.....	6
2.1.1	Descripción de empresa	6
2.1.2	Misión	6
2.1.3	Visión	6
2.1.4	Equipo	6
2.1.5	Organización de FINAMET.....	7
2.2	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.	8
2.3	MOTIVACIÓN.	9
2.4	CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE RECICLAJE.....	10
2.4.1	Clasificación del material.....	10
2.4.2	Servicios de reciclaje.....	11
2.4.3	Proceso de reciclaje.	12
2.4.4	Descripción de activos en el procesamiento de briquetas.	13
2.5	ESTUDIO PRELIMINAR DEL MERCADO.....	15
2.5.1	Cinco fuerzas de Porter.	15
2.5.2	Modelo de las cinco fuerzas de Porter.....	16
2.5.3	Amenaza de nuevos competidores	16
2.5.4	Poder de negociación de los proveedores.....	16
2.5.5	Amenaza de productos y servicios sustitutos	17
2.5.6	Poder de negociación de los clientes.....	17
2.5.7	Rivalidad entre competidores.....	18
3	CAPITULO III.....	19
3.1	SINTESIS DEL METODO R.C.M.	19
3.1.1	Mantenimiento	19
3.1.2	Tipos de mantenimiento.	19

3.1.3	Normas y leyes asociadas a la propuesta.....	20
3.1.4	Selección de estrategias de mantenimiento	23
3.2	CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ A.M.E.F.....	25
3.3	RECOLECCIÓN DE DATOS	28
3.3.1	Análisis general de detenciones.	28
3.3.2	Recolección de datos generales prensa ecológica.	28
3.4	DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO A ESTUDIAR.	30
3.4.1	Prensa ecológica ARIETE 480.....	30
3.4.2	Descripción de los componentes.	30
3.4.3	Ciclo de trabajo.	41
3.4.4	Descripción de fallas.	42
3.4.5	Definición de funciones.	42
3.5	APLICACIÓN DE ÁRBOL DE FALLAS.	46
3.6	APLICACIÓN DE LA MATRIZ A.M.E.F.....	47
3.6.1	Identificar modos de falla.....	47
3.6.2	Identificar efectos de falla.	47
3.6.3	Identificar causas de falla.	47
3.7	ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA.....	49
3.7.1	Sistema hidráulico.	49
3.7.2	Sistema mecánico.....	50
3.7.3	Sistema eléctrico.	50
3.7.4	Sistema estructural.	51
4	CAPITULO IV	52
4.1	METRICAS DE MANTENIMIENTO.	52
4.1.1	MTBF.....	52
4.1.2	MTTR.....	52
4.1.3	Disponibilidad.	53
4.1.4	Confiabilidad.....	53
4.2	PLAN DE MANTENIMIENTO.	55
4.2.1	Hojas de decisión R.C.M.....	55
5	CAPITULO V	57
5.1	CONCLUSIONES.	57
5.1.1	Conclusiones generales.	58
5.2	RECOMENDACIONES.	60
6	BIBLIOGRAFÍA.....	62
7	LINKOGRAFIA.....	63

8 ANEXOS..... 64

ANEXOS

Anexo A Fotografías de la planta:	64
Anexo B Proceso de reciclaje:	66
Anexo C Ficha técnica de montacargas:	66
Anexo D Montacargas:	67
Anexo E fotografía de camión ampliroll:	68
Anexo F Ficha técnica camiones:	69
Anexo G Pala mixta:	70
Anexo H: Imagen de pesa romana:	71
Anexo I Ficha técnica pesa romana:	73
Anexo J Ficha técnica grúa pluma:	74
Anexo K: Fotografía de prensa ecológica:	75
Anexo L Ficha técnica prensa ecológica:	76
Anexo M Diagrama de decisión RCM:	77
Anexo N Severidad:	78
Anexo O: Detección de ocurrencia	79
Anexo P: Detección de probabilidad de falla	80
Anexo Q: Desglose de componentes prensa ecológica:	81
Anexo R: Identificación de componentes:	82
Anexo S Esquema hidráulico:	85
Anexo T: Cantidad de fallas sistema hidráulico:	86
Anexo U: Cantidad de fallas sistema mecánico:	87
Anexo V: Cantidad de fallas sistema eléctrico:	88
Anexo W Cantidad de fallas sistema estructural:	89
Anexo X Árbol de fallas:	90
Anexo Y Aplicación del árbol de fallas:	93
Anexo Z AMEF Subsistema hidráulico:	98
Anexo AA AMEF subsistema mecánico:	106
Anexo BB AMEF Subsistema eléctrico:	110
Anexo CC AMEF subsistema estructural:	113
Anexo DD Hoja de decisión RCM sistema hidráulico:	116
Anexo EE Roja de decisión RCM sistema mecánico:	118
Anexo FF Hoja de decisión RCM Sistema eléctrico:	120
Anexo GG Hoja de decisión RCM sistema estructural:	121
Anexo HH Precauciones para realizar cualquier tipo de mantenimiento:	1
Anexo II Plan de mantenimiento A:	2
Anexo JJ Plan de mantenimiento B:	3

Anexo KK Plan de mantenimiento B Válvula de seguridad: 4

Anexo LL Plan de mantenimiento Polea-Correa: 5

Anexo MM Mantenimiento base de la maquina: 6

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Organigrama de la empresa	7
Figura 2-2 interacción del proceso	13
Figura 2-3 micro y macroambiente	15
Figura 2-4 Modelo de las 5 fuerzas de Porter.....	16
Figura 3-1 Diagrama de Pareto TTR	28
Figura 3-2 Despiece de bomba de engranajes	30
Figura 3-3 Bomba de pistones	31
Figura 3-4 Cilindro doble efecto	32
Figura 3-5 Partes de un presostato.....	32
Figura 3-6 Partes de un manómetro.....	33
Figura 3-7 Electro válvula de 5/3 vías.....	33
Figura 3-8 Deposito hidráulico.....	34
Figura 3-9 Mangueras hidráulicas	34
Figura 3-10 Filtro de aceite	35
Figura 3-11 Motor Diesel	35
Figura 3-12 Catalítico.....	36
Figura 3-13 Partes de un radiador.....	36
Figura 3-14 Poleas – correas	37
Figura 3-15 Chapa de contacto	37
Figura 3-16 Batería.....	38
Figura 3-17 Motor de arranque.....	38
Figura 3-18 Caja de fusibles.....	39
Figura 3-19 Ventilador	39
Figura 3-20 Parada de emergencia	40
Figura 3-21 Partes de un rodamiento.....	40
Figura 3-22 Total de detenciones sistemas prensa ecológica	42
Figura 4-1 Hoja de decisión RCM.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1encabezado matriz AMEF 25

Tabla 3-2NPR 27

Tabla 3-3 Fallas por año 29

1 CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN.

La ingeniería en mantenimiento ha ido evolucionando desde el inicio de la era industrial, sufriendo grandes cambios a lo largo del desarrollo de las industrias a través del tiempo; inicialmente el mantenimiento solo se enfocaba en preservar la integridad del activo mediante acciones correctivas, luego se fue desarrollando una nueva visión sobre la importancia la cual tenía mantener los equipos en constante operabilidad, hasta convertirse en uno de los pilares estratégicos de los negocios mostrándose como una inversión que en corto, mediano o largo plazo implicarán una rentabilidad financiera mayor al optimizar la condición de los activos garantizando así un incremento en la producción de bienes o servicios reduciendo los costos fijos existentes.

Para que una empresa se mantenga activa en el mercado actual debe buscar diferentes herramientas y mecanismos para integrar esta visión moderna del mantenimiento a sus procesos productivo o en consecuencia se podría poner en riesgo y atentar contra los objetivos del negocio, pudiendo de alguna manera generar pérdidas incalculables o finalmente llevar a la quiebra la empresa.

La empresa FINAMET Ltda. de la comuna de Coronel posee una importante labor en la región, debido a que es una de las dos empresas que poseen el servicio de briqueteado de metales, siendo indispensable su función para el proceso de reciclado en este tipo de material en la octava región. En la actualidad se reciclan cerca de 390.000 toneladas de chatarra en Chile. Con el reciclaje de chatarra se reduce significativamente la contaminación de agua, aire y los desechos de la minería aproximadamente en un 70%. Asimismo, obtener aluminio reciclado reduce un 95% la contaminación del aire, ahorra un 90 por ciento de la energía consumida al elaborarlo y contribuye a la menor utilización de energía eléctrica, en comparación con el procesado de materiales nuevos. Es por eso que el proceso de reciclaje de chatarra debe tener un flujo constante.

El proceso de briqueteado en la empresa no presenta un mantenimiento preventivo más allá de las mantenciones recomendadas por el fabricante (Cambio de filtros, cambio de aceite, cambio de correas, etc.) lo que en ocasiones específicas han producido un problema para la producción de la empresa generando retrasos en la entrega de lotes y un aumento de chatarra en el área de acopio, dejando a la organización sin espacio suficiente para la compra de metales perdiendo potenciales clientes que van a dejar su chatarra a cambio de dinero.

En este proyecto se realizará un análisis FTA (árbol de falla) el cual se utilizará para comprender cómo pueden fallar los sistemas e identificar las mejores formas de reducir un riesgo de un nivel en particular de un activo.

Luego de aplicar el árbol de fallas se debe realizar un análisis de los modos y efectos de fallas mediante la herramienta AMEF (análisis de modos y efectos de fallas), el cual consiste en analizar de forma técnica una serie de fallas, obteniendo sus causas y efectos provenientes del equipo más crítico del proceso de reciclaje de la empresa FINAMET, con el fin de obtener información necesaria para la posterioridad elaborando un plan de mantenimiento basado en confiabilidad mediante una hoja de decisión y generar recomendaciones para crear un área de mantenimiento preventivo, el cual en el mejor de los casos pueda evitar o repararla de forma rápida y eficaz las fallas presentes en el análisis, disminuyendo la tasa de detenciones que existe en el proceso y aumentando su disponibilidad y confiabilidad.

1.2 **OBJETIVOS.**

1.2.1 Objetivo general.

Elaborar un plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad R.C.M en prensa ecológica en la empresa de excedentes industriales FINAMET.

1.2.2 Objetivos específicos.

1. Describir la empresa y analizar el proceso productivo de reciclaje.
2. Analizar la prensa ecológica mediante la metodología RCM en empresa de excedentes industriales FINAMET.
3. Desarrollar un plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad a partir del análisis realizado y los resultados obtenidos en la prensa ecológica.

1.3 METODOLOGÍA.

En el siguiente apartado se dará a conocer la metodología con la cual se resolverán los objetivos específicos propuestos en este trabajo, planteándolos de forma jerárquica, es de decir, de lo más general a lo más particular, con el fin de abarcar toda la problemática establecida.

Estas metodologías deben responder a cada uno de los objetivos específicos propuestos de una forma lógica, así obtendremos resultados, los cuales podremos analizar y verificar si nuestro objetivo general se puede llevar a cabo.

1.3.1 Metodología 1.

4. Objetivo específico 1: Describir la empresa y analizar el proceso productivo de reciclaje.
 - Descripción del procesamiento de la chatarra en FINAMET mediante una definición de la empresa y su organización para poder obtener una visión general del enfoque de esta y entender el procesamiento de reciclaje de metales que la empresa tiene tanto a nivel regional como a nivel de procesos internos con herramientas prácticas como:
 1. Diagrama de flujo
 2. Diagrama de bloques
 3. Planos
 4. Fotografías
 - Clasificación del material el cual se procesa en la empresa para diferenciar el tipo de chatarra que se compra y vende para reciclaje.
 - Estudio preliminar del mercado mediante la aplicación del modelo de las 5 fuerzas de Porter para poder realizar una cuantificación de la demanda y los clientes que tiene la empresa en su contexto económico y posición en el mercado.

1.3.2 Metodología 2

Objetivo específico 2: Analizar la maquina briquetadora mediante la metodología RCM en empresa de excedentes industriales FINAMET

- Síntesis del método RCM en un contexto aplicable al caso de estudio.
- Justificación de la utilización del método R.C.M en la prensa hidráulica mediante un diagrama de Pareto.
- Aplicación de herramienta árbol de fallas.
- Aplicación de herramienta análisis de modos y efectos de fallos.
- Análisis de las herramientas aplicadas.

1.3.3 Metodología 3

Objetivo específico 3: Desarrollar un plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad a partir del análisis realizado y los resultados obtenidos en la prensa hidráulica.

- Definición de aplicabilidad de tiempo medios entre fallas y tiempo medio para reparar.
- Elaboración de una matriz de mantenimiento.
- Conclusiones y recomendaciones finales

2 ANTECEDENTES

2.1.1 Descripción de empresa

FINAMET es una empresa chilena ubicada en la comuna de Coronel, Región del Biobío, creada el año 2009 la cual se dedica al acopio, comercialización y reciclado de excedentes industriales tales como metales no ferrosos (inoxidable, bronce, aluminio, cobre), chatarra de fierro, latas, maquinarias, equipos y cualquier desecho metálico no peligroso. En el ANEXO A se muestran imágenes del centro de acopio.

La empresa posee una planta de acopio de 6.800 mts², donde se realiza el procesamiento del material utilizando maquinarias de última generación, resguardando cada uno de los procesos de la normativa de seguridad requerida e incorporando tecnología en cada uno de sus procesos.

Pertenece al Sistema Nacional de Declaración de Residuos SINADER perteneciente al Sistema de Ventanilla Única de Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes RETC del Ministerio del Medio Ambiente. Desde el año 2016 posee certificación de la Norma ISO 9001:2008

2.1.2 Misión

Ser una empresa que brinde una gestión integral en la clasificación, recuperación y preparación para el reciclaje de los excedentes industriales metálicos, entregando un producto y servicio confiable y de calidad a nuestros actuales y potenciales clientes, integrando innovación tecnológica a los distintos procesos, participando de una manera activa y sostenible en el mantenimiento del medio ambiente.

2.1.3 Visión

Ser una empresa líder en el mercado regional de la recuperación y reciclaje de excedentes industriales metálicos generando conciencia ecológica en la industria y en la sociedad.

2.1.4 Equipo

Nuestro equipo de trabajo está compuesto por profesionales de trayectoria en el manejo y tratamiento de metales, así como también en las áreas comerciales y administrativas.

2.1.5 Organización de FINAMET

La organización de la empresa se divide en 4 categorías, gerencia (marcado en celeste), Asesores comerciales (marcado en color gris), jefes de área (color rojo) y por último los trabajadores jornales, oxigenista y choferes.

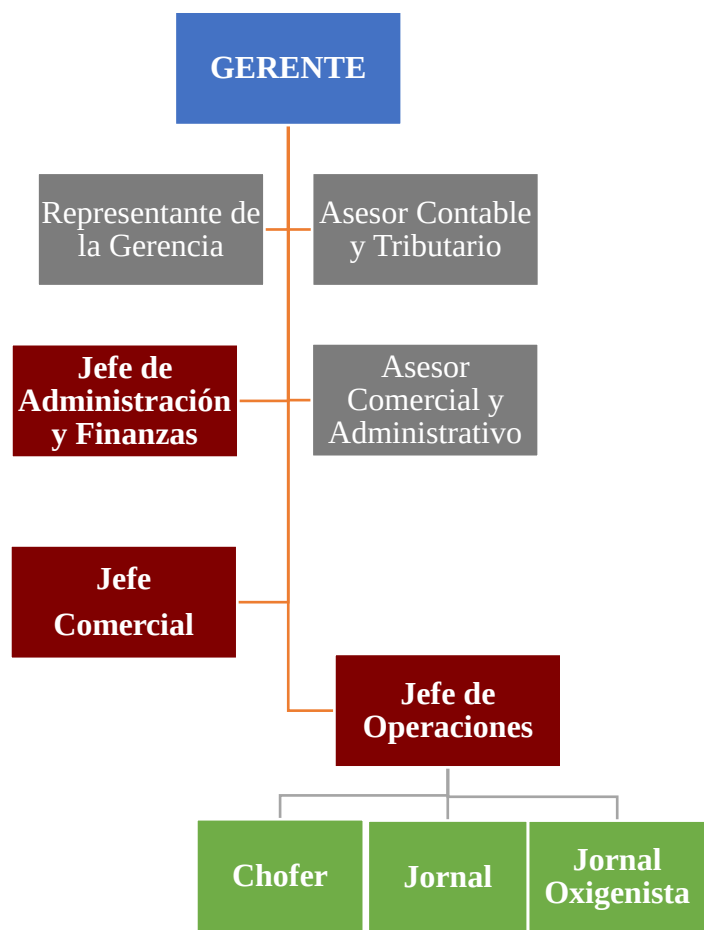


Figura 2-1 Organigrama de la empresa
(FINAMET LTDA.)

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

La empresa de excedentes industriales “FINAMET” se caracteriza por ser uno de los recintos con mayor actividad de reciclaje dentro del área metropolitana del gran concepción. Esta característica implica que su nivel de producción debe ser eficiente para poder abastecer a las empresas asociadas a este proceso de reciclaje. La cantidad de materia prima que se procesa dentro de la empresa es elevada y por ende debe poseer un flujo constante de salida para no sobre cargar el centro de acopio. Si esto llegase a ocurrir la empresa deja de comprar material y los proveedores buscan nuevas alternativas para comercializar su materia prima.

Uno de los mayores problemas que se detectaron dentro de la organización fue la criticidad de uno de sus activos dentro de su proceso productivo, alterando las fechas de entrega por parte de la empresa. Esto se transforma directamente en una pérdida de dinero y que al mismo tiempo podría significar problemas con los clientes que esperan cierto nivel de confiabilidad en la entrega de la materia prima. El activo que presenta esta criticidad es la Prensa ecológica la cual debe trabajar la mayor parte del día prensando el fierro que no puede venderse sin antes ser procesado.

Las briquetas comercializadas forman parte del 60% del ingreso a la empresa por lo que su disponibilidad y confiabilidad debe ser en lo posible al cien por ciento.

Se analizo el historial de vida del activo para conocer su comportamiento de trabajo y conocer su porcentaje de fallas el cual indico que la maquina tiene una alta tasa de fallas en el subsistema hidráulico y motriz por diferentes motivos, ya sean fallas mecánicas, de diseño, de operación entre otras. Estas fallas en los subsistemas mencionados hacen que el activo se detenga durante un tiempo determinado, teniendo que parar el proceso de reciclaje.

Que un equipo en el proceso se detenga inesperadamente puede significar muchas variables, como, por ejemplo, que la mantención preventiva se esté aplicando de mala manera según los síntomas que presentan los equipos, que los repuestos usados no son los recomendados por el fabricante o que posea una mala operación por parte de los operarios. Al realizar un análisis de fallas se puede determinar la real causa del alto porcentaje de fallas que presentan los activos, planteando una solución de manera eficiente que pueda disminuir el número de fallas y tener una producción más eficiente, sin tener que tener perdidas dentro de la organización.

2.3 MOTIVACIÓN.

La empresa en la cual está asociada el estudio tiene una labor importante dentro de la región, esto se debe a que su función principal es reciclar metales que luego son comercializados a empresas locales, como Huachipato y Gerdau AZA.

Primero que nada, reciclar es importante porque ayuda al medio ambiente de nuestro planeta, pues en los últimos años nuestro planeta se ha contaminado por culpa de los seres humanos, que no somos conscientes del daño que estamos causándole a nuestro planeta al no reciclar y ensuciar. Dentro de la alta gama de compuestos que se pueden reciclar FINAMET recicla materiales ferrosos y no ferrosos como acero inoxidable, bronce, aluminio, cobre, chatarra de fierro, latas, maquinarias, equipos y cualquier desecho metálico no peligroso.

FINAMET más allá de ser una empresa que aporta en la difícil tarea de crear consciencia de la importancia que tiene el reciclaje, esta empresa ayuda a abastecer a empresas regionales dedicadas a la producción de fierros y estructuras derivadas de productos reciclados que al mismo tiempo generan una gran cantidad de empleos dentro de la región. Si se lograra que los procesos se mantengan en un alto nivel de operabilidad, el porcentaje de reciclaje se mantiene constante y la empresa logra cumplir sus objetivos dentro de la región.

El proceso desarrollado por la empresa es uno de los pocos dentro de la región ya que solo dos empresas presentan la prensa hidráulica ecológica de tal tamaño, haciendo que su disponibilidad y confiabilidad sean de gran importancia para la empresa y la región dado que FINAMET también realiza trabajos anexos a empresas recicladoras que no poseen la tecnología adecuada para generar briquetas.

2.4 CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE RECICLAJE.

2.4.1 Clasificación del material.

La demanda de chatarra metálica de alta calidad y de materias primas secundarias de alta calidad aumenta constantemente. Numerosas plantas convencionales de recuperación y reciclaje de metal no cuentan con los equipos necesarios para poder satisfacer la demanda de mayor calidad en la clasificación de metales. Además, cada vez más países disponen de normativas que obligan a procesar los materiales, clasificar la chatarra metálica y recuperar material de valor para facilitar el desecho de los materiales residuales. La chatarra comercializada debe estar libre de contaminantes como Gomas, grasas, aceites, presencia de tierra concreto y ladrillos, presencia de aislantes o plásticos, presencia de cilindros o amortiguadores, presencia de cobre o plomo, oxidación, etc. Si no cumple con las condiciones de densidad y/o presenta alguno de los contaminantes mencionados los lotes son rechazados por el cliente. Alguno de los metales que se reciclan en FINAMET son:

- Chatarra Tipo A1: Espesor mayor a 6 mm
 1. Planchas
 2. Rieles
 3. Fierro de hormigón
 4. Vigas
 5. Estrobos
 6. Bolas de molienda

- Chatarra tipo R (fundido):
 1. Piezas de fundición
 2. Tuberías
 3. Estructuras
 4. Carcasas
 5. Block de motores
 6. Válvulas.
 7. Proveniente de chatarra de desechos minero e industrial.

- Chatarra tipo B (pesada larga): Espesor más de 6 mm y Largo más de 1.20 metros:
 1. Latón todo tipo
 2. Fierro de construcción
 3. Planchas
 4. Rieles
 5. Vigas
 6. Estrobos
 7. Tubos
 8. Estructuras

- Chatarra tipo P (prensable): Espesor menor a 6 mm:
 1. Marcos de ventana
 2. marcos de bicicletas
 3. zunchos
 4. carrocerías de automóviles
 5. Despunte de latas
 6. Estufas
 7. Latones
 8. Tapas de tambores
 9. Tambores
 10. Refrigeradores

2.4.2 Servicios de reciclaje.

Los metales, a diferencia de otros materiales como los polímeros termoplásticos, pueden ser reciclados casi indefinidamente, recobrando sus propiedades iniciales. Sin embargo, la posibilidad de una recuperación económica depende de cómo se empleó el metal inicialmente y de su reactividad. El cobre, el plomo y el acero pueden reciclarse varias veces, a menudo con una pequeña disminución de calidad.

En el mercado mundial la demanda de chatarra está en relación con la estructura de la industria y la disponibilidad de tecnologías de producción para crear un valor agregado a partir de las materias primas. Este mercado complejo depende de las decisiones de varios actores independientes, como los comerciantes de chatarra, intermediarios, desmanteladores y fundidores.

FINAMET es una empresa de excedentes industriales la cual realiza desarme de estructuras en construcciones e instalaciones con el propósito de reciclar el material producto del desarme. Además, brinda el servicio de retiro de excedentes industriales a empresas y compra de material a terceros. La organización desarrolla sus actividades según la ley 20920 que establece el marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje. Esta ley tiene por objeto disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, a través de la instauración de la responsabilidad extendida del productor y otros instrumentos de gestión de residuos, con el fin de proteger la salud de las personas y el medio ambiente.

Con el objetivo de tener un proceso moderno, eficiente y confiable de reciclaje en el año 2009 crea una nueva área de reciclaje adquiriendo su máquina prensadora de chatarra para poder comercializar briquetas de fierro prensable bajo la ley especificada anteriormente, convirtiéndose en el proceso de mayor importancia dentro del procesamiento de reciclaje de la chatarra haciendo que su fallo sea perjudicial tanto como para el proceso de reciclaje y la utilidad de la empresa.

2.4.3 Proceso de reciclaje.

La empresa principalmente desarrolla su actividad en el desarme de estructuras, de donde obtiene la materia prima secundaria, pero también gran parte de la chatarra acumulada en el centro de acopio pertenece a la compra a terceros tanto en el local como el retiro de escombros a empresas. Dadas las circunstancias de la obtención del material el procesamiento de este comienza su tratamiento de reciclaje de 3 distintas maneras, donde en dos de los procesos de obtención de chatarra se utiliza un medio de transporte por parte de la empresa, dejando solo la compra a terceros en el local directamente a la clasificación del material.

Luego que el material es clasificado según el tipo de fierro (prensable, largo, corto) o materiales no ferrosos, se dirige a la pesa romana donde todo el material es pesado e ingresado a inventario para posteriormente distribuirlo en el centro de acopio. Parte de este material se comercializa a empresas minoristas que compran metal para reutilizarlo, este metal es vendido a granel sin ser procesado, aunque el mayor ingreso de la organización se enfoca en la venta de briquetas de chatarra a grandes empresas.

Con el material ya clasificado se procede a apilar en corrales separados, facilitando el proceso de preparación de cargas y un mejor funcionamiento de las grúas (que transportan las cargas de un lugar a otro). La separación mediante los corrales permite ampliar la capacidad de stock y evitar la contaminación de elementos, dividiendo sectores para bolas, briquetas, chatarra de primera o despuntes, chatarra de segunda, hierro fundido, entre otros.

La fuente más importante de materia prima prensable son los automóviles en desuso, seguidos de las demoliciones de estructuras de acero, de vagones y rieles de tren gastados, y de artefactos y maquinaria. Debido a la gran variedad de características químicas y físicas, la chatarra descrita requiere más preparación, como la clasificación, desarme y desestañado. Luego de la clasificación se dispone a briquetear el metal seleccionado por medio de una grúa integrada que lo ingresa a la prensa ecológica la cual crea las briquetas que luego son apiladas en el corral seleccionado mediante un montacargas. El producto final es inspeccionado, pesado y etiquetado para luego ser transportado a las empresas que terminan el proceso de reciclado fundiendo la chatarra en convertidores básicos de oxígeno, hornos de arco eléctrico y en altos hornos. La presencia de elementos residuales como zinc, cobre, cromo y molibdeno pueden causar defectos en el producto final, por lo que a veces es necesaria la dilución con chatarra limpia, hierro de reducción directa o arrabio. En el ANEXO B se muestra un diagrama de flujo del proceso de reciclado en FINAMET.

A continuación, se muestra un diagrama de la interacción del proceso de reciclado de la chatarra en la empresa FINAMET.

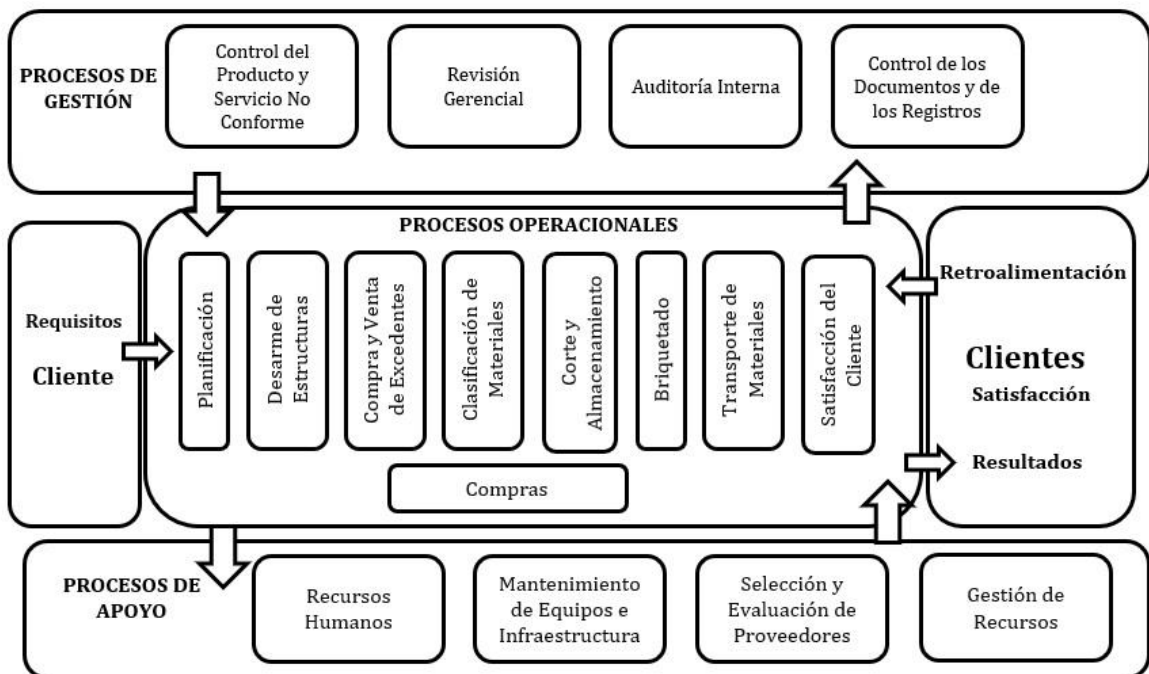


Figura 2-2 interacción del proceso

(FINAMET LTDA.)

2.4.4 Descripción de activos en el procesamiento de briquetas.

Según el diagrama presentado anteriormente se describen los activos que conforman el proceso de reciclaje de la chatarra dentro del centro de acopio.

- Montacargas: Un montacargas es un vehículo contrapesado en su parte trasera, que se utiliza para subir, bajar y transportar palés, contenedores y otras cargas como briquetas de distintos materiales. Tiene dos barras paralelas planas en su parte frontal que se utilizan para realizar los movimientos requeridos para transportar la carga. Generalmente se utiliza para desplazar las briquetas terminadas del área de producción. En el ANEXO C y D se muestran las fichas técnicas e imágenes del montacargas.
- Camión: Es usado para transportar el material a procesar y el producto que comercializa la empresa (briquetas), la empresa posee 4 camiones que poseen una función propia. En el ANEXO E y F se muestran las fichas técnicas e imágenes de los camiones
- Pala mixta: Se denomina pala mixta a una cargadora de mediana potencia que monta sobre un tractor de neumáticos un equipo de pala cargadora en su parte delantera y una retroexcavadora en su parte posterior. Es una máquina adecuada para múltiples trabajos generales sin especificación propia. Resulta rentable para empresas pequeñas y medianas por su versatilidad y rendimiento económico. En el ANEXO G se muestran las fichas técnicas e imágenes de la pala mixta
- Pesa romana: Las básculas para camiones se usan en el mundo entero. Empresas grandes y pequeñas, y también las agencias de transporte, deben pesar camiones con todo tipo de carga: desde maíz y carbón hasta bienes duraderos y desechos sólidos.

FINAMET tiene una báscula para camiones enteros, estas son plataformas de pesaje están compuestas por varios módulos, o secciones de plataforma, que se unen entre sí hasta alcanzar una longitud suficiente como para que quepa todo el camión. Este es el tipo más común de báscula para camión, debido a que los requisitos legales para este tipo de comercio especifican que se debe pesar todo el camión de una vez. En el ANEXO H y I se muestran las fichas técnicas e imágenes de la pesa romana en FINAMET.

- Grúa pluma: Una grúa es una máquina destinada a elevar y distribuir cargas mediante un gancho. Existen distintos tipos de grúas, cada una se adapta a un propósito específico. Los tamaños se extienden desde las más pequeñas grúas de horca, usadas en el interior de los talleres a grúas torres, usadas para construir grandes edificios.

La grúa pluma está anclada al suelo, básicamente se compone de una viga horizontal de celosía llama pluma y el pilar vertical llamado torre. Al final de la torre está la corona donde gira la pluma. La pluma tiene unos contrapesos en un extremo para generar el balance y también va cargada en el cimientado para conseguir el momento de empotramiento necesario para funcionar. Dentro del proceso de reciclaje se utiliza para desarmar y mover todo tipo de estructuras que luego son llevadas al centro de acopio. Su uso también se utiliza en el traslado de material dentro del recinto permitiendo mover grandes cantidades de material con una garra hidráulica o un electro imán. En el ANEXO J se muestran las fichas técnicas e imágenes de la grúa pluma

- Prensa ecológica: La prensa ecológica de metales, modelo ARIETE 480, es una máquina hidráulica que posee un carro para ser transportada en camiones, la cual está destinada a compactar material metálico. Se utiliza para crear briquetas de metal las cuales son comercializadas. En el ANEXO K y L se muestran las fichas técnicas e imágenes de la prensa ecológica.

2.5 ESTUDIO PRELIMINAR DEL MERCADO.

2.5.1 Cinco fuerzas de Porter.

Modelo estratégico el cual se basa en identificar las 5 fuerzas que determinan las consecuencias de rentabilidad a largo plazo de una empresa en determinado entorno. Esta herramienta fue creada por el profesor Michael Eugene Porter, considerado el padre de la estrategia empresarial actual. Una organización utiliza el modelo de las 5 fuerzas de Porter cuando desea desarrollar una ventaja competitiva respecto a sus rivales, analiza su posición estratégica y busca iniciar acciones que lo hagan mejorar y cambiar sus desventajas a su favor.

Una organización es afectada por múltiples factores donde se pueden definir dos áreas importantes, el macro ambiente y el microambiente. A continuación, se muestra la gráfica de los factores.

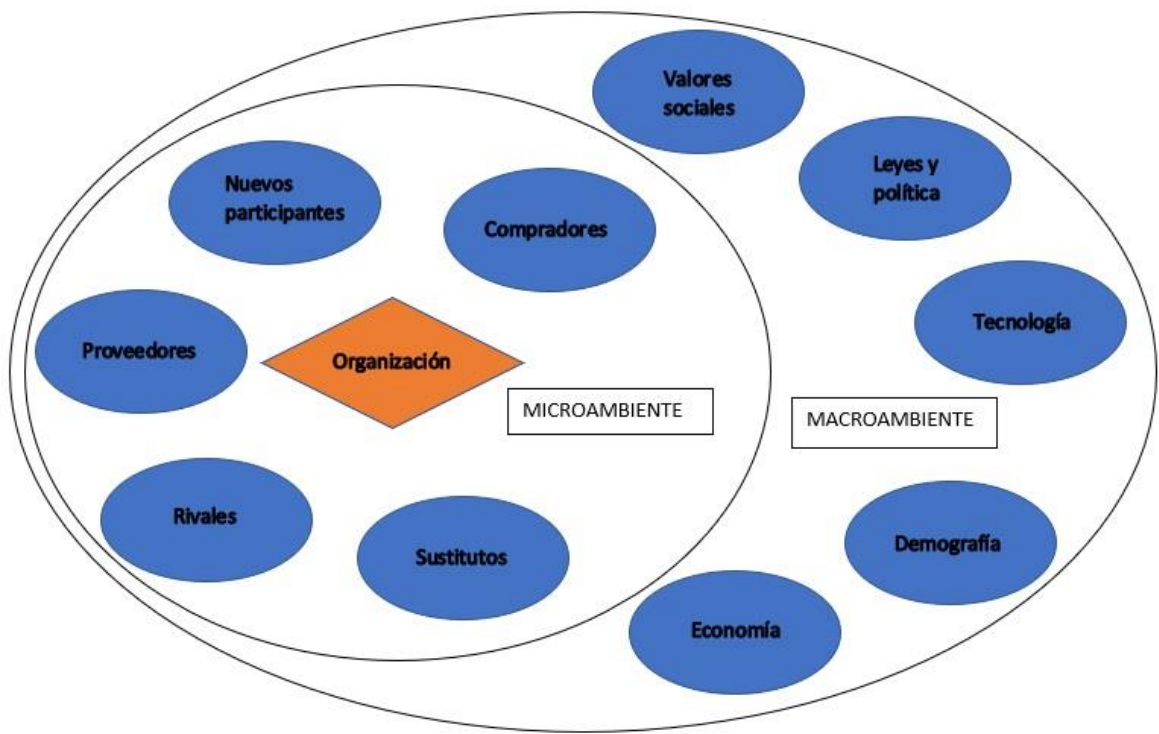


Figura 2-3 micro y macroambiente

(Elaboración propia)

En el microambiente también llamado como el ambiente competitivo se puede observar que los factores más cercanos a la organización, son los que la afectan directamente y se presentan como las 5 fuerzas de Porter. En cambio, los factores del macroambiente se muestran externos a los factores que pueden afectar directamente a la estrategia aplicada a la organización.

2.5.2 Modelo de las cinco fuerzas de Porter.



Figura 2-4 Modelo de las 5 fuerzas de Porter.

(Google imágenes)

Para analizar el modelo de las 5 fuerzas de Porter, primero que nada, se definen 4 factores principales los cuales se unen y crean el 5 factor, la rivalidad con los competidores. En el grafico se observan las 4 principales fuerzas.

2.5.3 Amenaza de nuevos competidores

Hace referencia a los nuevos productos o nuevos competidores al mercado. Este factor define el tipo de barrera de entrada, que nos indica la dificultad que permite la entrada de nuevos competidores. En el caso de FINAMET se debe tomar en cuenta las empresas relacionadas con su rubro, para este caso se encasillará a la organización en una empresa dedicada al reciclaje de acero donde sus competidores deben tener en cuenta al menos 6 barreras:

1. Economías de escala
2. Diferenciación del producto
3. Requerimiento de capital
4. Desventaja en costos independientemente de la escala
5. Acceso a canales de distribución
6. Política gubernamental

Como las empresas recicladoras no generan productos, las barreras se enfocan mayormente en el requerimiento de un gran capital, desventaja en costos independientemente de la escala, acceso a canales de distribución y la política gubernamental.

2.5.4 Poder de negociación de los proveedores

Se refiere a una amenaza sobre la industria por parte de los proveedores, debido al poder que estos disponen tales como:

1. Numero de grado de concentración.
2. Especificidad de los insumos.
3. Impacto de los insumos en el costo de la industria.

Mientras menos cantidad de proveedores existan mayor será la capacidad de negociación, ya que, al no haber tanta oferta de insumos, estos pueden aumentar fácilmente sus precios.

Para una empresa recicladora como FINAMET, los insumos son otorgados por una alta cantidad de proveedores, estos pueden ser: personas particulares dueñas de su “chatarra”, empresas que contraten los servicios de desmantelación, retiro de excedentes industriales y los remates donde subasten este tipo de materiales. Los insumos utilizados en el procesamiento de la chatarra también se encuentran con una alta tasa de oferta por parte de sus proveedores. En conclusión, el poder de negociación en este sector es alto lo cual resulta positivo para la organización.

2.5.5 Amenaza de productos y servicios sustitutos

Son los bienes que compiten en el mismo mercado y que satisfagan la misma necesidad. Un segmento no es atractivo si existen sustitutos reales o potenciales, los cuales pueden estar tecnológicamente avanzados o puedan obtener precios más bajos reduciendo los márgenes de utilidad de la industria. A continuación, se muestran los factores asociados:

1. Propensión del comprador a sustituir
2. Precios relativos de los productos sustitutos
3. Coste o facilidad de cambio del comprador
4. Disponibilidad actual y futura
5. Nivel percibido de diferenciación de producto

Los residuos no peligrosos (chatarra) no tienen las dimensiones y atributos normales de un producto elaborado, el cual cumple con requisitos asociados a funcionalidad, calidad y precio, atributos que son valorados por los clientes. En consecuencia, la chatarra por ser un producto de desecho no está sometido a competencia directa ni indirecta, por lo tanto, no se distingue amenaza de sustitución.

La diferenciación del producto solamente se distingue a través de la clasificación y la cantidad de contaminantes que pueda contener la cual determina el precio de venta.

2.5.6 Poder de negociación de los clientes

Se define como la capacidad de negociación con la que cuentan los clientes de un determinado sector. Cuando los compradores son pocos, están organizados o más informados, mayor es la exigencia en materia de reducción de precios, calidad y mejores servicios. Alguno de los factores asociados a el rubro del reciclaje industrial:

1. Concentración de compradores.
2. Grado de dependencia.
3. Posibilidad de negociación.
4. Volumen comprador.
5. Costos o facilidades del cliente al cambiar de proveedor.

6. Disponibilidad de información,
7. Existencia de sustitutos.
8. Capacidad de integrarse.

Las empresas que compran material industrial a FINAMET son las que reciclan el metal para crear distintos tipos de estructuras, bolas para molienda, fierros para la construcción, etc. Estas empresas compran según el volumen disponible a la venta en el centro de acopio, dando ventajas a la empresa si es que su stock es suficientemente alto. A mayor volumen y calidad la empresa obtiene un mayor valor de venta, es por eso que la empresa debe estar constantemente comprando material y produciendo briquetas para su comercialización.

2.5.7 Rivalidad entre competidores

hace referencia a las empresas que compiten directamente en la misma industria, ofreciendo los mismos servicios o productos. Esta fuerza es el resultado de las 4 fuerzas anteriores, la cual determina el grado de rivalidad. La rivalidad aumenta en la industria a medida que:

1. Se eleve la cantidad de competidores.
2. Se vayan igualando en tamaño y capacidad.
3. Disminuya la demanda de productos.
4. Se reduzcan los precios.

Para analizar la rivalidad entre las empresas en la industria del reciclaje, se definió su postura frente a las cuatro amenazas previamente estudiadas. FINAMET posee un proceso de reciclado el cual no tiene competencias en la región, dado a que el comprador del material (Gerdau aza) es la única empresa que presenta una maquina con tales características, haciendo que su postura frente a un microambiente económico sea favorable dado que para poder competir con su mayor fortaleza se necesita de una gran cantidad de capital. Por otro lado, la empresa también recicla otro tipo de materiales siendo más accesible para las empresas que se interesen en este tipo de microambiente, siendo las barreras presentes las políticas gubernamentales, un espacio con las características necesarias para un centro de acopio y los accesos a los canales de distribución.

3 CAPITULO III

3.1 SINTESIS DEL METODO R.C.M.

3.1.1 Mantenimiento

Existen diversos significados para la palabra mantenimiento, en este caso hablaremos sobre el mantenimiento enfocado netamente en la definición de “un conjunto de acciones que tienen como objetivo preservar o restaurar un artículo de forma que pueda cumplir con una función determinada”. A raíz de esta definición se concluye el mantenimiento, como una serie de actividades que se aplica a un activo o un conjunto de activos para que puedan cumplir con sus funciones.

El mantenimiento industrial engloba las técnicas y procedimientos que permiten prever averías, efectuar revisiones, engrases y reparaciones eficaces, dictando normas de buen funcionamiento a los operadores de las máquinas, a los usuarios, y contribuyendo a los beneficios de la empresa. Es una organización de estudio que busca como objetivo principal lo más conveniente para los activos, tratando de alargar su vida útil de forma más rentable para el usuario.

Algunos de los objetivos específicos más destacables del mantenimiento son:

1. Evitar incidentes en la seguridad de los trabajadores.
2. Reducir, evitar o reparar fallas en los activos.
3. Disminuir el impacto de aquellas fallas que no pueden evitarse.
4. Reducir el tiempo de parada en la producción.
5. Conservar los equipos en buen estado y operativos.
6. Aumentar vida útil de los activos.

Para llevar a cabo un plan de mantenimiento de forma eficiente y eficaz, se debe aplicar ingeniería de mantenimiento, esta posee la función principal de poder definir los procedimientos, métodos, análisis de técnicas a utilizar, estudio de costos y los medios para realizar el procedimiento.

3.1.2 Tipos de mantenimiento.

Se han distinguido estos tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen.

- **Mantenimiento correctivo:** También conocido como mantenimiento reactivo, es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se presentan en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los operadores. Es el más costoso de los tipos de mantenimiento no solo por el trabajo que implica su implementación y los repuestos que deberán ser cambiados sino también por el lucro que conlleva y por los daños al medio ambiente u operarios.

- Mantenimiento preventivo: Es el mantenimiento que tiene por objetivo mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones en sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Tiene un carácter sistemático, es decir, se interviene el equipo, aunque no haya dado ningún síntoma de tener una avería.
- Mantenimiento Predictivo: Es el que busca conocer e informar permanentemente el estado y operatividad de los procesos mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea una indicativa de problemas que puedan estar presentes en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos.
- Mantenimiento Cero Horas: Es un procedimiento el cual consta de tareas que se realiza en intervalos programados antes de que aparezca algún fallo. El fin de este tipo de mantenimiento es revisar todos los sistemas y subsistemas de un proceso cuando la fiabilidad de los equipos ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a “cero horas” de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad, un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.
- Mantenimiento centrado en confiabilidad: Es un proceso utilizado para la determinación de hitos los cuales aseguren que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios requieren que haga dentro de su contexto operativo actual. Este método posee ciertos conceptos propios, que son la base para poder aplicarlo en un proceso o una máquina.

3.1.3 Normas y leyes asociadas a la propuesta.

Existen distintas formas de poder implementar en un proceso industrial el método de mantenimiento centrado en la confiabilidad, esto depende netamente del nivel de detalle que se busca analizar lo cual puede presentar un problema a lo largo, debido a las horas que se dediquen a hacer los análisis de fallas funcionales y modos de falla en el activo físico que se desee abordar.

Si se realiza un nivel de detalle demasiado genérico se puede obtener una visión errónea del estudio llevado a cabo, acabando con una estrategia de mantenimiento deficiente. Es por esto que a partir de estos márgenes se creó la norma SAE JA 1011 la cual por medio de parámetros se especificaron una serie de pasos a realzar para poder validar si la metodología aplicada se adapta al equipo examinado. Según la Norma se deben responder a 7 preguntas en el orden que se muestra de la siguiente forma:

1. ¿Cuáles son las funciones del equipo o sistema en su propio contexto operacional? (Estándares de funcionamiento)
2. ¿De qué manera el equipo o sistema puede dejar de cumplir sus funciones? (Fallas funcionales)
3. ¿Qué causa cada falla funcional? (Modos de falla)
4. ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla funcional? (Efectos de falla)
5. ¿En qué manera afecta cada falla funcional? (Consecuencias de la falla)
6. ¿Qué se debe hacer para prevenir la falla? (Tareas proactivas)
7. ¿Qué se debe hacer si una tarea proactiva conveniente no está disponible? (Acciones predeterminadas)

La serie de preguntas debe ser respondida secuencialmente, investigando con las distintas fuentes de información disponibles, (fabricante, operadores, mantenedores y máquinas de similares características en entornos operacionales comparables) para así definir correctamente los Programas de Mantenimiento a realizar y también la aplicación de manera apropiada.

La Norma SAE JA 1011 fue emitida en agosto del año 1999, después fue más profundizada en su versión SAE JA 1012 emitida en enero del año 2002. Incorporándose algunos nuevos conceptos y definiciones para poder lograr 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.

A continuación, se explican cada una de las referencias a las preguntas abordadas por la norma SAE JA 1012 en elocuencia al estudio de la maquina briquetadora de chatarra.

- Funciones: Las funciones de un activo físico o sistemas son dadas por el elemento en sí, es la razón por la cual fue adquirida por la compañía con la idea de satisfacer dicha necesidad a estándares determinados. Para poder encontrar las funciones de un activo físico o sistema se debe establecer su contexto operacional actual, en el que deben constar los siguientes 4 factores:
 1. Régimen de operación del equipo
 2. Disponibilidad de la mano de obra y repuestos
 3. Consecuencias de la indisponibilidad del equipo
 4. Objetivos de calidad, seguridad y medio ambiente.

Existen dos tipos de funciones que deben ser cubiertas por los activos físicos:

1. Funciones primarias
 2. Funciones secundarias.
- Funciones primarias: Las funciones principales de un activo físico básicamente se determinan por dos criterios; primero establecer cuál es la función que el propietario del activo quiere que realice y a qué nivel; segundo, que el activo físico este en capacidad de lograrlo.

- Funciones secundarias: Estas funciones hacen referencia a los aspectos de seguridad industrial, ambiental, integridad estructural, economía, eficiencia operacional, etc. Son todas las funciones que debe cumplir un activo más allá de su función primaria.
- Fallas funcionales: Cuando se definen las funciones y los parámetros de funcionamiento, la falla funcional se presenta como la incapacidad del activo físico de cumplir su función para la cual fue adquirido o que su rendimiento este bajo el nivel mínimo operacional. Para poder aplicar la conjunción de tareas apropiadas necesitamos identificar el tipo de fallas que puedan presentarse, esto se realiza en dos niveles, primero se debe identificar qué circunstancias llevaron a un estado fallido. Luego se realiza la investigación de qué situaciones son las causantes de que un bien caiga en ese estado de falla.
- Modos de falla: Es cualquier hito que cause una posible falla funcional, es decir una pérdida de funciones del activo. Estos deben ser descritos de la mejor forma posible, al mismo tiempo que se debe cuidar el grado de profundidad de la indagación de datos generada, esto puede causar que se obtenga información innecesaria y sin valor para la aplicación.
- Efectos de falla: Estos describen que ocurre cuando se presenta un modo de falla. Esta descripción debe ser precisa en qué forma se evidencia la falla para que los resultados de la metodología sean eficaces eliminando los efectos de falla. La descripción en si debe incluir toda la información necesaria que respalde la evaluación de las consecuencias de falla si es que las hubiera, estas pueden ser: evidencias de que la falla ocurrió, en qué manera representa una amenaza potencial para la seguridad o medio ambiente, de qué modo afecta a la producción u operaciones, existe algún daño físico causado por la falla y que debe hacerse para reparar la falla.
- Consecuencia de falla: Es una forma de cuantificar el nivel de importancia que poseen los efectos de falla. Las consecuencias pueden ser perjudiciales para la seguridad, el medio ambiente, calidad de producto, producción, servicio al cliente y costos. Las estrategias de mantenimiento se seleccionan cuidadosamente para cada causa de falla crítica basada en un procedimiento de decisión que utiliza la consecuencia como punto de partida.
- Tareas proactivas: Son tareas comenzadas antes de que ocurra el fallo, con el objetivo de prevenir que el componente llegue a un estado de falla. Engloban lo que comúnmente se denomina mantenimiento preventivo y predictivo, aunque el MCC utiliza los términos de reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y mantenimiento a condición.
- Acciones predeterminadas: se definen según la selección de estrategias de mantenimiento que pueda aplicarse dependiendo de las variables anteriormente mencionadas.

3.1.4 Selección de estrategias de mantenimiento

Siguiendo secuencialmente los pasos de la metodología RCM, se logra conocer en qué forma puede fallar el activo físico y cuáles serían las consecuencias separadas por prioridades y nivel de gravedad. Con esta información se pueden asignar los medios económicos, los cuales buscan sacar el mejor provecho a la planificación del mantenimiento, haciendo más eficiente el uso del recurso humano, insumos de mantenimiento, tiempo en paradas programadas y tareas proactivas.

Las decisiones para poder implementar el plan de mantenimiento están netamente dadas por las consecuencias de falla y los recursos que se deban asignar. A continuación, se presentan algunas de las estrategias que se pueden implementar como soluciones a las consecuencias de falla.

- Reacondicionamiento Cíclico: Consiste en reacondicionar la capacidad de un elemento o componente antes del límite de edad definido, independiente a su condición en ese momento.
- Sustitución Cíclica: Se aplica sustituyendo un elemento o componente antes del límite de edad definida, independientemente a cuál sea su condición en ese momento.
- Tareas a condición: 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: Se utilizan cuando en los casos de fallas de seguridad o de medio ambiente no existan tareas proactivas que reduzcan en forma responsable y considerable sus consecuencias, en este caso el rediseño es una acción a falta de.

Dentro de los pasos que se deben efectuar con mayor relevancia durante el proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad es poder separar las fallas evidentes de las fallas ocultas. Las fallas evidentes se definen como todas aquellas fallas que eventualmente se harán evidentes por si solas, es decir que los operarios puedan visualizar de forma inmediata. Normalmente estas fallas se presentan con alarmas, indicadores de temperatura o presión, consumo extra de energía, mala calidad del producto, humo, etc. En cambio, las fallas ocultas no se hacen evidentes por si solas a los operarios en circunstancias normales. Por lo general las fallas ocultas están relacionadas directamente con fallas en los equipos que pueden ser de gran envergadura y desembocar en consecuencias de seguridad o medio ambientales.

Conociendo las consecuencias de las fallas, se puede determinar un plan de acción que dependerá estrictamente según la clasificación asignada, esta indica si es necesario alguna tarea proactiva o de rediseño. Para el caso de los modos de falla que pueden tener 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 existe esa condición es obligatorio aplicar la acción de rediseño. En el caso de que la falla posea

consecuencias operacionales (fallas en la calidad del producto, falla en la producción 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. También existen las fallas no operacionales donde se decide realizar una tarea proactiva si en un período de tiempo, cuesta menos que el costo de reparar las fallas que pretende prevenir.

Para lograr determinar los recursos de mantenimiento a un proceso o activo físico, primero se deben jerarquizar las consecuencias de fallas que tienen mayor prioridad en cuanto a su criticidad específica. Esto se lleva a cabo posterior al análisis, donde se define cuales consecuencias serían de mayor importancia en el ámbito de seguridad, medio ambiental y operativo.

Para finalizar el proceso RCM se deben completar las “hojas de decisión”, las cuales resumen toda la información que permite otorgar tareas de estrategias de mantenimiento a seguir según la clasificación anteriormente nombradas. En el proceso RCM que se debe enfatizar que el primer argumento a tomar en cuenta es el de la seguridad de los operarios, luego posibles daños al medio ambiente o normativas medioambientales y finalmente el análisis con los problemas o contingencias operativas y no operativas con las que podría fallar el activo bajo estudio.

En el ANEXO M, se presenta el árbol lógico de decisión para las tareas de estrategias de mantenimiento del RCM.

3.2 CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ A.M.E.F

Para iniciar con la construcción de la matriz se debe enfocar el estudio bajo la norma UNE - EN 60812 que define como ítem mantenible al proceso que inicia con la descripción del contexto de operativo y la identificación de todos los subsistemas y componentes existentes en el activo.

Se puede definir un AMEF como una técnica de análisis “base cero” debido a que el estudio incorpora tanto los fallos que se hayan manifestado en el activo y fallos que aún no han ocurrido, pero exista cierta posibilidad de que ocurra. Los fallos arrojan consecuencias que deben ser medidos según su criticidad y severidad. A lo largo del análisis se establecen las condiciones normales de proceso (contexto operativo y funciones), las posibles fallas, las causas de raíz, los efectos y consecuencias. Para finalizar la aplicación del AMEF se proponen acciones o tareas efectivas para controlar las posibles consecuencias.

Se debe seguir el siguiente formato:

- Identificación del proceso o activo a estudiar: Se selecciona una empresa que posea un proceso productivo de interés el cual se busque mejorar su confiabilidad. Se realizará un estudio del equipo con mayor criticidad y porcentaje de falla en proceso de reciclaje en empresa de excedentes industriales FINAMET
- Definir funciones primarias y secundarias del activo: Se debe investigar según los datos recolectados en la empresa para poder obtener una visión completa del proceso del reciclaje y seleccionar una maquina particular para mejorar su disponibilidad.
- Crear la matriz dividida en columnas con el siguiente formato: Referencia, componente, función, falla funcional, modo de falla, efecto de falla, causa de falla, S, O, D, NP R
- Encabezado:

Referen cia	Compone nte	función	Falla funcion al	Modo de falla	Efecto de falla	Causa de falla	S	O	D	NP R
----------------	----------------	---------	------------------------	------------------	--------------------	-------------------	---	---	---	---------

Tabla 3-1encabezado matriz AMEF

(Elaboración propia)

- Identificar subsistemas y componentes a estudiar: Con el desglose del activo se buscan los subsistemas y componentes que lo componen. Los subsistemas se definen como un conjunto de componentes que conectados entre sí forman una parte funcional del equipo. En el estudio realizado a la maquina briquetadora se pueden diferenciar 4 subsistemas con sus respectivos componentes ejemplo:
- Análisis de modos de falla: Para cada componente previamente identificado se busca un posible modo de falla. Para poder identificarlo se debe responder a la pregunta ¿De qué forma podría presentarse la falla?

Los modos de falla potenciales o categorías de falla pueden ser identificados describiendo la forma en la cual el componente o subsistema falla. Se presentan 5 categorías posibles de falla:

1. falla total
2. falla parcial
3. falla intermitente
4. falla antes de tiempo
5. falla por sobre carga.

Estas categorías ayudan al equipo de trabajo para poder identificar todos los posibles modos de falla y de esta forma pueden ser reveladas posibles formas de falla inusuales que podrían pasar desapercibidas.

- Especificar efecto de falla: En esta categoría de la matriz se busca identificar las consecuencias potenciales de cuando se presente un modo de falla. Para conocer un efecto de falla es necesario conocer a fondo el equipo o el subsistema y como este puede afectar al rendimiento del mismo. La pregunta para determinar el efecto de falla es ¿Qué pasaría si ocurriese este modo de falla? ¿Cómo afecta al rendimiento del activo?
- Determinar causa de falla: El siguiente paso del AMEF es definir la causa de la falla de un determinado modo de falla. Para determinar de manera efectiva la causa de la falla se debe tener conocimiento del funcionamiento del componente a estudiar y responder a la interrogante ¿Por qué ocurrió o puede ocurrir este modo de falla?
- Determinar el grado de severidad: Para poder estimar el grado de severidad, se debe tomar en cuenta el efecto que produce la falla. En el ANEXO N, se muestra una tabla con el efecto, rango y criterio para definir el grado de severidad según estime conveniente.
- Determinar el grado de ocurrencia: los valores estimados del grado de ocurrencia se Muestran en el ANEXO O:
- Determinar el grado de detección: Según el modo en que falla la maquina se determina el medio de detección, es decir si el modo de falla es evidente o está oculto se deben aplicar distintos métodos de detección según sea el caso. En esta categoría se utilizan distintos tipos de instrumentos como medidor de vibraciones, medidor de ruido, termografías, etc. que ayudan a definir el fallo. En el ANEXO P se muestra la tabla del grado de detección.
- Calculo de numero de prioridad de riesgo: Esta ecuación también conocida como NPR por sus siglas en inglés (Risk Priority Number) es el producto de la severidad, ocurrencia y no detección de la matriz AMEF. El NPR se expresa en una escala del 1 al 1000 que nos indica la prioridad que se le debe asignar a cada causa de falla. El criterio del NPR nos indica que si obtenemos un número mayor a 100 deben implementarse acciones de prevención o corrección para evitar la ocurrencia de las fallas, de forma prioritaria. Sin embargo, el objetivo general es el de tratar todas las fallas.

$$NPR = OCURRENCIA \times SEVERIDAD \times NO\ DETECCIÓN$$

Prioridad de NPR:

Alto riesgo de falla	1000 – 500
Riesgo de falla medio	499 – 125
Riesgo de falla bajo	124 – 1
No existe riesgo de falla	0

Tabla 3-2NPR

(Elaboración propia)

- Acciones recomendadas: En este ítem se deben anotar la descripción de las acciones preventivas o correctivas según sea la recomendación y las responsabilidades que se deben incluir. Debe incluir la fecha de implantación. La recomendación de acciones busca:
 1. Eliminar o disminuir el grado de ocurrencia de la causa del modo de falla.
 2. Reducir la severidad del modo de falla.
 3. Incrementar la probabilidad de detección.
 4. Cuando se realizan las acciones correctivas o preventivas se deben recalcular los factores previamente mencionados. Cada vez que se realiza alguna modificación del proceso o el activo la AMEF debe ser actualizada.

3.3 RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1 Análisis general de detenciones.

En el momento en que se busca justificar la asignación de medios económicos para realizar una mejora en un proceso, 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 prensa hidráulica, se justifica por fallas ocurridas en el año 2017 en la cual se consumieron recursos que no estaban en los planes de mantenimiento asignados a ese año, además la cantidad de tiempo de detención del activo hizo perder producción comprometida con los clientes de Gerdau AZA. 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.

Para respaldar el estudio RCM en el activo, se utilizó un diagrama de Pareto para justificar de manera gráfica que la Prensa hidráulica estaba enmarcada sobre el 58% del tiempo para reparar (TTR) en fallas no programadas.

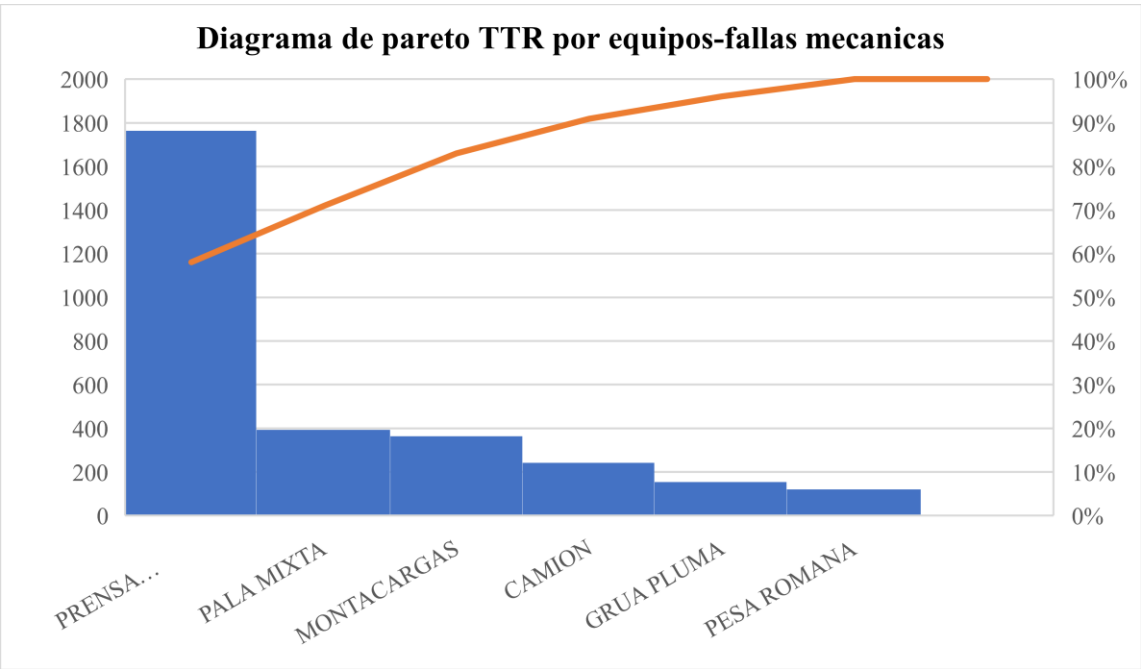


Figura 3-1 Diagrama de Pareto TTR

(Elaboración propia)

3.3.2 Recolección de datos generales prensa ecológica.

Para poder realizar un correcto análisis de las fallas que se presentan en el proceso del reciclaje de las briquetas de acero, se debe reunir la información de las fallas en los diferentes componentes del activo. Esto nos indicara las diferentes fallas que hagan detener el proceso de briqueteado y conocer sus diferentes modos y efectos de falla.

Cabe destacar que las fallas analizadas son las que ocurren en modo de emergencia, es decir, las que ocurren en forma aleatoria, sin previo aviso y paran el proceso. No las fallas que son detectadas por mantenimiento preventivo, donde la detención es programada.

La recolección se realizó tomando como referencia el año 2017 y luego de los años anteriores para poder hacer una comparación y verificar si se presenta alguna anomalía a lo largo de la vida de los activos.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Años	2014	2015	2016	2017
Fallas en proceso	35	36	41	52

Tabla 3-3 Fallas por año

(Elaboración propia)

Como se puede observar en los últimos 4 años la cantidad de detenciones generales del proceso van en aumento, estas cifras llaman la atención ya que las detenciones son proporcionales al paso del tiempo. Este comportamiento se puede asociar al grafico de tipo C donde se muestra un crecimiento fijo en la probabilidad de falla, pero no distingue una zona de desgaste.

3.4 DESCRIPCIÓN DEL ACTIVO A ESTUDIAR.

3.4.1 Prensa ecológica ARIETE 480.

La máquina en cuestión, es una prensa hidráulica la cual posee una fijación para camiones y que está destinada a la compactación de material metálico para ser reciclado. El activo presenta 4 subsistemas eléctrico, hidráulico, mecánico y estructural. En el ANEXO Q, se presenta un diagrama de flujo con el desglose de los componentes por cada sistema. En el ANEXO R se presentan imágenes de la prensa hidráulica para la identificación los componentes principales de la prensa. El ANEXO S posee un esquema del sistema hidráulico.

3.4.2 Descripción de los componentes.

- Subsistema hidráulico.

Bomba de engranaje SAUER 75L: Es un tipo de bomba hidráulica la cual consta de 2 engranajes acoplados dentro un compartimiento muy estrecho. Básicamente funciona por el principio de desplazamiento; un piñón es impulsado y hace girar al otro en sentido contrario. Su función es transformar la energía cinética, generada por un motor, en energía hidráulica a través del caudal de aceite generado por la bomba.

El proceso de la bomba inicia con la admisión del aceite hidráulico por el orificio de aspiración debido a la depresión creada al separarse los dientes de uno respecto a los del otro engranaje. El aceite es transportado a través de los flancos de los dientes del engranaje hasta llegar al orificio de salida de la bomba, donde, al juntarse los dientes del eje conductor con los del conducido, el aceite es impulsado hacia el orificio de salida generando la presión requerida.

En el activo a estudiar la bomba de engranajes alimenta al circuito hidráulico, su funcionamiento es indispensable para la realización de movimientos hidráulicos tanto en el proceso de compactación como en el accionar de la grúa.

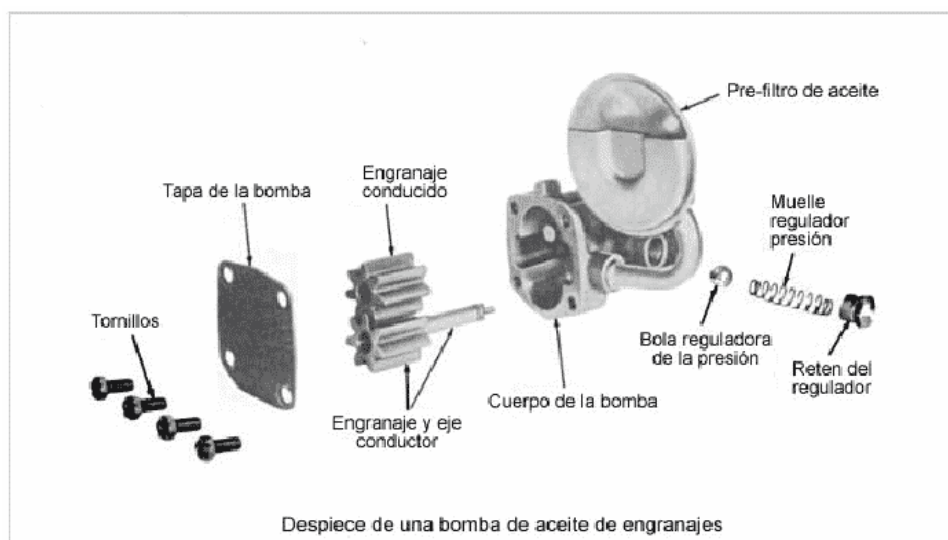


Figura 3-2 Despiece de bomba de engranajes

(Google imágenes)

Bomba de pistones axiales 400 BAR: Las bombas de pistón son utilizadas generalmente en la industria por su alto rendimiento y por la facilidad de poder trabajar a una presión superior a 2000 lb/plg². También poseen una eficiencia volumétrica aproximadamente de 95 a 98%.

La bomba de pistones usada en la maquina es una bomba Vickers donde las cargas para impulsión de la bomba y las cargas de empuje por la acción del bombeo van soportadas por tres cojinetes de bolas de hilera simple y un cojinete de bolas de hilera doble.

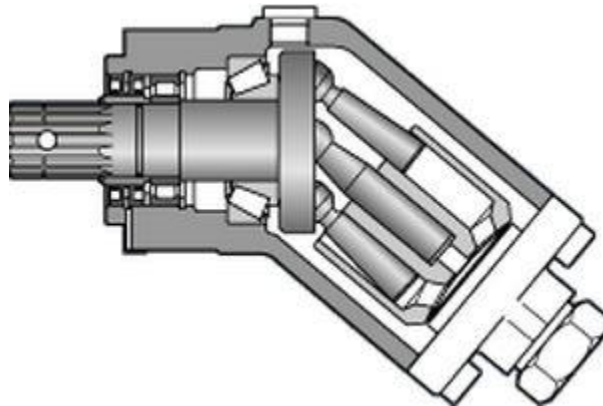


Figura 3-3 Bomba de pistones

(Google imágenes)

Cilindro compactador ING. BONFIGLIOLI 250 BAR: Un cilindro actuador es un dispositivo que convierte la potencia fluida del circuito hidráulico a lineal, fuerza y movimiento. Puesto que el movimiento lineal es un movimiento hacia adelante y hacia atrás a lo largo de una línea recta, este tipo de actuadores se conoce a veces como motor recíproco, o lineal. La presión del fluido determina la fuerza de empuje de un cilindro, el caudal de ese fluido es quien establece la velocidad de desplazamiento del mismo. La combinación de fuerza y recorrido produce trabajo, y cuando este trabajo es realizado en un determinado tiempo produce potencia. El cilindro consiste en un émbolo o pistón operando dentro de un tubo cilíndrico.

En el proceso de briqueteado los cilindros realizan los movimientos lineales necesarios para compactar la materia prima. El cilindro compactador es de doble efecto y posee una presión de 250 BAR.

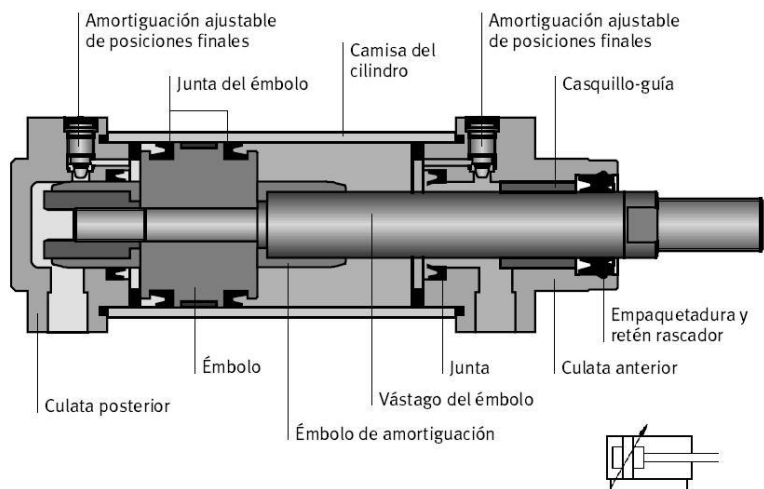


Figura 3-4 Cilindro doble efecto

(Google imágenes)

Cilindro tapas ING. BONFIGLIOLI 220 BAR: Al igual que el cilindro compactador los cilindros de las tapas son de doble efecto y del mismo fabricante, la presión que deben ejercer para evitar que el material salga de la cámara de compactación es de 220 BAR.

Cilindro brazo de la grúa ING. BONFIGLIOLI 180 BAR: Son dos cilindros hidráulicos doble efecto los cuales son comandados por un operador y realizan los movimientos de extensión del brazo de la grúa.

Cilindro garras de la grúa ING. BONFIGLIOLI 180 BAR: Son 4 cilindros hidráulicos doble efecto que generan el movimiento necesario para accionar las garras que seleccionan el material a compactar y previamente retiran la briqueta de la cámara de compactación.

Presostato: Los presostatos son instrumentos mecánicos que abren o cierran un circuito eléctrico, en función del cambio de un valor de presión prefijado, en un circuito hidráulico. Su ajuste se realiza mediante un tornillo o una pequeña leva, que aumenta la presión que ejerce sobre un muelle central y éste a su vez, sobre el contacto o contactos. Cuando la presión del sistema supera a la del muelle, los contactos varían de posición, cuando la presión del sistema baja y la del muelle es superior, los contactos varían nuevamente. Con esta maniobra, los contactos abren o cierran y permiten al control central de la bomba.

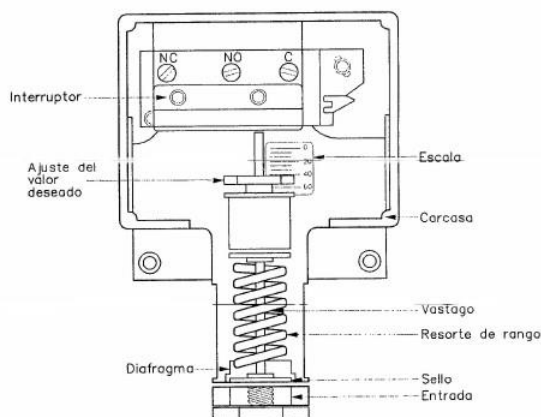


Figura 3-5 Partes de un presostato

(Google imágenes)

Manómetro de glicerina 400 BAR: Un manómetro es un instrumento analógico que mide la presión de fluidos (líquidos y gases) en circuitos cerrados. La presión manométrica se mide de forma relativa a la presión atmosférica. El manómetro utiliza la presión atmosférica como presión de referencia, ya que el 0 de la presión manométrica equivale a la atmosférica. Los manómetros se pueden encontrar en muchísimas aplicaciones. Siempre que se necesite medir presión dentro de un recipiente, habrá un manómetro.

Para el subsistema hidráulico que posee el activo se utiliza un manómetro el cual está ubicado en la casilla del operador registrando la presión de 0 a 400 bar.

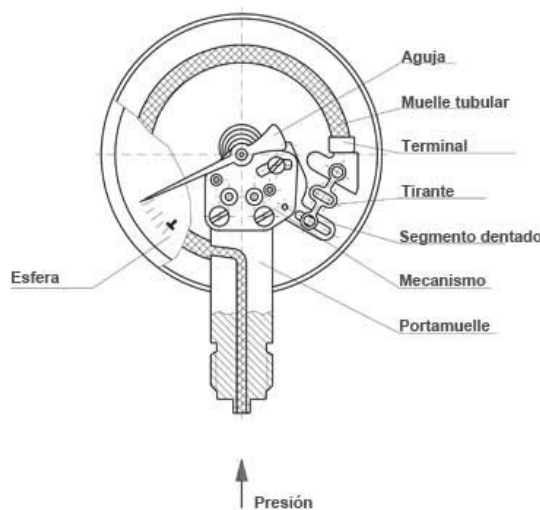


Figura 3-6 Partes de un manómetro

(Google imágenes)

Válvulas: Las válvulas son dispositivos mecánicos con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de líquidos o gases mediante una pieza móvil que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más conductos. Las válvulas industriales son aquellas que se utilizan en máquinas, como una válvula de compuerta, una válvula de asiento o una válvula de retención, entre otras.

En el circuito hidráulico se tienen 8 válvulas distribuidas, las cuales accionan tanto como la grúa y el proceso de compactación

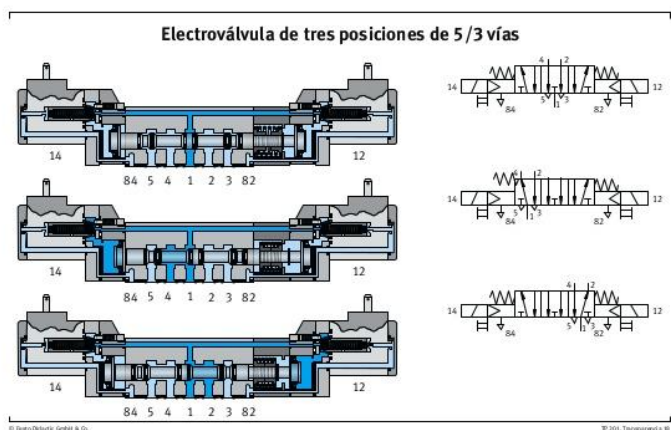


Figura 3-7 Electro válvula de 5/3 vías

(Slideshare)

Deposito: La principal función que tiene el depósito hidráulico es almacenar aceite. El tanque también debe eliminar el calor y separar el aire del aceite. Los tanques deben poseer suficiente resistencia y capacidad adecuada y no deben dejar entrar la suciedad externa.

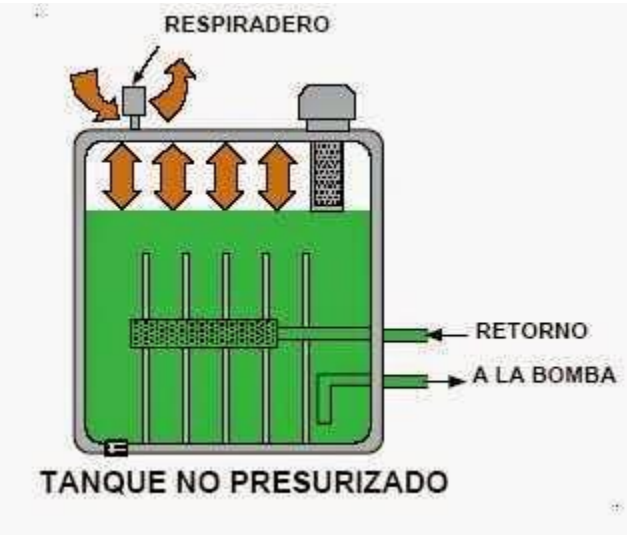


Figura 3-8 Deposito hidráulico

(Google imágenes)

Mangueras Hidráulicas para alta presión: Su estructura está conformada por un tubo interno, diseñado con base a las propiedades asociadas a la compatibilidad del material conducido. Son las más robustas y pueden trabajar a 350 o 450 BAR. Son utilizadas para equipos de construcción y maquinaria pesada con cambios súbitos de presión. Sus tubos sintéticos tienen refuerzos de 4 a 6 capas de espirales en acero de alta tensión.



Figura 3-9 Mangueras hidráulicas

(Google imágenes)

Filtro hidráulico: Es el componente principal del sistema de filtración de una máquina hidráulica. Estos sistemas se emplean para el control de la contaminación por partículas sólidas de origen externo y las generadas internamente por procesos de desgaste o de erosión de las superficies de la maquinaria, permitiendo preservar la vida útil tanto de los componentes del equipo como del fluido hidráulico.

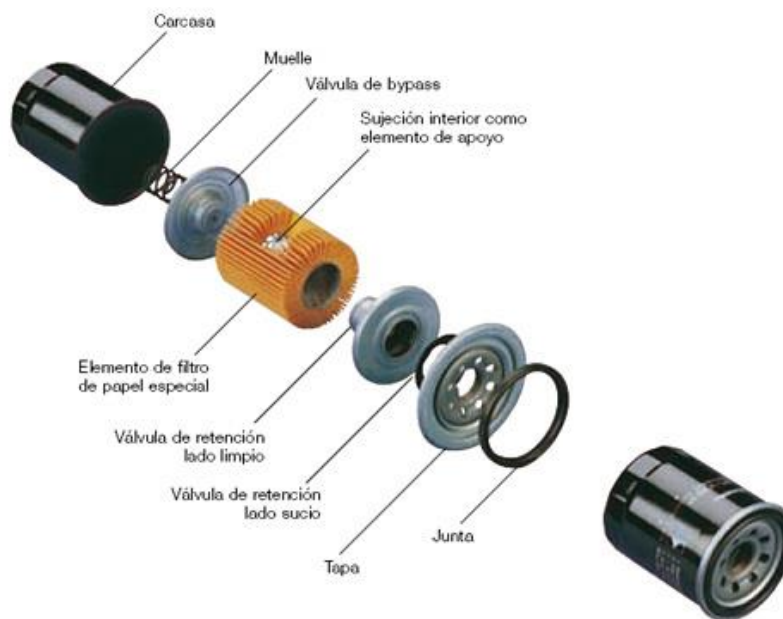


Figura 3-10 Filtro de aceite

(Google imágenes)

- Subsistema mecánico

Motor Diesel: Es un motor térmico que tiene combustión interna alternativa que se produce por la autoignición del combustible debido a altas temperaturas derivadas de la alta relación de compresión que posee, según el principio del ciclo Diesel. Un motor diésel funciona mediante la ignición del combustible al ser inyectado muy pulverizado y con alta presión en una cámara de combustión que contiene aire a una temperatura superior a la temperatura de autocombustión, sin necesidad de chispa como en los motores de gasolina.

Su función de basa en generar energía mecánica que es distribuida mediante correas a la bomba de engranajes que alimenta el circuito hidráulico.

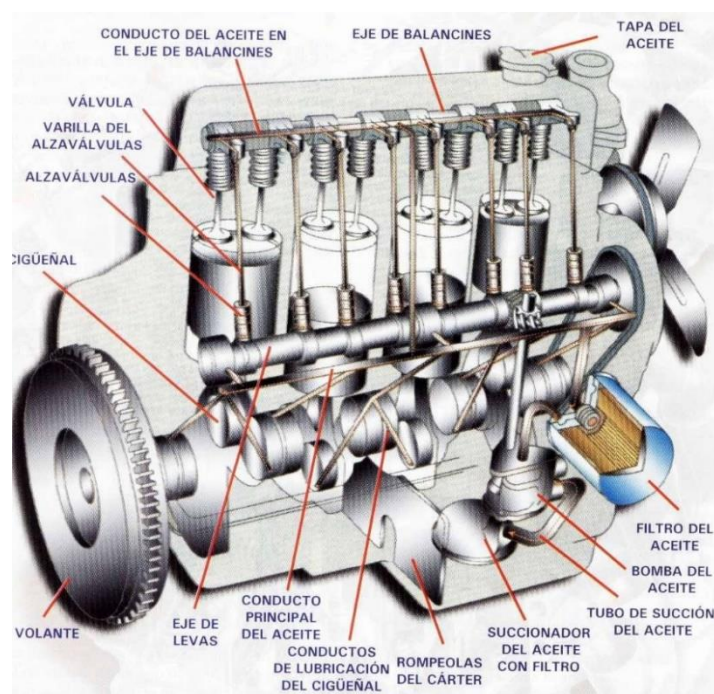


Figura 3-11Motor Diesel

(Comofunciona.co)

Sistema de escape: Es el conjunto de tubos o conductos que permiten a los gases de la combustión del motor escapar al medio ambiente. Está constituido generalmente por las

válvulas de escape y su parte de escape en la culata, el árbol de levas, que recogen los gases de escape de los cilindros del motor pasando por un catalizador y eliminándolos al medio ambiente.

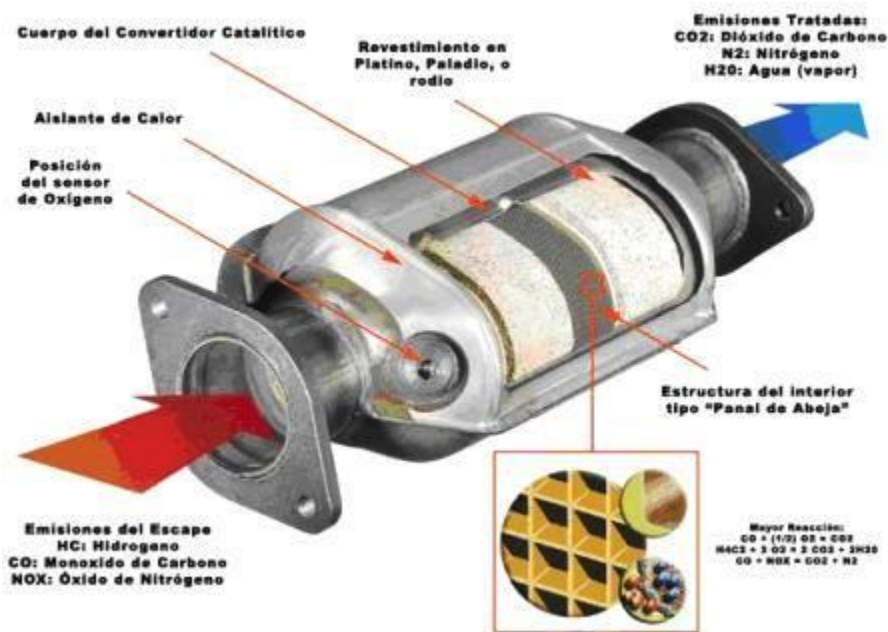
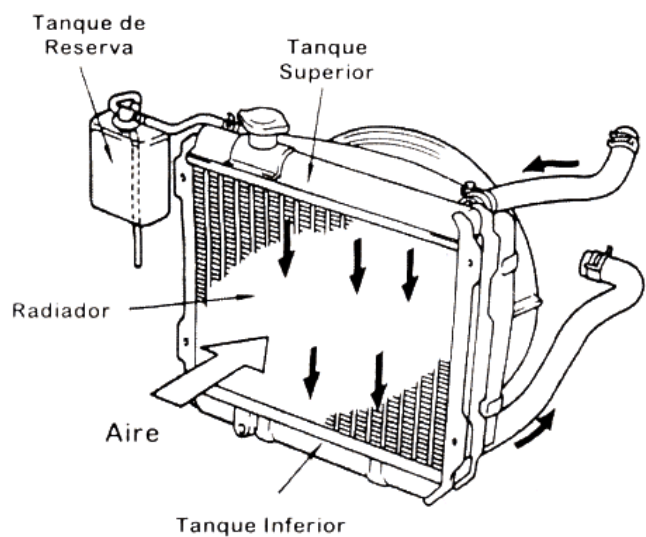


Figura 3-12 Catalítico

(Google imágenes)

Radiador: Dispositivo que permite intercambiar calor entre dos medios, siendo uno de ellos el aire ambiente. Sirve para disipar calor del motor y del depósito de aceite hidráulico para evitar su sobrecalentamiento. Generalmente trabaja por convección, pero también por radiación, a lo que debe su nombre.



Configuración del Radiador

Figura 3-13 Partes de un radiador

(Google imágenes)

Transmisión por correas y poleas: Es un conjunto de dos poleas acopladas por medio de una correa la cual tiene el fin de transmitir fuerzas y velocidades angulares entre arboles paralelos que se encuentran a una cierta distancia.

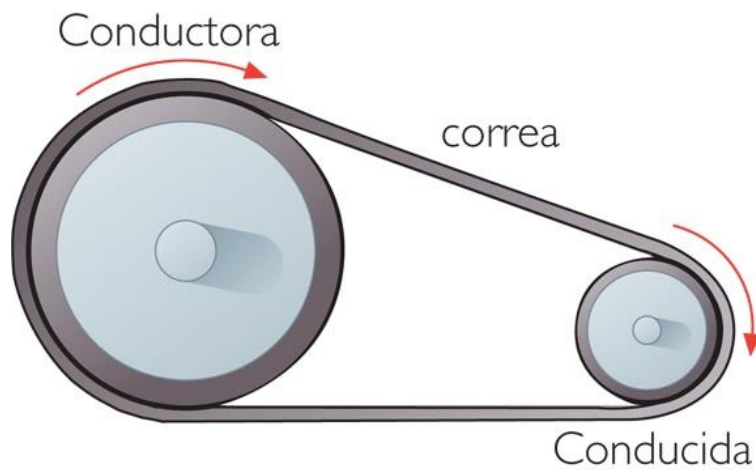


Figura 3-14 Poleas – correas

(Google imágenes)

- Subsistema eléctrico

Chapa de encendido: Se utiliza para posicionar la llave de la maquina encendiendo el motor mediante electricidad. Tiene 3 posiciones.

CHAPA DE CONTACTO

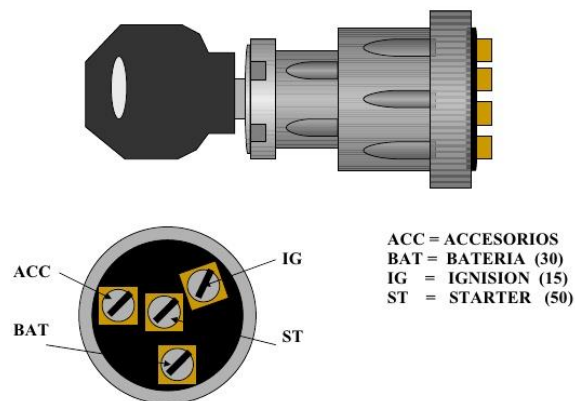


Figura 3-15 Chapa de contacto

(Google imágenes)

Batería: La batería es un acumulador de energía cuya función principal es poner en marcha el motor. La acumulación de energía en una batería se realiza por medio de un proceso electro-químico entre dos placas de plomo y un líquido llamado electrólito formado por agua y ácido sulfúrico.

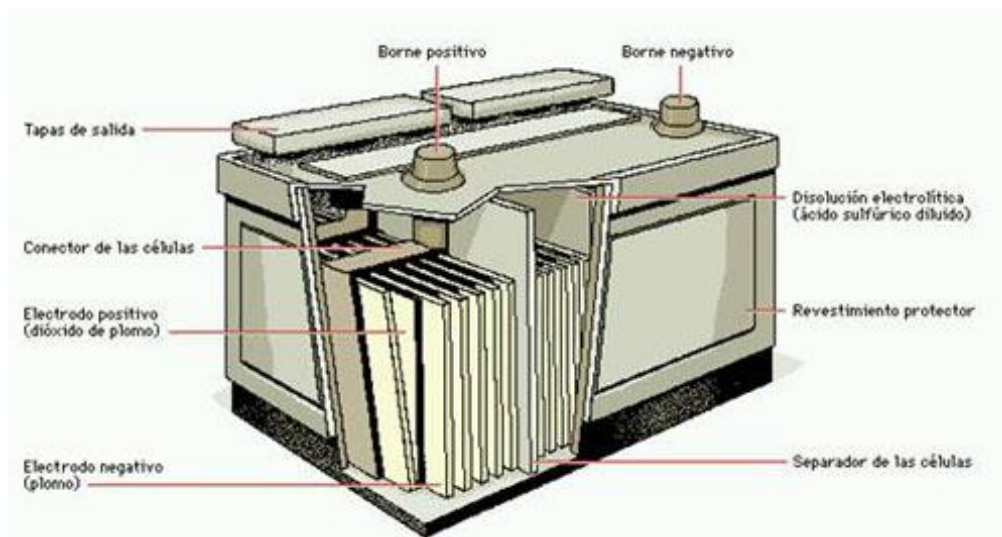


Figura 3-16 Batería

(Google imágenes)

Motor de arranque: Es un motor eléctrico alimentado con corriente continua con imanes de tamaño reducido y que se emplea para facilitar el encendido de los motores de combustión interna, para vencer la resistencia inicial de los componentes cinemáticos

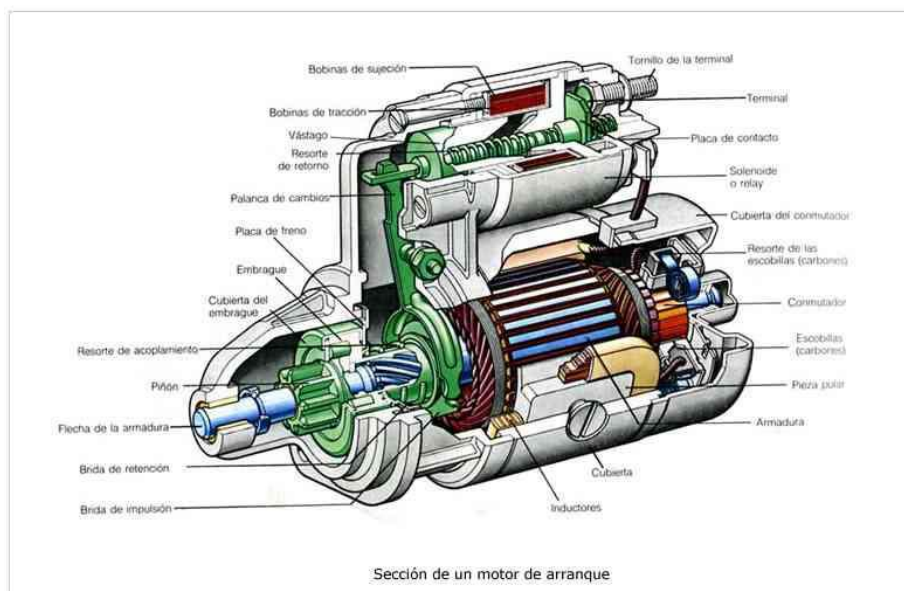


Figura 3-17 Motor de arranque

(Partesdel.com)

Caja de fusibles: Es un conjunto de piezas que forman parte del sistema de seguridad eléctrico de la máquina. contiene una cantidad determinada de fusibles dependiendo de la configuración eléctrica. Dentro de cada fusible se encuentran filamentos, estos filamentos están hechos para soportar una corriente eléctrica determinada, es decir, tienen una tolerancia máxima a recibir corriente (intensidad, amperaje).

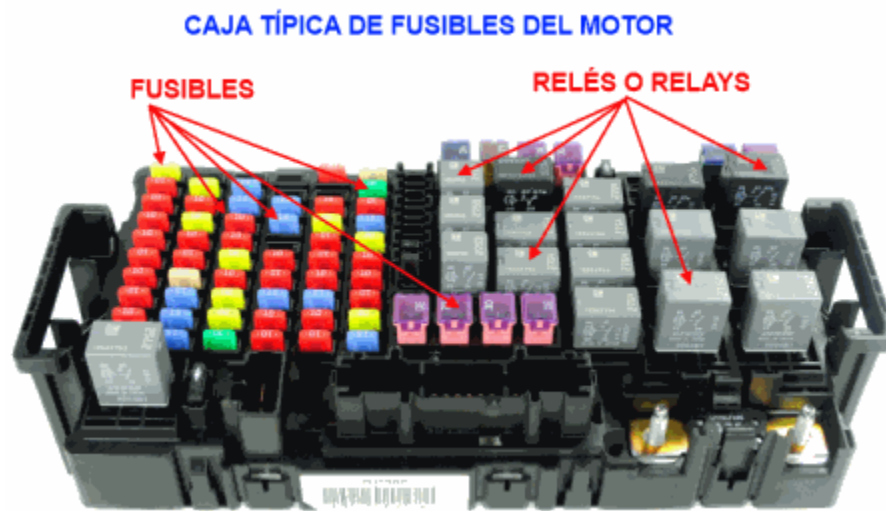


Figura 3-18 Caja de fusibles

(Google imágenes)

Tablero de mando: Se define al tablero de mando como el centro donde se dirigen las operaciones que debe realizar la maquina briquetadora por un funcionario. También indica los parámetros cuantificables del proceso como la temperatura, presión, nivel de aceite, etc.

Ventilador: El ventilador del radiador tiene un trabajo importante en el compartimiento del motor. Avienta aire hacia el centro del radiador o lo succiona. Debe enfriar el anticongelante que circula por el bloque y los pasajes principales, así como reducir la temperatura del motor.

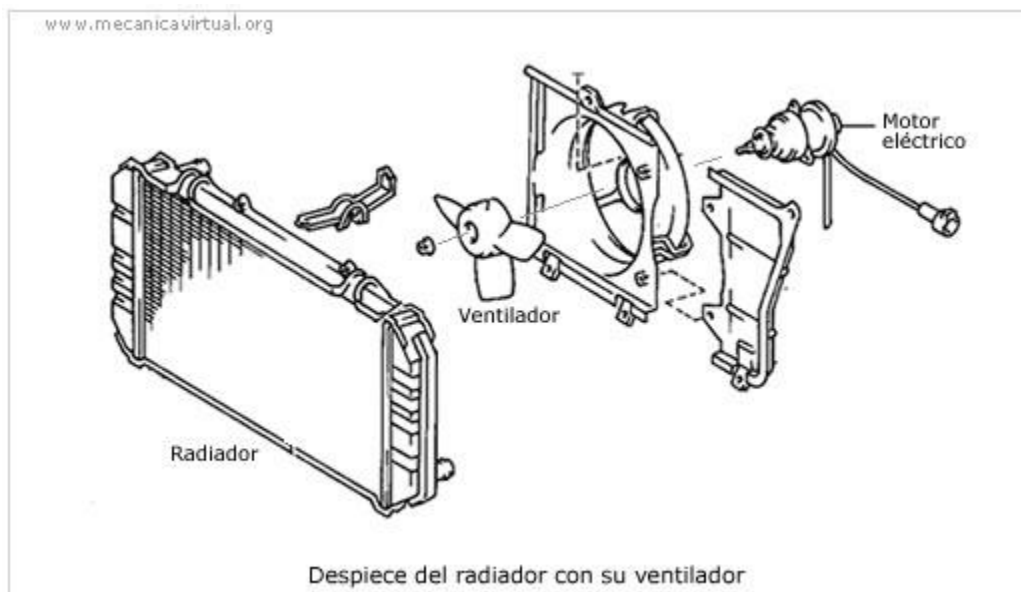


Figura 3-19 Ventilador

(Google imágenes)

Parada de emergencia: Es un botón el cual posee la función de proteger los sistemas y a los usuarios en caso de ocurrir una emergencia. Se utiliza para la seguridad y para de forma inmediata el proceso.



Figura 3-20 Parada de emergencia

(Google imágenes)

- Subsistema estructural:

Tapas de compactación: Son fabricadas para soportar grandes esfuerzos, en el caso del proceso de compactación debe poseer una dureza elevada la cual no genere deformaciones ni alteraciones de su forma debido a la gran cantidad de calor por la energía aplicada.

Despiche de fluidos: Es un orificio ubicado en el fondo de la cámara de compactación que drena el fluido expulsado por la compresión de los materiales.

Rodamientos: Es un cojinete que consta de dos cilindros concéntricos entre los que va colocado un juego de rodillos o bolas que pueden girar libremente. En la máquina existen una gran cantidad de rodamientos que facilitan la movilidad y funcionamiento de las partes móviles.

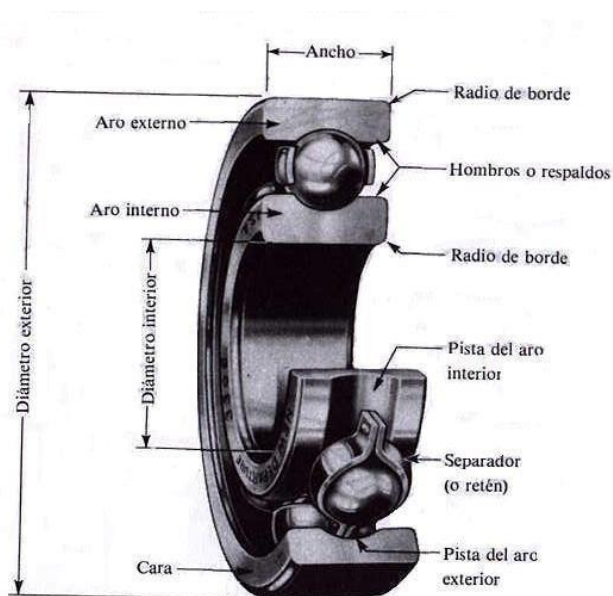


Figura 3-21Partes de un rodamiento

(Google imágenes)

Patatas estabilizadoras: Son un conjunto de vigas que le dan la estabilidad a la máquina para poder realizar el proceso de una forma segura.

Acoplamiento: Es la unión entre el carro integrado de la maquina a un camión para ser transportado.

3.4.3 Ciclo de trabajo.

Con el proceso de reciclaje general de la empresa ya descrito se procede a caracterizar el ciclo que tiene la prensa hidráulica para obtener las briquetas que posteriormente son comercializadas.

El ciclo comienza con el encendido de la maquina por parte de un operario calificado en maquinaria pesada el cual enciende el motor Diesel de la máquina para luego por medio de la grúa hidráulica integrada que posee la Prensa ecológica ARIETE 480 selecciona los materiales clasificados como “Fierros prensables” del centro de acopio para llenar la tolva de compresión.

Luego de que el operario de la grúa carga completamente la tolva de la maquina se inicia el proceso de compresión de la materia prima. En esta fase del proceso se utiliza el sistema integrado de mando dirigido por el operario el cual cierra las tapas de la tolva accionadas por 4 pistones para que el pistón principal del equipo comprima todo el material hasta obtener una briketa.

Con el material ya compactado se evalúan las condiciones de la briketa para poder ser transportada desde el centro de compresión al centro de acopio de briquetas.

Para finalizar con el proceso de la maquina compactadora la grúa integrada retira la briketa.

A continuación, se muestran los pasos de forma secuencial desde el inicio y fin del ciclo de reciclaje a realizarse por parte del operario:

1. Se debe verificar si la maquina se encuentra estabilizada.
2. Para iniciar el proceso las tapas de compresión deben ser abiertas para permitir el ingreso del material a briquetear. Primero abrir la tapa pequeña B después seguir con la tapa grande A.
3. Luego se debe verificar si el cilindro compactador se encuentra operativo.
4. Considerando que las acciones previas están correctas se procede a ingresar el material a compactar en la cámara de compactación.
5. Después de haber cargado el material cierre la tapa grande A (primera fase de compactación)
6. Bajar la tapa B (segunda fase de compactación)
7. Cuando ambas tapas están cerradas se debe accionar el cilindro compactador.
8. Una vez que el cilindro compactador llega a su fin se debe hacer retroceder su carrera.
9. Levantar tapa B.
10. Levantar tapa A.
11. Retirar briketa.

3.4.4 Descripción de fallas.

Cabe destacar que FINAMET no presenta un historial de fallas completo del historial del activo, solo cuenta con un historial de fallas que se realizó durante los últimos 6 años de funcionamiento donde la revisión se hizo anualmente, esta información no es concluyente para determinar las fallas persistentes en el tiempo, solo se puede realizar una estimación con los datos existentes. Según lo indica el método R.C.M se debe usar una cantidad no mayor a 4 años para un análisis de fallas, es por eso que se utilizó el historial de fallas que tenía la empresa desde el 2014 al 2017.

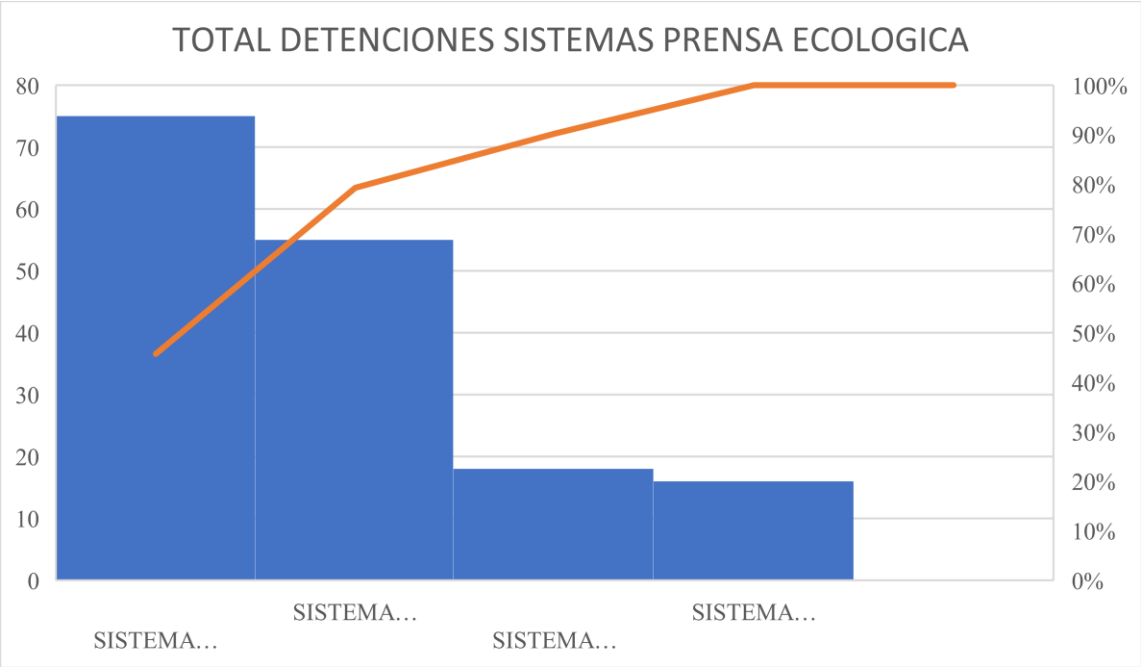


Figura 3-22 Total de detenciones sistemas prensa ecológica

(Elaboración propia)

Según lo analizado en el historial de fallas de la prensa ecológica entre los años 2014 y 2017 lo que presenta un mayor índice de fallas son los sistemas hidráulico y motriz, dejando a los sistemas eléctricos y estructurales con menor cantidad de fallas. En los gráficos de línea presentes en los ANEXOS T, U, V, W se cuantifica la cantidad de fallas presentes en los componentes del sistema siendo alguno de los componentes que presentan mayor cantidad de fallos. Alguno de los componentes que llama la atención por su gran cantidad de fallos son las bombas hidráulicas posiblemente por falta de mantenimiento, exceso de trabajo, mal instalación o problemas relacionados con el diseño. Los cilindros de la grúa fallan que constantemente por el desgaste producido por el constante trabajo y una posible sobrecarga de material. Seguido por el radiador que presenta averías las cuales fallan por diversos motivos, mayormente por la falta de mantenimiento preventivo y la bomba de inyección presente en el motor.

3.4.5 Definición de funciones.

La función principal de la máquina prensa ecológica ARIETE 480 es crear briquetas de metal para poder reciclar la chatarra que no puede ser fundida sin ser procesada. Todo material metálico menor a 6 mm de espesor no puede ser fundida en los hornos de las

empresas que reciclan este tipo material para distintos tipos de productos tales como alambón, barras de hormigón, perfiles y rollos. El activo también posee funciones secundarias como mantener un cuidado del ambiente, la seguridad estructural, control, protección, economía, eficiencia, etc.

Para poder realizar sus funciones el activo se divide en 4 subsistemas que lo componen. Cada uno de estos subsistemas posee su función principal para el correcto funcionamiento de la máquina:

1. **Hidráulico:** El grupo hidráulico es el que le da la movilidad mecánica al equipo y realiza directamente la función de briquetear.
2. **Motriz:** El motor Diesel le entrega la energía a las bombas de engranajes y pistones que mueve el grupo hidráulico.
3. **Eléctrico:** Todas las acciones del proceso se realizan por este subsistema el cual tiene los indicadores de parámetros, accionadores del sistema hidráulico y control de la máquina.
4. **Estructural:** la estructura son los cimientos de la máquina, sin ella no existiría el proceso debido a que para poder briquetear se necesita un acero especial el cual tenga la resistencia suficiente para soportar las cargas que se aplican a la materia prima. También se debe mencionar que el brazo de la grúa debe poseer la resistencia suficiente para aguantar el peso del material seleccionado por la grúa.

A continuación, se presenta una tabla con las funciones de los componentes por sistema analizado:

- Hidráulico:
 1. Bomba de engranajes: Producir una presión de 250 BAR para poder alimentar las líneas hidráulicas de la grúa principal, cilindros hidráulicos de las tapas y los cilindros compactadores.
 2. Bomba de pistones: Producir una presión de 220 BAR para poder alimentar las líneas hidráulicas de la grúa principal, cilindros hidráulicos de las tapas y los cilindros compactadores.
 3. Cilindro compactador: Comprimir el material metálico a 250 BAR
 4. Cilindros de tapas: Cerrar tolva mediante 4 cilindros hidráulicos de 220 BAR que impiden la salida de material
 5. Cilindros Grúa: Accionar garras de la grúa para seleccionar fierro e ingresar a la cámara de compactación mediante 4 cilindros de 180 bar.
 6. Estanque: Contener 650 litros de aceite hidráulico; Suministrar aceite hidráulico a las bombas
 7. Mangueras hidráulicas: Vías de transmisión de energía hidráulica
 8. Manómetro: Instrumento implementado para medir la presión del fluido de 0 a 350 BAR

9. Válvula de alivio: Aliviar la presión en el sistema hidráulico para proteger sus componentes de una sobre presión mayor a 260 BAR
 10. Presostato: Abrir y cerrar el circuito hidráulico mediante un sistema eléctrico
 11. Válvulas direccionales: Permiten el paso del fluido hidráulico
 12. Filtro de línea: Filtrar las partículas originadas por la fricción de los componentes móviles de la maquina
 13. Filtro de depósito: Filtrar las partículas originadas por la fricción de los componentes móviles de la máquina y elementos externos
- Mecánico:
 1. Bomba de inyección: Inyectar combustible a presión a las unidades del motor
 2. Filtro de aire: Admisión de aire limpio a los cilindros
 3. Pistones: Transmite potencia al eje
 4. Filtro de petróleo: Protege el motor de impurezas en el combustible
 5. Culata: Recubre el volumen donde se produce la combustión
 6. Filtro de aceite: Protege el motor de impurezas en el aceite
 7. Escape: Recoger gases de la combustión hasta la atmosfera
 8. Poleas de transmisión: Transmite la energía mecánica del motor al alternador
 9. Correas de transmisión: Transmite la energía mecánica del motor al alternador
 10. Radiador: Reduce las altas temperaturas que se generan en el motor debido a la combustión mediante aire y liquido refrigerante.
 - Eléctrico
 1. Chapa de encendido: Encender el motor Diesel de la maquina mediante una llave
 2. Alternador: Transformar la energía mecánica en energía eléctrica para cargar la batería y proporcionar el suministro eléctrico a la maquina
 3. Batería : Proveer energía eléctrica para el encendido; Estabilizador de voltaje en el sistema eléctrico
 4. Ventilador: Disipar el calor en el radiador mediante aire forzado
 5. Motor de arranque: Rompe la inercia para arrancar el motor
 6. Caja de fusibles: Proteger de una sobre carga eléctrica al sistema
 7. Parada de emergencia: Detener el equipo para prevenir situaciones que puedan poner en peligro a las personas y al equipo
 8. Tablero de control: Entregar información de parámetros de funcionamiento de la maquina
 - Estructural
 1. Tapas de compactación: Soportar las cargas efectuadas por la compresión
 2. Despiche de fluidos: Eliminar fluidos presentes en los metales a briquetear

3. Rodamientos: Permitir la rotación relativa de elementos móviles unidos bajo carga, con precisión y con un rozamiento mínimo.
4. Brazo de grúa: Soportar las cargas efectuadas por la garra de la grúa
5. Patas estabilizadoras: Mantener la maquina estabilizada para que pueda realizar sus funciones
6. Acoplamiento: Acoplar el carro al camión para su transporte

3.5 **APLICACIÓN DE ÁRBOL DE FALLAS.**

Para la construcción del árbol de fallas se definió como evento superior la parada del equipo, ya que esto sería el evento más catastrófico que podría causar cualquiera de las fallas estudiadas con anterioridad.

Los eventos críticos que pueden concluir en el evento superior fueron tomados directamente de la matriz AMEF en donde pueda ocurrir la parada del equipo.

1. Fisura en engranajes
2. Rotura del eje
3. Obstrucción en la admisión
4. Pistones dañados
5. Grieta en camisa del cilindro
6. Vástago del cilindro pandeado
7. Presostato no abre y/o cierra circuito hidráulico
8. Rotura de manguera
9. Válvula atascada
10. Suministro deficiente de combustible
11. Rotura de poleas
12. Corte de correas
13. Rotura de dientes
14. Cortocircuito
15. Falla en seguros

En el ANEXO X se muestra la información necesaria para poder realizar el árbol de fallas. En el ANEXO y se presenta la aplicación del diagrama de árbol de falla con los antecedentes propuestos.

3.6 APLICACIÓN DE LA MATRIZ A.M.E.F

3.6.1 Identificar modos de falla.

Se determino por medio del estudio y revisión de los manuales de operación de la prensa ecológica las posibles fallas que pueden presentar los distintos componentes. Por otro lado, se realizó una entrevista al personal mecánico sobre cuales podrían ser los modos de fallas. En conjunto se analizó las funciones de los componentes asociados a los sistemas a estudiar de esta forma se pueden definir las fallas funcionales para posteriormente identificar los modos de falla. Algunos ejemplos de ellos pueden ser:

1. Fisuras
2. Roturas
3. Obstrucción
4. Grietas
5. Fugas
6. Cortocircuito

3.6.2 Identificar efectos de falla.

Según el componente que se debe analizar dentro del funcionamiento del activo, se deben evaluar las posibles consecuencias o efectos que esta falla ocasionaría sobre el equipo. Los efectos de falla pueden ser los siguientes:

1. Seguridad de los trabajadores
2. Parada de equipo
3. Perdida del fluido
4. Falta de rendimiento en el equipo
5. Aumento o disminución de presión
6. Aumento o disminución de caudal
7. Aumento en temperatura de trabajo
8. Contaminación ambiental
9. Deterioro excesivo de componentes

3.6.3 Identificar causas de falla.

Se tomaron en cuenta todos los posibles modos de falla que se estudiaban independientemente si habían ocurrido o no. Para determinarlos se recurrió a los manuales de operación y a entrevistas personales con los mecánicos asociados a esta área.

Existen distintos tipos de causas y se pueden distinguir según:

Relacionadas con el diseño:

1. Selección del material
2. Tolerancias
3. Configuración

4. Componentes

Externas a la maquina:

1. Ambiente
2. Vibración
3. Operación

Mecanismos de falla:

1. Rendimiento
2. Fatiga
3. Corrosión
4. Desgaste

Por medio de la realización de la matriz AMEF, se logra obtener el análisis de criticidad, ecuación que entrega fallas criticas dentro del sistema.

En el ANEXO Z se adjunta la matriz AMEF del sistema hidráulico.

En el ANEXO AA se adjunta la matriz AMEF del sistema mecánico

En el ANEXO BB se adjunta la matriz AMEF del sistema Eléctrico

En el ANEXO CC se adjunta la matriz AMEF del sistema Estructural

3.7 ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA.

Para aplicar un plan de mantenimiento RCM en un proceso productivo se deben usar herramientas que nos entreguen información cuantificable para determinar el nivel de criticidad que poseen determinados componentes en uno o más activos. La aplicación de un análisis de modos y efectos de falla en un proceso productivo nos entrega la criticidad en los resultados de la matriz AMEF el cual se considera como determinante para la selección de técnicas y/o tareas de mantenimiento según el nivel otorgado por los expertos y los operadores.

Se usará un AMEF tipo diseño, el cual se desarrollará en un estudio sobre el equipo con mayor criticidad del proceso de reciclaje de metales en la empresa FINAMET el cual fue seleccionado por su nivel disponibilidad y la importancia que posee en el proceso. El estudio se realizó mediante una matriz normada la cual contiene una síntesis del procedimiento, donde se dan a conocer los modos de falla, sus causas y sus efectos. Para cada componente el estudio nos permite cuantificar el NPR que poseen todas las posibles causas de fallas según los modos en que fallan. Para buscar el NPR se debe obtener el producto de los parámetros cuantificables según las tablas de severidad, ocurrencia y detectabilidad para cada causa de falla.

Según el procedimiento de este tipo de análisis se debe realizar un levantamiento de todas las fallas que se llevaron a cabo en el año 2016, las cuales se clasificaron en 4 sistemas para referenciar los tipos de fallas y asociarlos a cada área de la máquina.

Tras el análisis en el equipo más crítico del proceso se logran identificar los tipos de fallas que se producen con mayor frecuencia y cuales tienen mayor efecto perjudicial en el proceso de acuerdo al NPR. Cabe destacar que los componentes mencionados pueden estar en uno o más niveles de riesgo, esto se debe a que poseen distintas causas de fallo con niveles distintos de riesgo de falla. Los resultados serán analizados según los sistemas diferenciados.

3.7.1 Sistema hidráulico.

En primer lugar, se analizará el sistema hidráulico el cual se constituye de 13 componentes o elementos los cuales poseen 29 modos de falla con un total de 89 causas de falla. Según los analizado la mayor concentración de modos de fallo están en el riesgo de falla medio, con un total de 89 causas de falla donde 85 fallas corresponden a un riesgo de falla medio 3 a un riesgo de falla bajo y 1 a un riesgo alto.

Según lo analizado se puede encasillar los componentes en las siguientes categorías:

Riesgo de falla bajo:

1. Manómetro

Riesgo de falla medio:

1. Bomba de engranajes

2. Bomba de pistones
3. Cilindro de tapas
4. Cilindros de grúa
5. Estanque
6. Mangueras hidráulicas
7. Válvula de alivio
8. Presostato
9. Válvulas direccionales
10. Filtro de línea
11. Filtro del deposito

Riesgo de falla alto:

1. Cilindro compactador

3.7.2 Sistema mecánico.

El sistema motriz básicamente se compone del motor y sus componentes para poder funcionar correctamente de esta forma se establece que el sistema motriz posee 10 componentes a analizar los cuales tienen 20 modos de falla y 50 causas de falla.

Según lo analizado en las 50 causas de falla un total de 45 son pertenecientes al rango de riesgo de falla medio dejando 5 causas de falla en el rango de riesgo bajo y sin un potencial riesgo de falla alto. Según sus causas de falla los componentes se pueden encasillar en los siguientes rangos:

Riesgo de falla bajo:

1. Radiador

Riesgo de falla medio:

1. Bomba de inyección
2. Pistones
3. Filtro de aire
4. Filtro de petróleo
5. Culata
6. Filtro de aceite
7. Escape
8. Poleas de transmisión
9. Correas de transmisión

3.7.3 Sistema eléctrico.

El siguiente sistema a analizar es el eléctrico el cual se divide en 8 componentes con 10 modos de falla y 24 causas de falla. A diferencia con los dos sistemas anteriormente analizados la mayor concentración de causas de falla se encuentra en un riesgo de falla bajo

dejando solo 7 causas de falla dentro de un rango de riesgo medio. No se presentaron riesgos de falla altos.

Según el análisis los componentes se dividen de la siguiente manera:

Riesgo de falla bajo:

1. Chapa de encendido
2. Alternador
3. Batería
4. Tablero de control
5. ventilador

Riesgo de falla medio:

1. Caja de fusibles
2. Parada de emergencia
3. Motor de arranque

3.7.4 Sistema estructural.

El sistema estructural fue analizado según 6 componentes los cuales presentaron 6 modos de falla y 21 causas de falla. Las causas de falla no presentaron un NPR que nos indicaran que existe un riesgo de falla alto dejando al sistema estructural dividido entre los riesgos de falla medio y bajo.

Riesgo de falla bajo:

1. Tapas de compactación
2. Despiche de fluidos
3. Rodamientos

Riesgo de falla medio:

1. Brazo de grúa
2. Patas estabilizadoras
3. Acoplamiento

Con los datos recolectados y una clasificación según su NPR se puede observar que la prensa hidráulica posee una alta cantidad de riesgo de falla medios y bajos. El sistema hidráulico posee una mayor cantidad de componentes asociados a los riesgos de falla medio y un componente que presenta al menos una causa de falla con riesgo de falla alto. La información obtenida sugiere que el mantenimiento sea enfocado principalmente en el sistema hidráulico por su cantidad de fallas, tiempo de fallas y la alta criticidad de sus componentes asociados. A través del árbol de falla se pudieron identificar de una forma más grafica las causas de falla de los eventos más críticos, de esta forma enfatizar en ellos para poder tener nuevas oportunidades de mejoras en los procedimientos antes de implementarlos.

4 CAPITULO IV

4.1 METRICAS DE MANTENIMIENTO.

La disponibilidad y confiabilidad de un equipo son promedios cuantificables a través de indicadores de mantenimiento como MTBF y MTTR donde se obtienen los valores de los tiempos medios entre falla y los tiempos medios fuera de servicio, de esta forma se puede estudiar el comportamiento del activo en un periodo de tiempo y buscar mejorar estos indicadores de tal forma que el proceso de la empresa sea más eficaz y eficiente a través de la elaboración de un plan de mantenimiento adecuado a su proceso.

4.1.1 MTBF.

El MTBF es un indicador el cual representa el tiempo promedio en el que un activo, línea o planta cumple su función sin interrupción debido a alguna falla funcional, es decir, el tiempo promedio que transcurre entre una falla y la siguiente. Este tiempo es posible hallarlo dividiendo el tiempo total de operación entre el número de paros por fallas.

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total de operación}}{\text{Numero de paros por fallas}}$$

Ecuación 4-1 Tiempo promedio entre fallas

(Elaboración propia)

Según la información recolectada en la empresa los valores obtenidos son los siguientes:

Tiempo total de operación: 8760 hrs.

Número total de paros por fallas: 52

$$MTBF = \frac{8760 \text{ hrs}}{52}$$

$$MTBF = 168 \text{ hrs}$$

4.1.2 MTTR.

El MTTR es el tiempo promedio para reparar la función de un activo, línea o proceso después de una falla funcional, este incluye el tiempo para analizar y diagnosticar la falla, se obtiene dividiendo el tiempo total de reparaciones entre el número total de fallas de un sistema.

$$MTTR = \frac{\text{Horas de falla}}{\text{Numero de fallas}}$$

Ecuación 4-2Tiempo promedio para reparar

(Elaboración propia)

Según la información recolectada en la empresa los valores obtenidos son los siguientes:

Horas de falla: 1764 hrs.

Número total de paros por fallas: 52

$$MTTR = \frac{1764}{52}$$

$$MTTR = 34 \text{ hrs}$$

4.1.3 Disponibilidad.

La disponibilidad se define como la probabilidad de que el activo desempeñe una función en cualquier punto del tiempo, cuando es usada bajo condiciones establecidas, donde el tiempo considerado es tiempo operativo y tiempo de reparación del activo, puede representarse de la siguiente forma:

$$Di = \frac{HT - HM}{HT}$$

Ecuación 4-3 Disponibilidad

(Elaboración propia)

Donde:

HT= Horas totales de funcionamiento.

HM= Horas de parada por mantenimiento.

Según los datos obtenidos de MTBF Y MTTR nos da el siguiente promedio:

$$Di = \frac{8760 - 1764}{8760}$$

$$Di = 80\%$$

4.1.4 Fiabilidad.

La fiabilidad se define como la “confianza” que se tiene de que un componente, equipo o sistema desempeñe su función básica, durante un periodo de tiempo predefinido, bajo condiciones estándares de operación. Dentro de la definición de fiabilidad se puede agregar que se presenta como la probabilidad de que un ítem pueda desempeñar su función requerida durante un intervalo de tiempo establecido y bajo condiciones de trabajo definidas. Se puede representar con la siguiente expresión:

$$Fiabilidad = \frac{HT - HMC}{HT}$$

Ecuación 4-4 Confiabilidad

(Elaboración propia)

Donde:

HT= Horas totales de funcionamiento.

HMC= Horas de mantenimiento correctivo.

$$Fiabilidad = \frac{8760 - 1714}{8760}$$

$$Fiabilidad = 80\%$$

4.2 PLAN DE MANTENIMIENTO.

4.2.1 Hojas de decisión R.C.M.

Las hojas de decisión del R.C.M 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 se da información del AMEF por cada sistema según la clasificación en ellas otorgada F (función), FF (falla funcional) y FM (modo de falla); la columna cuarta a la séptima (H, S, E y O) se evalúan las consecuencias de la falla indicando si la falla es evidente a los operadores, si causa daños a la seguridad del personal, si existiese faltas al medioambiente y finalmente si la operación se vería afectada; de 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; las columnas H4, H5 y S5 otorgan información sobre la toma de decisiones en una estrategia de mantenimiento. En la figura 4-1, se muestra el encabezado de la hoja de decisión RCM.

Hoja de decision RCM							Sistema: Estructural				Accion a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
Referencia de la informacion			Evaluacion de las consecuencias				H1	H2	H3							
							S1	S2	S3							
							O1	O2	O3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				

Figura 4-1 Hoja de decisión RCM

(Elaboración propia)

Para determinar las tareas y actividades de mantenimiento para cada falla se aplicó la lógica de decisión del RCM donde se postula una serie de preguntas las cuales deben ser respondidas según el criterio de ocurrencia, es un mapa de los posibles resultados de una serie de hechos relacionados.

Para iniciar los análisis de las Hojas de Decisión, se debe coincidir con el orden realizado en el AMEF, es decir, en el caso de la Prensa ecológica de FINAMET se iniciará con el sistema hidráulico, el sistema motriz y finalmente el eléctrico.

Se puede observar en el plan de mantenimiento desarrollado en las hojas de decisión que las tareas asociadas al activo cumplen con los requisitos para un mantenimiento preventivo de tal forma que los periodos mínimos de las tareas a realizar son periódicos y los máximos son de 48 meses. Incluye funciones básicas como el cambiado de filtros, aceite y estándares entregados por el fabricante e inspecciones visuales rudimentarias por parte de los operarios. También se observa que se determinó realizar cambios a ciertos componentes con un N.P.R alto y que en el historial de fallas de la maquina presentaron problemas frecuentes. En definitiva, se deben realizar sustituciones cíclicas de componentes tales

como la bomba de engranajes y la bomba de pistones antes de que cumplan su vida útil. Es necesario realizar una investigación más a fondo sobre estos componentes dado a que por su alto valor no debería presentar algún tipo de falla de tal forma que el activo dejara de funcionar cada 4 años. En conclusión, debería realizarse un rediseño del circuito hidráulico en específico del funcionamiento de las bombas.

En los ANEXOS DD, EE, FF y GG se adjunta la aplicación de las hojas de decisión RCM por sistemas analizados para la elaboración del plan de mantenimiento.

En el ANEXO HH se adjuntan las precauciones antes de realizar cualquier tipo de mantenimiento.

ANEXO II se adjunta el plan de mantenimiento A

ANEXO JJ se adjunta el plan de mantenimiento B

ANEXO KK se adjunta el plan de mantenimiento B válvula de seguridad

ANEXO LL se adjunta el plan de mantenimiento polea-correa

ANEXO MM se adjunta el plan de mantenimiento base de la máquina.

5 CAPITULO V

5.1 CONCLUSIONES.

La aplicación de la metodología R.C.M fue creada para la industria de la aviación, no obstante, debido a su fácil aplicación, métodos y sus efectivos resultados fueron implantándose en otra clase de industrias. En este caso en específico, la aplicación del método R.C.M en empresas de reciclaje es algo fuera de lo común, debido a que generalmente este tipo de plantas, no existe un mantenimiento preventivo, y menos aún para un equipo en específico.

El plan de mantenimiento que se está usando en la empresa actualmente, no presenta tareas específicas solo son genéricas para cada tipo de equipo, llámese tareas de mantenimiento correctivo y recomendaciones por parte del fabricante. En ningún momento se especifica cuáles son los equipos que tienen una mayor importancia dentro de la planta, ya que son estos sobre los que se debería prestar una mayor atención.

Debido a la importancia que tiene la prensa ecológica en la región por su labor de reciclaje de metales y para la empresa a un nivel económico, se analizó el proceso interno que tiene FINAMET para briquetear este tipo de material reciclable, con la finalidad de poder determinar anomalías que se presentan en el proceso, se analizaron las fallas generales de los activos presentes en el proceso mediante un diagrama de Pareto. Según el resultado del diagrama podemos percatarnos que la cantidad de fallas presentes se concentra mayormente en la prensa ecológica con un total del 58% de las fallas del proceso. Gracias a este resultado se sustentó la aplicación del método R.C.M en el activo principal del proceso donde se realizó un estudio de sus componentes para buscar mejorar su funcionamiento, disponibilidad y confiabilidad. Junto con esto también mejorar la eficiencia del proceso de reciclaje en la empresa reduciendo su cantidad de fallas y tiempo entre fallas.

Siguiendo los pasos que se plantea en el R.C.M se logró recolectar de forma ordenada y clara la información acerca de las condiciones de operación de la prensa ecológica y las potenciales fallas que se podían presentar en sus sistemas y componentes. Con la creación de tablas de resumen de fallas se obtuvo un histograma el cual indica las fallas más recurrentes según los sistemas de la máquina, así se logró identificar los componentes con mayor índice de fallas.

Según el análisis de fallas a través de la matriz A.M.E.F se dedujeron los distintos modos de falla, efectos, y el N.P.R que conforman los componentes de la máquina, logrando establecer un conocimiento más amplio para determinar la causa raíz de las diferentes fallas que se estudiaron. Cabe destacar que la aplicación del análisis indica que de los 4 sistemas presentes en el activo solo dos de ellos presentan una mayor concentración de riesgo de fallas medios. En promedio el sistema hidráulico y el sistema mecánico poseen mayor cantidad de riesgos de falla medios, a comparación de los sistemas eléctricos y estructurales donde se presenta un promedio mayor de riesgos de falla bajos, por lo que los sistemas con un mayor índice de riesgo de falla nos pueden presentar una detención del equipo por un

tiempo prolongado en comparación a un riesgo de falla bajo donde el efecto en el rendimiento de la maquina no se ve afectado mayormente. En el sistema hidráulico se observa el único componente con un N.P.R de riesgo de falla alto, esto quiere decir que de todos los sistemas analizados el sistema hidráulico es el que tiene mayor criticidad y es donde se debe prestar una mayor atención por parte del equipo de mantenimiento.

Para mejorar la tasa de fallas en el activo a estudiar, evidentemente hay que enfocarse en los sistemas hidráulicos y mecánicos, ya que presentan una mayor cantidad de detenciones y componentes con mayor criticidad.

El plan de mantenimiento escogido para este tipo de maquina es mayormente preventivo, donde se destacan las tareas para preservar el activo por el mayor tiempo posible a través de las tablas de información y las hojas de decisión R.C.M donde se presenta toda la información de los componentes del equipo de tal manera que se logre evitar el sobre mantenimiento. La implementación del nuevo plan de mantenimiento supondría, por una parte, tener una planta más segura, desde el punto de vista del proceso (mayor confiabilidad), además de obtener un ahorro evitando posibles fallas que tendrían un costo mayor para la empresa.

Según la información obtenida el sistema hidráulico fue el sistema del activo que ha tenido mayor cantidad de fallas críticas, por su alto costo y tiempo de inactividad. Destacan la avería de ambas bombas hidráulicas y una grito en el cilindro principal de 250 BAR.

Los indicadores de mantenimiento la disponibilidad y confiabilidad de la maquina es baja, dejando una clara tarea para mejorar la tasa de fallas mediante el plan de mantenimiento R.C.M.

5.1.1 Conclusiones generales.

En definitiva, el estudio indica que, al no realizarse un plan de mantenimiento preventivo efectivo, el equipo que aún es funcional presentara una mayor cantidad de fallas con el correr del tiempo bajando gradualmente su nivel de disponibilidad y confiabilidad. Esto no puede presentarse en un equipo tan importante para el reciclaje como lo es la prensa ecológica, pues su no funcionamiento significaría una reducción del reciclaje de metales a nivel regional.

Finalmente se puede deducir que la metodología R.C.M resulta de fácil aplicación, además cuenta con la ventaja de poder ser desarrollada para una amplia gama de sistemas productivos, logrando así poder aumentar la eficiencia de las actividades dentro del departamento de mantenimiento.

El uso de la matriz AM.E.F fue de gran importancia dado a que permitió un análisis rápido y eficaz, el cual permitió precisar las posibles fallas y a su vez identificar las fallas más críticas, las cuales fueron cubiertas de manera inmediata con actividades programadas.

El árbol de fallas se aplicó de forma deductiva para determinar eficazmente las causas que generan una eventual parada del equipo, así de una forma más grafica observar la conexión entre una falla y otra.

Las hojas de decisión R.C.M son una forma de deducción de tareas a realizar las cuales responden a las últimas tres preguntas de la metodología, de esta forma se realiza un plan de mantenimiento mediante un método bastante simple y preciso.

5.2 **RECOMENDACIONES.**

En primer lugar, se recomienda establecer un área de mantenimiento el cual se encargue de realizar la aplicación de una matriz A.M.E.F que les permita desarrollar un plan de mantenimiento, dado a que la empresa no cuenta con un determinado a resolver las distintas fallas que se presentan en sus equipos.

Capacitar a los operarios de los equipos para que tengan noción de los tipos de fallas a los que se pueden ver enfrentados y si está al alcance reparar de inmediato y registro de horas de detención.

Capacitar a los operarios para realizar las tareas preventivas otorgadas por el plan de mantenimiento.

Utilizar repuestos originales recomendados por el fabricante

Realizar los mantenimientos propuestos por el fabricante de forma absoluta.

Rediseñar circuito hidráulico.

6 BIBLIOGRAFÍA

MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD- Segunda Edición John MOUBRAY

ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO – Santiago GARCIA GARRIDO

INGENIERIA DE MANTENIMIENTO Y FIABILIDAD APLICADA EN LA GESTION DE ACTIVOS – Carlos Alberto PARRA MÁRQUES, Adolfo CRESPO MÁRQUES

7 **LINKOGRAFIA**

https://prezi.com/ec0qivzsv64_/norma-sae-ja1012/

<http://rcm3.org/que-es-rcm>

http://www.enovalevante.es/mantenimiento-montajes/2017/02/26/ingenieria_mantenimiento_mantenimiento_centrado_confiabilidad_rcm_parte

<https://www.monografias.com/trabajos10/implan/implan.shtml?relacionados>

<http://www.mantenimientopetroquimica.com/index.php/el-objetivo-del-rcm-y-las-fases-del-proceso>

<https://www.gestiopolis.com/rcm-mantenimiento-centrado-en-confiabilidad/>

<http://www.atlashidraulica.com/catalogos/Caracteristicas%20Tecnicas%20Prensa%20Ariete.pdf>

<http://leansolutions.co/blog-grid-layout/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>

<https://www.tdi.texas.gov/pubs/videoresources/spstpfaulttree.pdf>

<https://www.5fuerzasdeporter.com/>

http://www.gerdau.cl/files/reportes_de_sostenibilidad/Reporte-de-Sostenibilidad-2016.pdf

<http://www.ceduc.cl/aula/lebu/materiales/IC/IC-410/MANUAL%20DEL%20ESTUDIANTE%20HIDRAULICO.pdf>

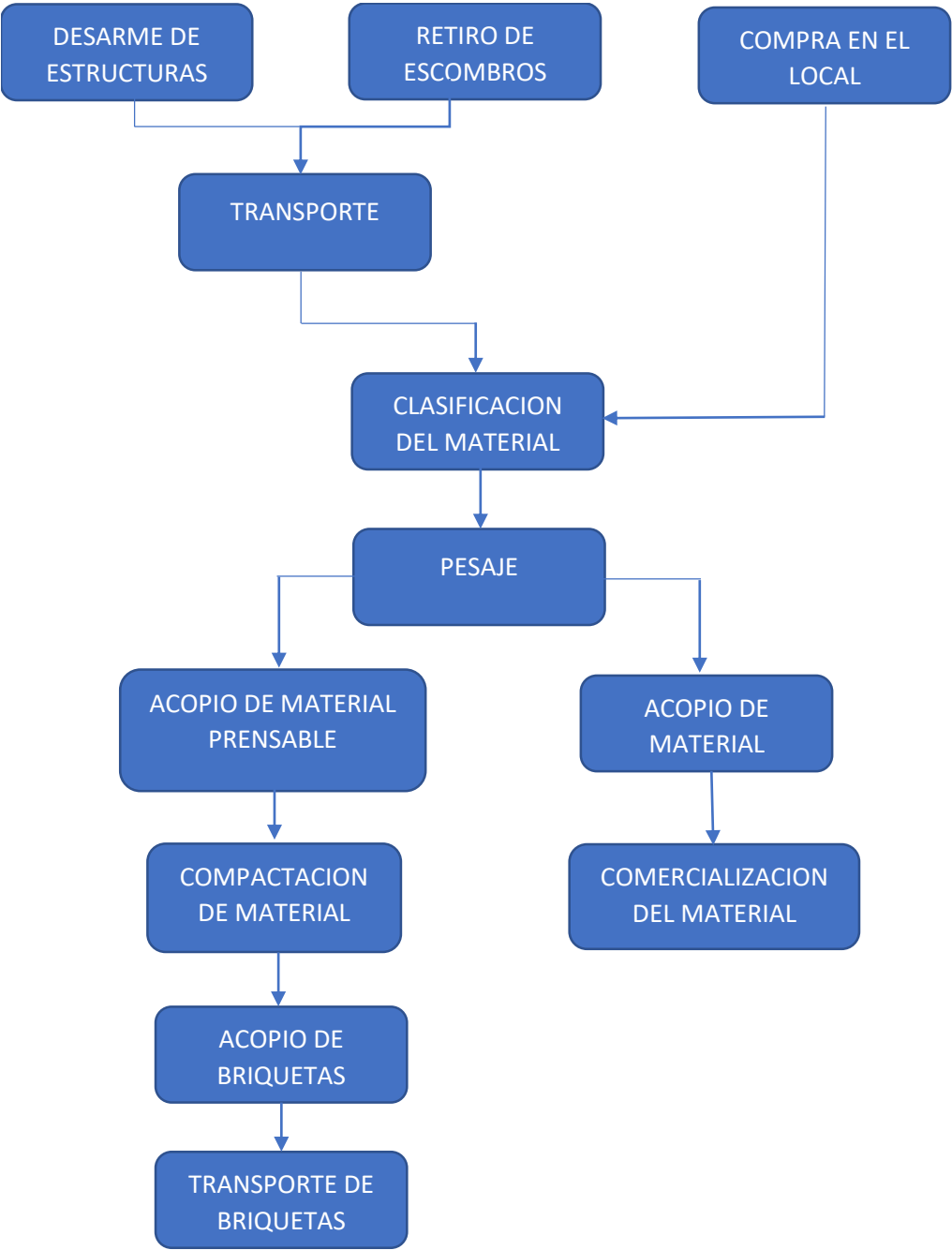
8 ANEXOS

Anexo A Fotografías de la planta:





Anexo B Proceso de reciclaje:



Anexo C Ficha técnica de montacargas:

Komatsu FG 30 T 16 R	
Carga nominal	3 t
Fabricante del motor	Nissan
Modelo motorH25	H25
Neumático estándar	L4
Rendimiento Motor	44.5 KW

Komatsu FD 50-6	
Carga nominal5 t	5 t
Fabricante del motor	KOMATSU
Modelo motor6D95L	6DL95
Neumático estándar	L4
Rendimiento motor	71 KW

Anexo D Montacargas:



Anexo E fotografía de camión ampliroll:



Anexo F Ficha técnica camiones:

Camión ampliroll	
Largo total	5050 mm
Capacidad de levante	15 ton
Peso	1640
altura de gancho	1570 mm
Bomba	21 l/min
presión Max.	4350 PSI
Cap. Estanque	100 l
Camión tolva IVECO	
Modelo	Trakker AD 410
Motor	F3D Turbo intercooler
Potencia	380 hp
cilindrada	12800 CC.
Capacidad de carga	33000 kg
volumen tolva	20 m3

Camiones M2-106 4x2 335HP EURO V	
Motor	Cummins ISL
Potencia	335 hp
Cilindrada	8900 c.c.
Largo cabina	3353 mm.

Anexo G Pala mixta:



Anexo H: Imagen de pesa romana:





Anexo I Ficha técnica pesa romana:

Pesa romana ti-500E	
Marca	transcell technology inc.
capacidad máxima	40000 kg
rango de pesos	10 kg

Anexo J Ficha técnica grúa pluma:

Grúa pluma PK 38502	
Altura Max	20,6 m
Abertura estabilizadores	6,6 m
Capacidad máxima de carga	13000 kg
Peso	3970 kg

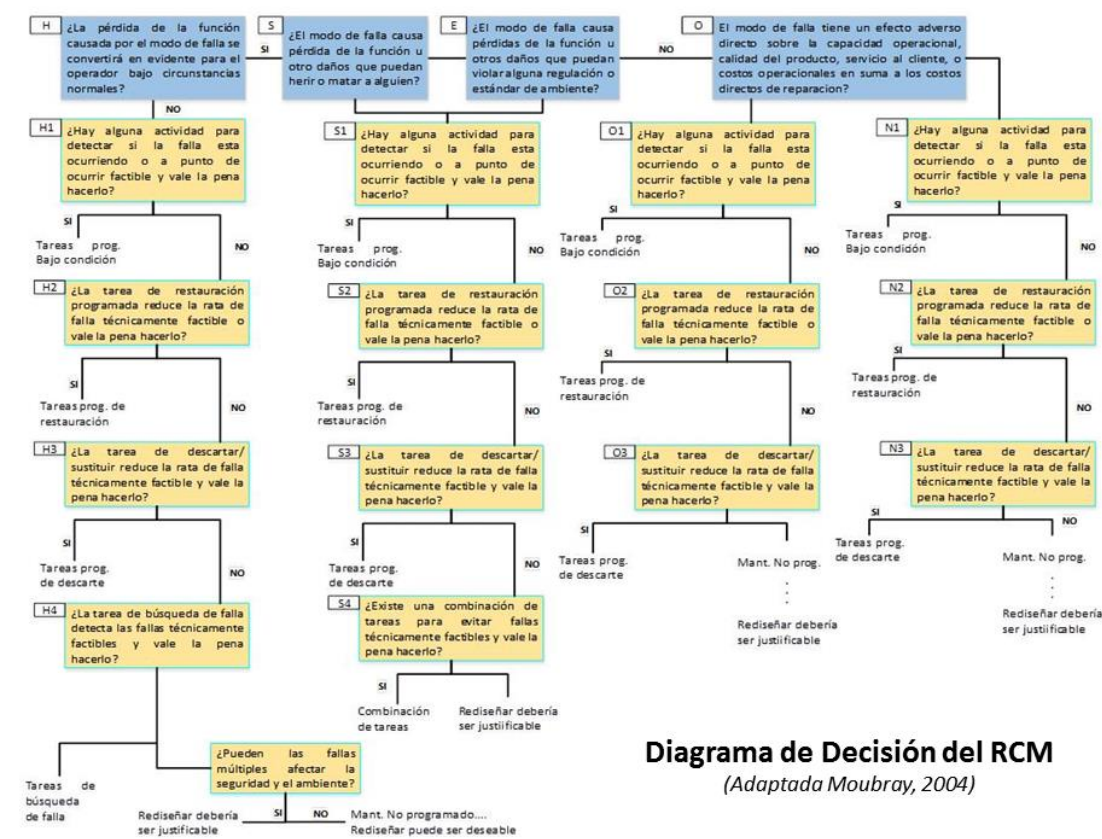
Anexo K: Fotografía de prensa ecológica:



Anexo L Ficha técnica prensa ecológica:

Prensa ecológica	
Sistema	Especificación
Motor	120 hp
Grúa	12000 kg/m
Pulpo	250 l
Potencia hidráulica	162 toneladas
Estructura	Acero HARDOX 500
Presión de trabajo	250 BAR

Anexo M Diagrama de decisión RCM:



Anexo N Severidad:

EFEECTO	RANGO	CRITERIO
No	1	Sin efecto
Muy poco	2	Cliente no molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.
Poco	3	Cliente algo molesto. Poco efecto en el desempeño del artículo o sistema.
Menor	4	El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.
Moderado	5	El cliente se siente algo insatisfecho. Efecto moderado en el desempeño del artículo o sistema.
Significativo	6	El cliente se siente algo inconforme. El desempeño del artículo se ve afectado, pero es operable y está a salvo. Falla parcial, pero operable.
Mayor	7	El cliente está insatisfecho. El desempeño del artículo se ve seriamente afectado, pero es funcional y está a salvo. Sistema afectado.
Extremo	8	El cliente muy insatisfecho. Artículo inoperable, pero a salvo. Sistema inoperable
Serio	9	Efecto de peligro potencial. Capaz de discontinuar el uso sin perder tiempo, dependiendo de la falla. Se cumple con el reglamento del gobierno en materia de riesgo.
Peligro	10	Efecto peligroso. Seguridad relacionada - falla repentina. Incumplimiento con reglamento del gobierno.

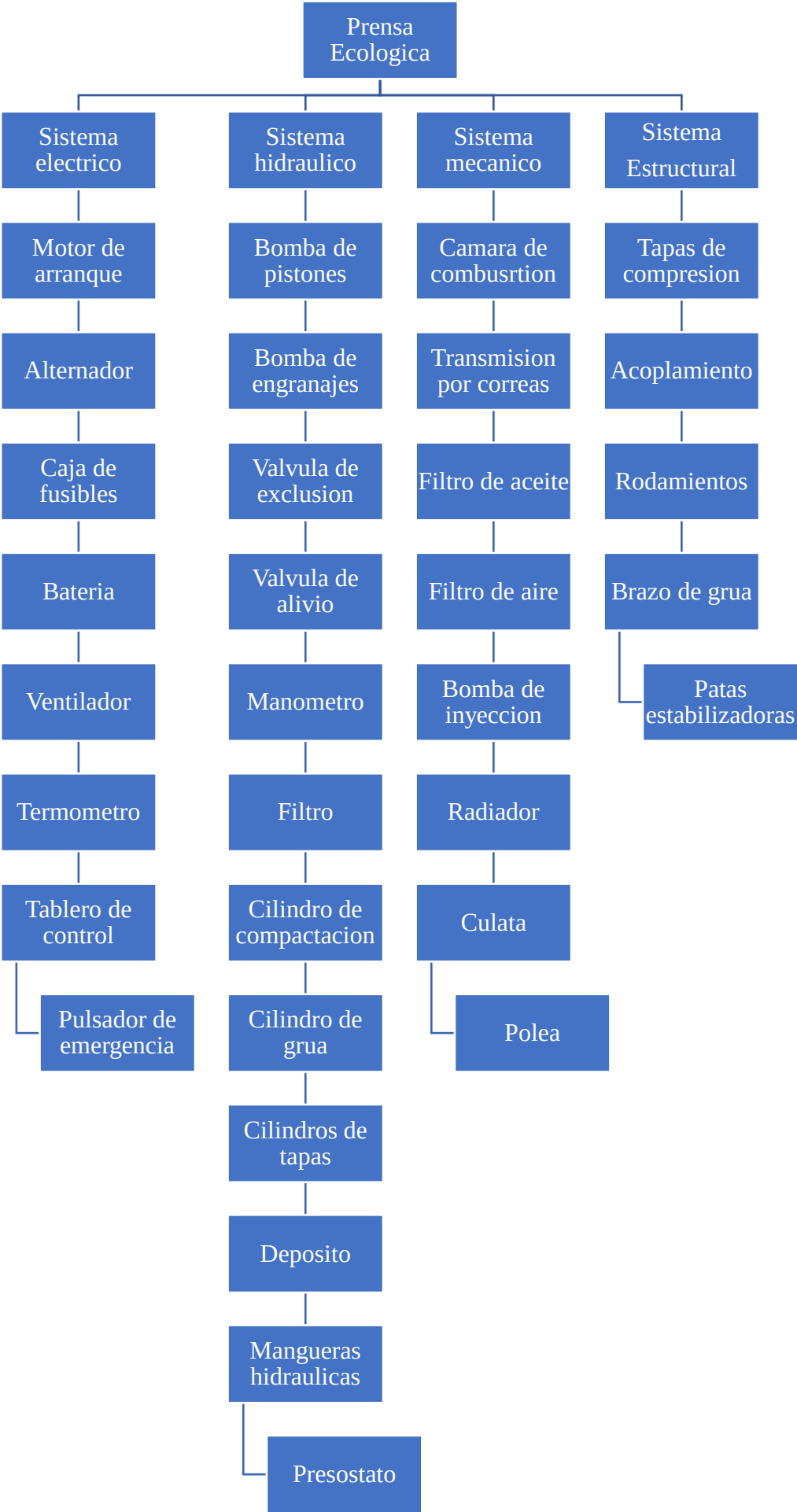
Anexo O: Detección de ocurrencia

OCURRENCIA	RANGO	CRITERIOS	PROBABILIDAD DE FALLAS
Remota	1	Falla improbable. No existen fallas asociadas con este proceso o con un producto casi idéntico.	<1 en 1,500,000
Muy Poca	2	Sólo fallas aisladas asociadas con este proceso o con un proceso casi idéntico.	1 en 150,000
Poca	3	Fallas aisladas asociadas con procesos similares.	1 en 30,000
Moderada	4	Este proceso o uno similar ha tenido fallas ocasionales	1 en 4,500
	5		1 en 800
	6		1 en 150
Alta	7	Este proceso o uno similar han fallado a menudo.	1 en 50
	8		1 en 15
Muy Alta	9	La falla es casi inevitable	1 en 6
	10		>1 en 3

Anexo P: Detección de probabilidad de falla

PROBABILIDAD.	RANGO.	CRITERIO.	PROBABILIDAD DE DETECCION DE FALLA.
Alta	1	El defecto es una característica funcionalmente obvia	99.99%
Medianamente alta	2-5	Es muy probable detectar la falla. El defecto es una característica obvia.	99.7%
Baja	6-8	El defecto es una característica fácilmente identificable.	98%
Muy Baja	9	No es fácil detecta la falla por métodos usuales o pruebas manuales. El defecto es una característica oculta o intermitente	90%
Improbable	10	La característica no se puede checar fácilmente en el proceso. Ej: Aquellas características relacionadas con la durabilidad del producto.	Menor a 90%

Anexo Q: Desglose de componentes prensa ecológica:



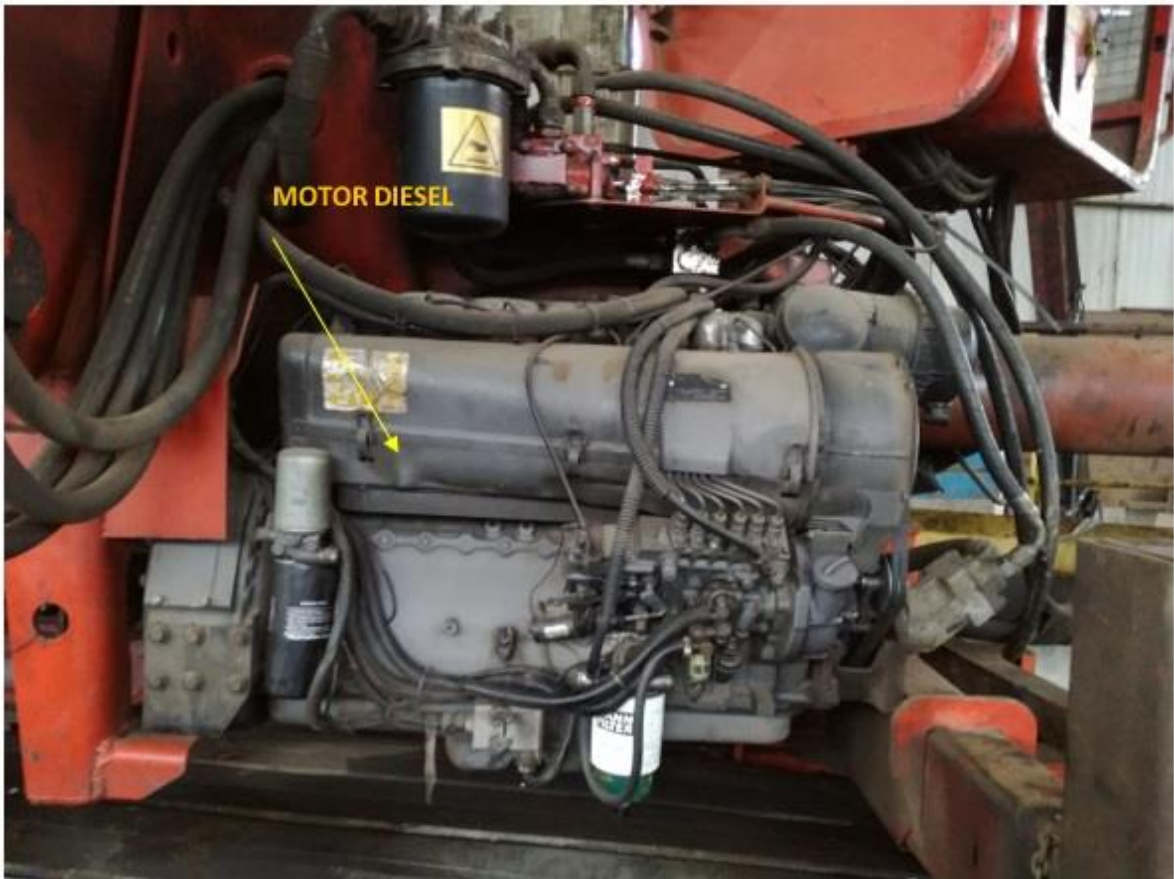
Anexo R: Identificación de componentes:



- 1. Cilindro de tapa 1
- 2. Cabina de mando
- 3. Cilindro de grúa
- 4. Motor Diesel
- 5. Cilindro compactador
- 6. Carro de arrastre



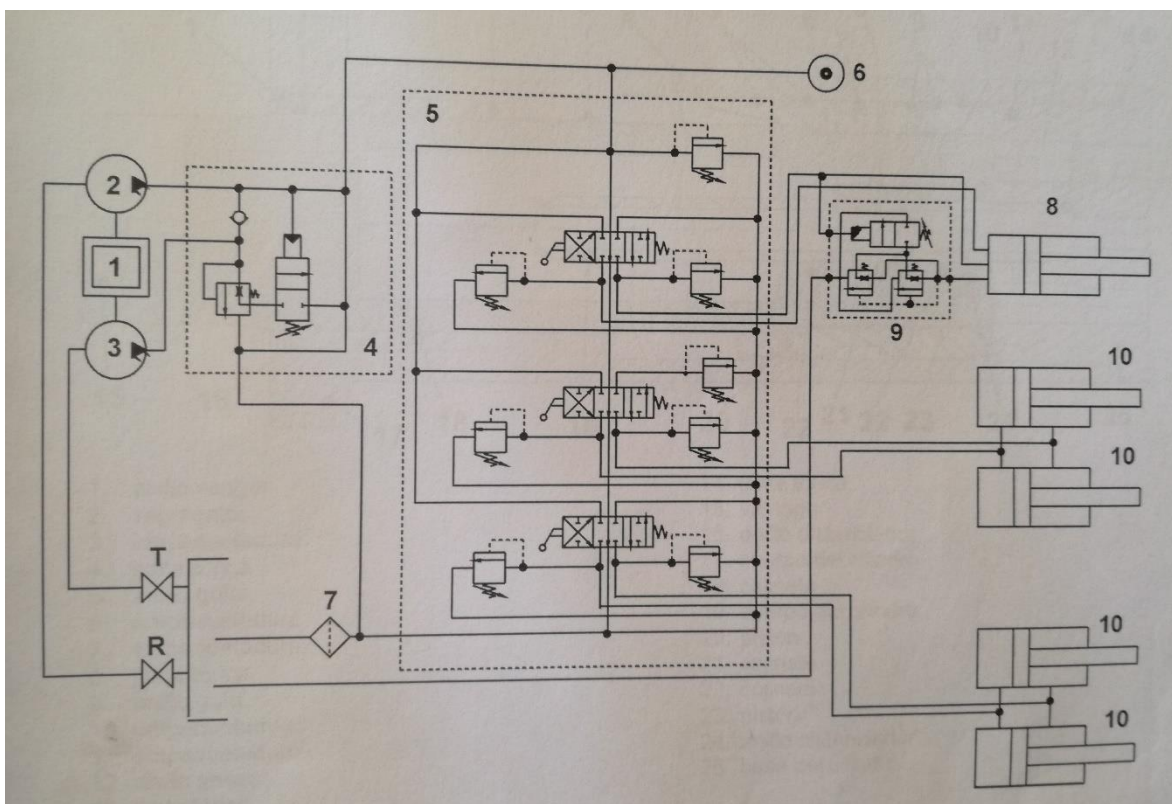
7. Área de compactación
8. Placa de compactación superior
9. Brazo de grúa hidráulica







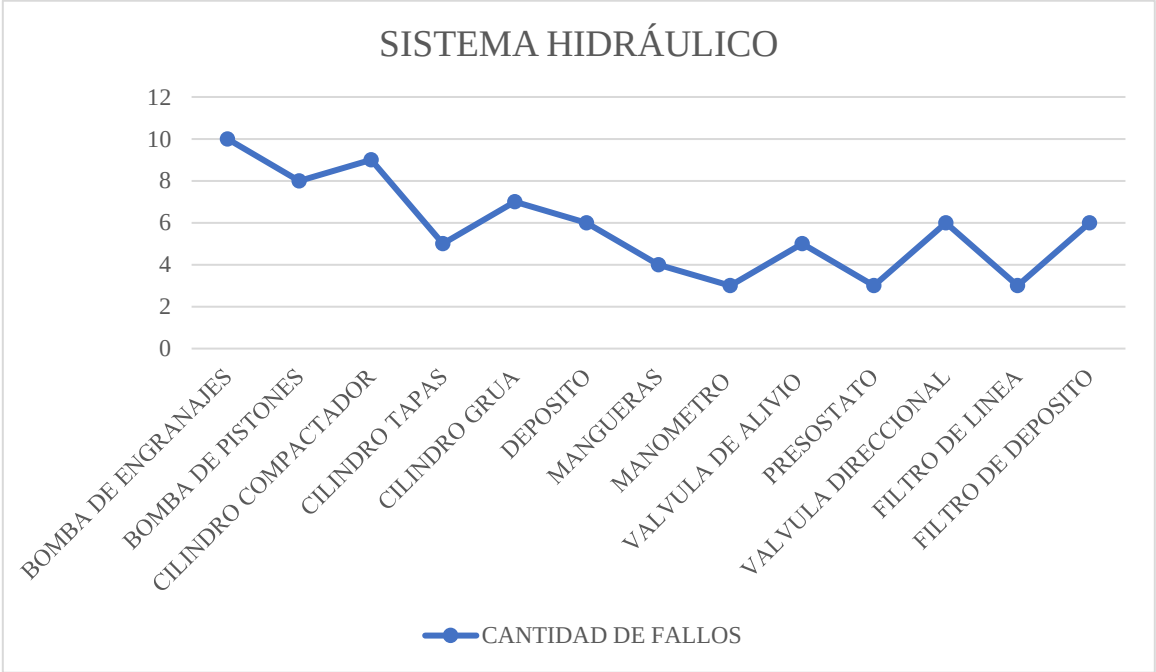
Anexo S Esquema hidráulico:



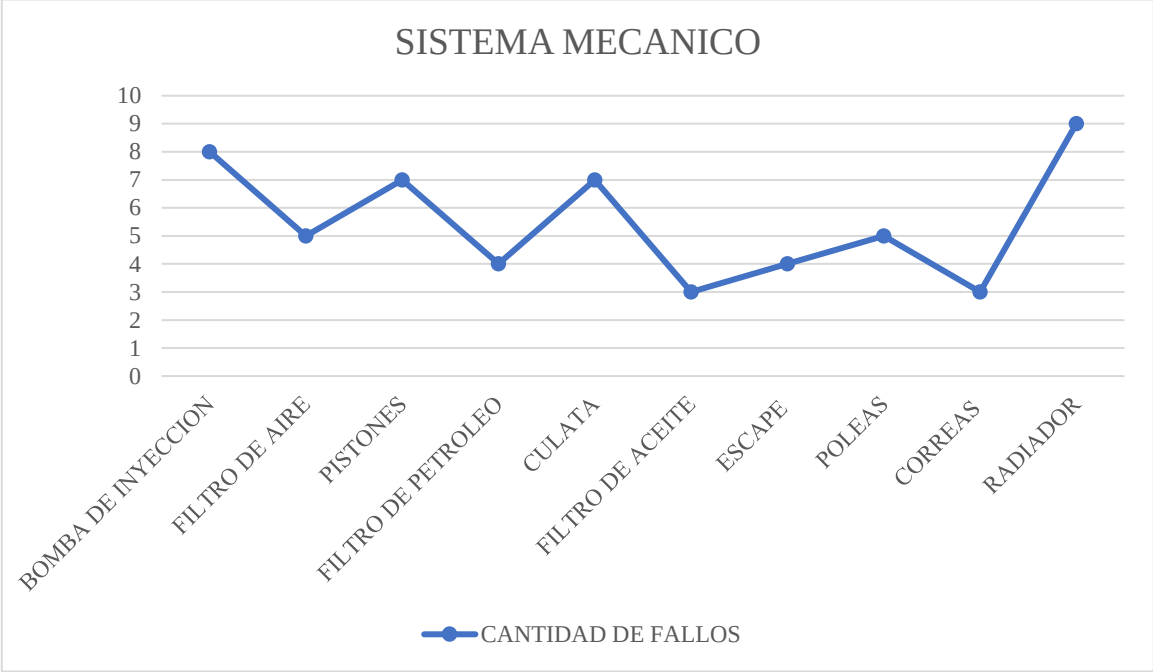
1. Motor Diesel
2. Bomba de pistones
3. Bomba de engranajes
4. Válvula de exclusión
5. Distribuidor
6. Manómetro
7. Filtro
8. Cilindro compactador
9. Válvula de cilindro compactador

- 10. Cilindro tapas
- t. Deposito
- r. Grifo

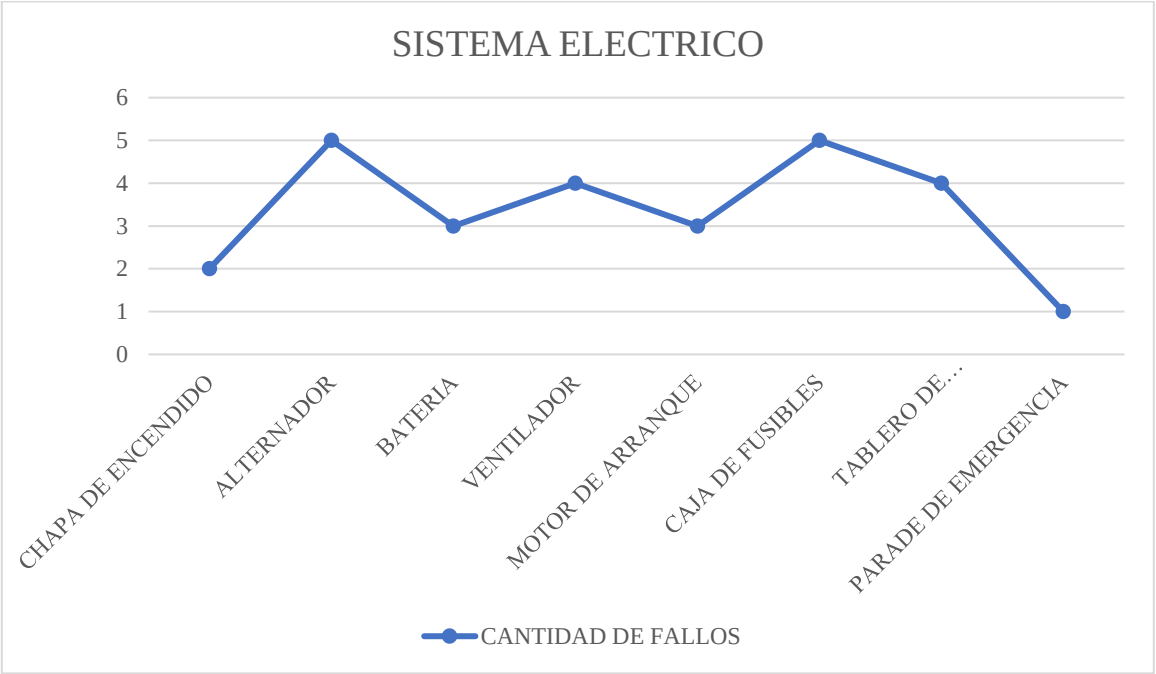
Anexo T: Cantidad de fallas sistema hidráulico:



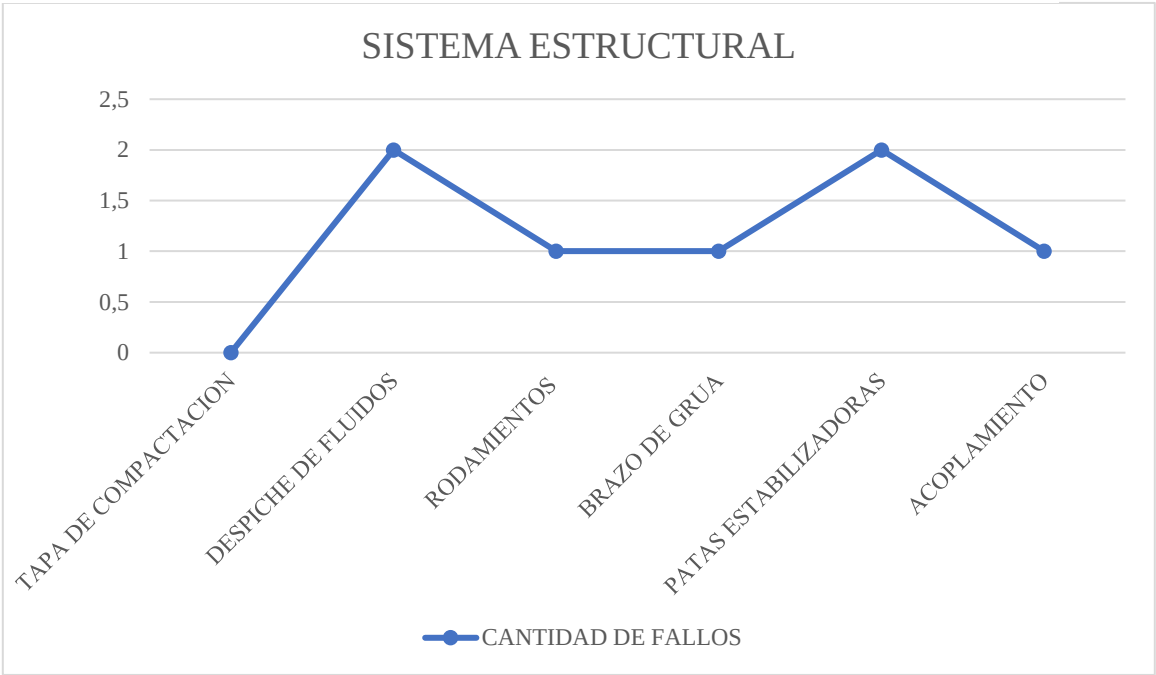
Anexo U: Cantidad de fallas sistema mecánico:



Anexo V: Cantidad de fallas sistema eléctrico:



Anexo W Cantidad de fallas sistema estructural:



Anexo X Árbol de fallas:

Es un proceso deducible utilizado para determinar varias combinaciones de falla en orden descendente mediante un diagrama analítico en un determinado equipo en el que se analiza un estado no deseado. Es uno de los métodos más utilizados en sistemas de relatividad, mantenimiento y análisis de seguridad, utilizado para comprender como los sistemas pueden fallar y así identificar las mejores formas de reducir o evitar un riesgo de falla. Este método es ampliamente utilizado en la industria, desde la ingeniería de software hasta la industria aeroespacial.

Para poder desarrollar el árbol de fallas se debe responder la siguiente pregunta bajo el contexto de un evento negativo ¿Cómo es posible que esto suceda? Al contestar esta pregunta se identifican las causas principales y como se interactúan para producir un evento no deseado. Este proceso de lógica sigue hasta identificar todas las causas posibles.

A lo largo de este proceso se utiliza un diagrama de árbol para grabar los eventos identificados. Las ramas del árbol terminan cuando estén completos todos los eventos que resultan en el evento negativo. Se usan símbolos para representar varios eventos y para describir relaciones:

	Puerta Y: Representa una condición en la cual todos los eventos mostrados debajo de la puerta tienen que estar presentes para que ocurra el evento arriba de la puerta. Esto significa que el evento de resultado ocurrirá solamente si todos los eventos de entrada existen simultáneamente.
	Puerta O: Representa una situación en la cual cualquier de los eventos mostrados debajo de la puerta llevarán al evento mostrado arriba de la puerta. El evento ocurrirá si solamente uno o cualquier combinación de los eventos de entrada ocurre.
	Rectángulo: Es el principal componente básico del árbol analítico. Representa el evento negativo y se localiza en el punto superior del árbol y puede localizarse por todo el árbol para indicar otros eventos que pueden dividirse más. Este es el único símbolo que tendrá abajo una puerta de lógica y eventos de entrada.
	Círculo – un círculo representa un evento base en el árbol. Estos se encuentran en los niveles inferiores del árbol y no requieren más desarrollo o divisiones. No hay puertas o eventos debajo del evento base.
	Diamante: Este símbolo identifica un evento terminal sin desarrollar. Tal evento es uno no completamente desarrollado debido a una falta de información o significancia. Una rama del árbol de fallas puede

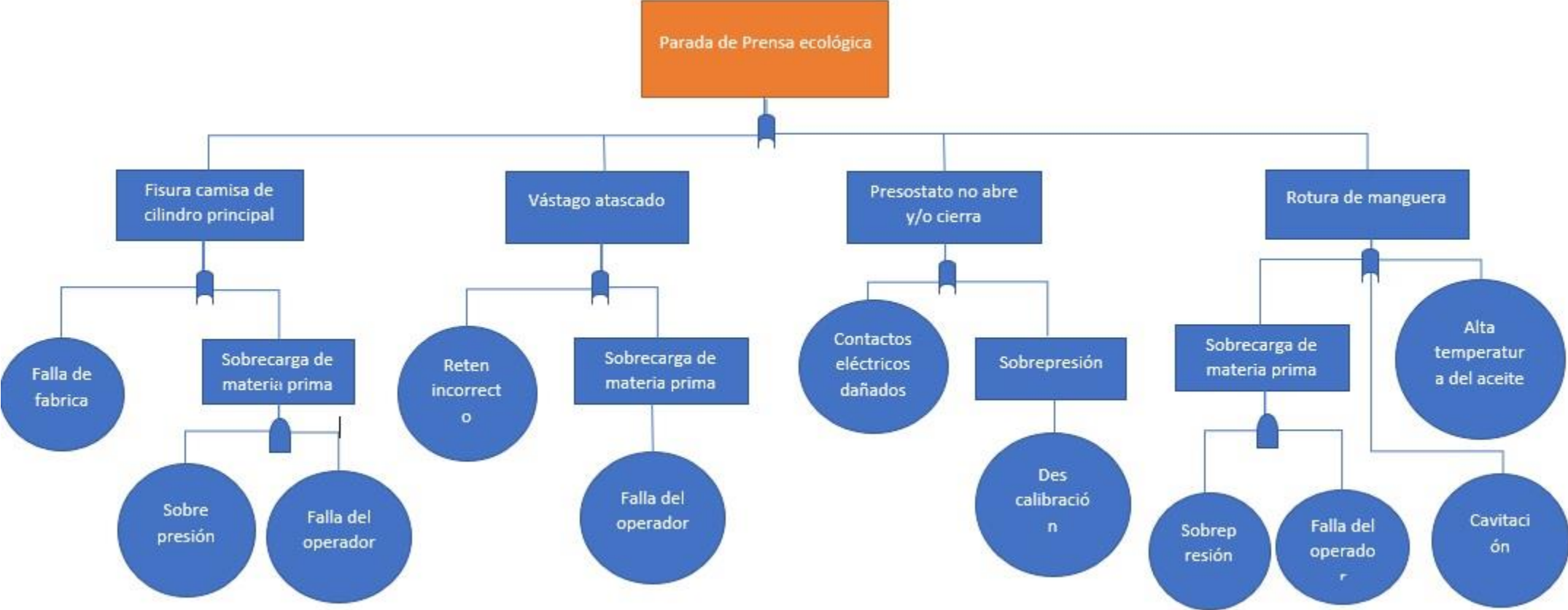
	terminar con un diamante. Por ejemplo, la mayoría de los proyectos requieren personal, procedimientos, y equipo. El desarrollador del árbol tal vez se decida enfocarse en el aspecto de personal del procedimiento y no en los aspectos del equipo o procedimientos. En este caso el desarrollador usaría diamantes para mostrar “procedimientos” y “equipo” como eventos terminales no desarrollados.
	Óvalo: Un símbolo de óvalo representa una situación especial que puede ocurrir solamente si ocurren ciertas circunstancias. Esto se explica adentro del símbolo del ovalo.
	Triángulo: Significa una transferencia de una rama del árbol de fallas a otro lugar del árbol. Donde se conecta un triángulo al árbol con una flecha, todo que esté mostrado debajo del punto de conexión se pasa a otra área del árbol. Esta área se identifica con un triángulo correspondiente que se conecta al árbol con una línea vertical. Letras, números o figuras diferencian un grupo de símbolos de transferencia de otro. Para mantener la simplicidad del árbol analítico, el símbolo de transferencia debe usarse con moderación.

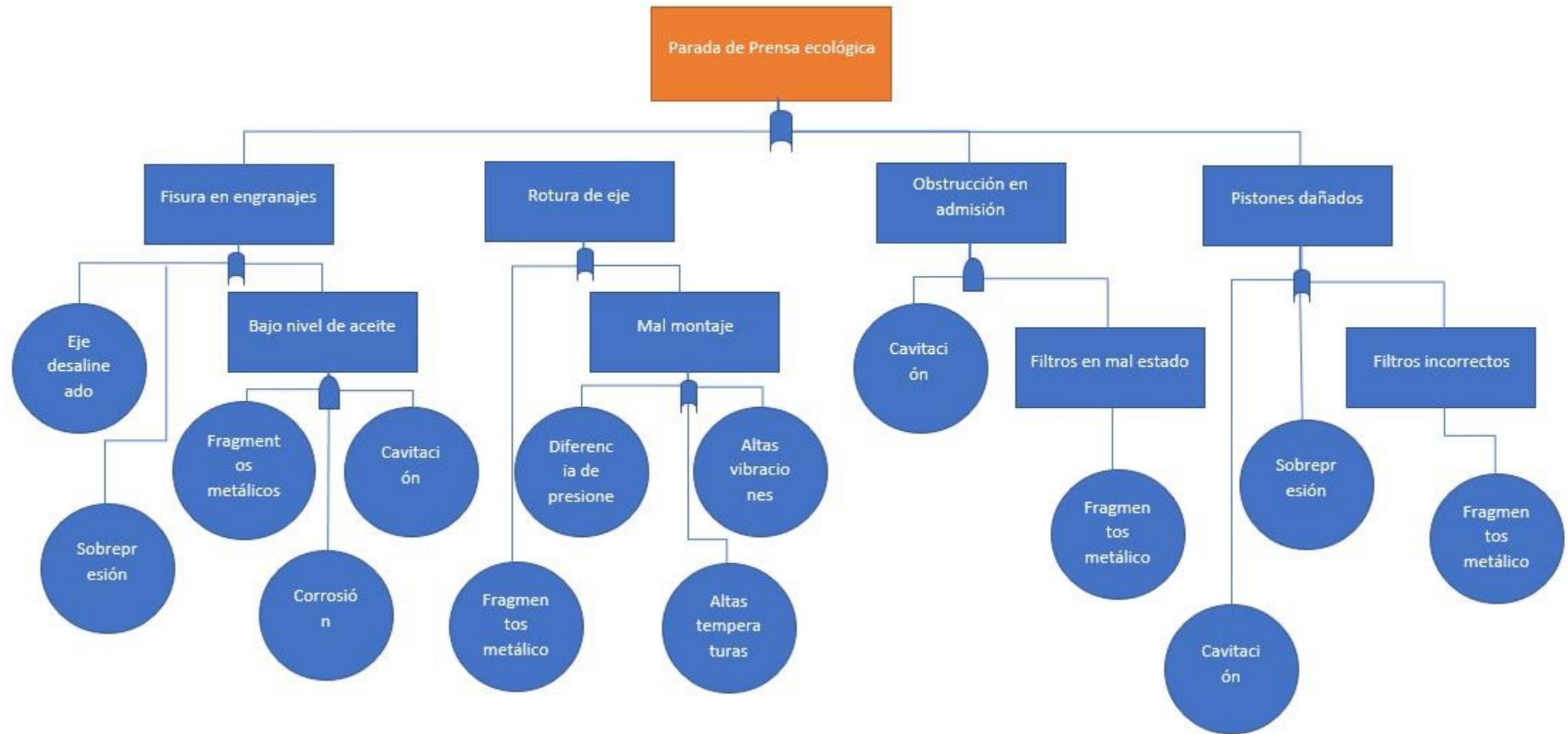
El análisis FTA consta de los siguientes pasos:

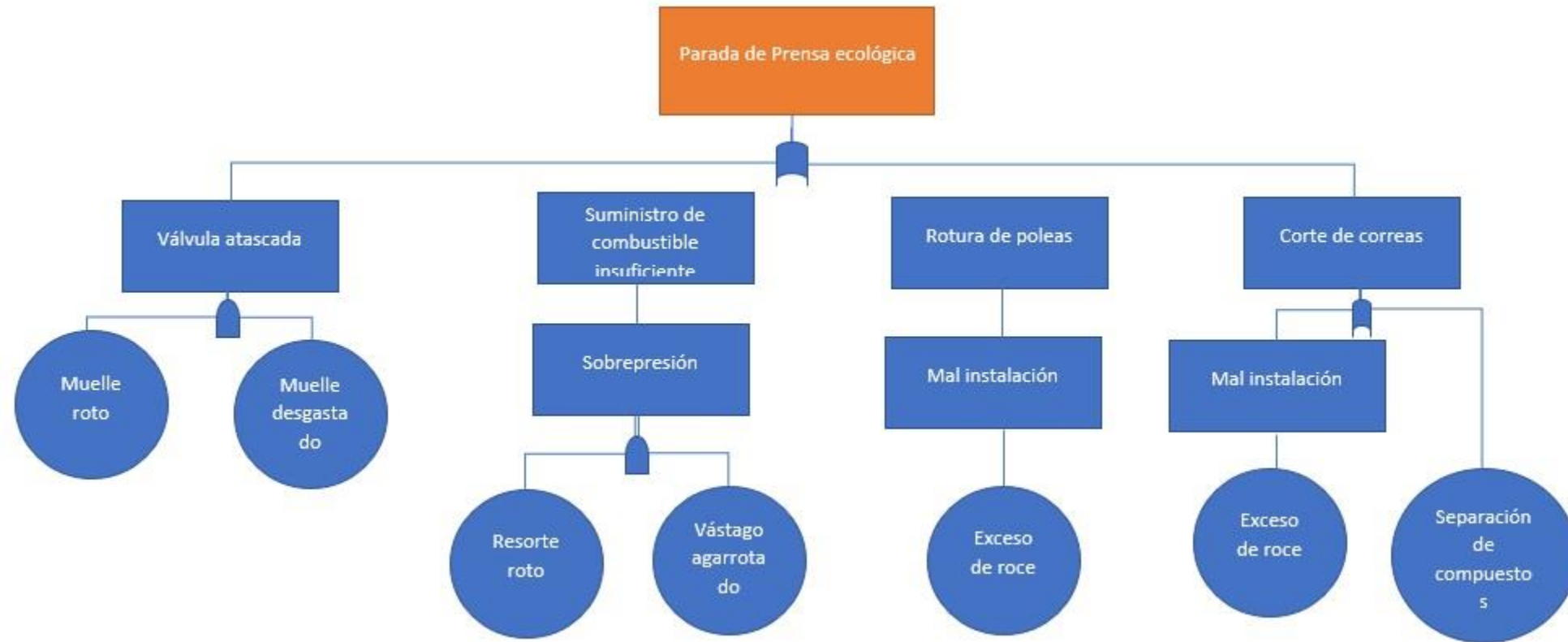
1. Definir el evento superior
 2. Conocer el sistema
 3. Construir el árbol
 4. Validar el árbol
 5. Evaluar el árbol
 6. Considerar cambios constructivos
 7. Considerar alternativas y medidas.
- Evento superior: para definir el evento superior, se debe identificar el tipo de falla que se va a investigar. Esto se podría considerar como el resultado final de un incidente.
 - Conocer el sistema: se debe estudiar la información disponible sobre el sistema y su ambiente de trabajo. Puede ser de ayuda un análisis de trabajo para determinar la información necesaria.
 - Construir el árbol: se emplean los símbolos mencionados en la tabla del árbol de fallas para la construcción del árbol según sea su símbolo.
 - Validación del árbol: Realizada por una persona experta en el área que verifique que el árbol esta completo y exacto.
 - Evaluación del árbol: Como todo estudio, debe ser analizado para poder examinar las áreas donde puedan hacerse mejoras en la aplicación de esta técnica.
 - Considerar cambios constructivos: Se buscan oportunidades de mejoras en los procedimientos antes de implementarlos.

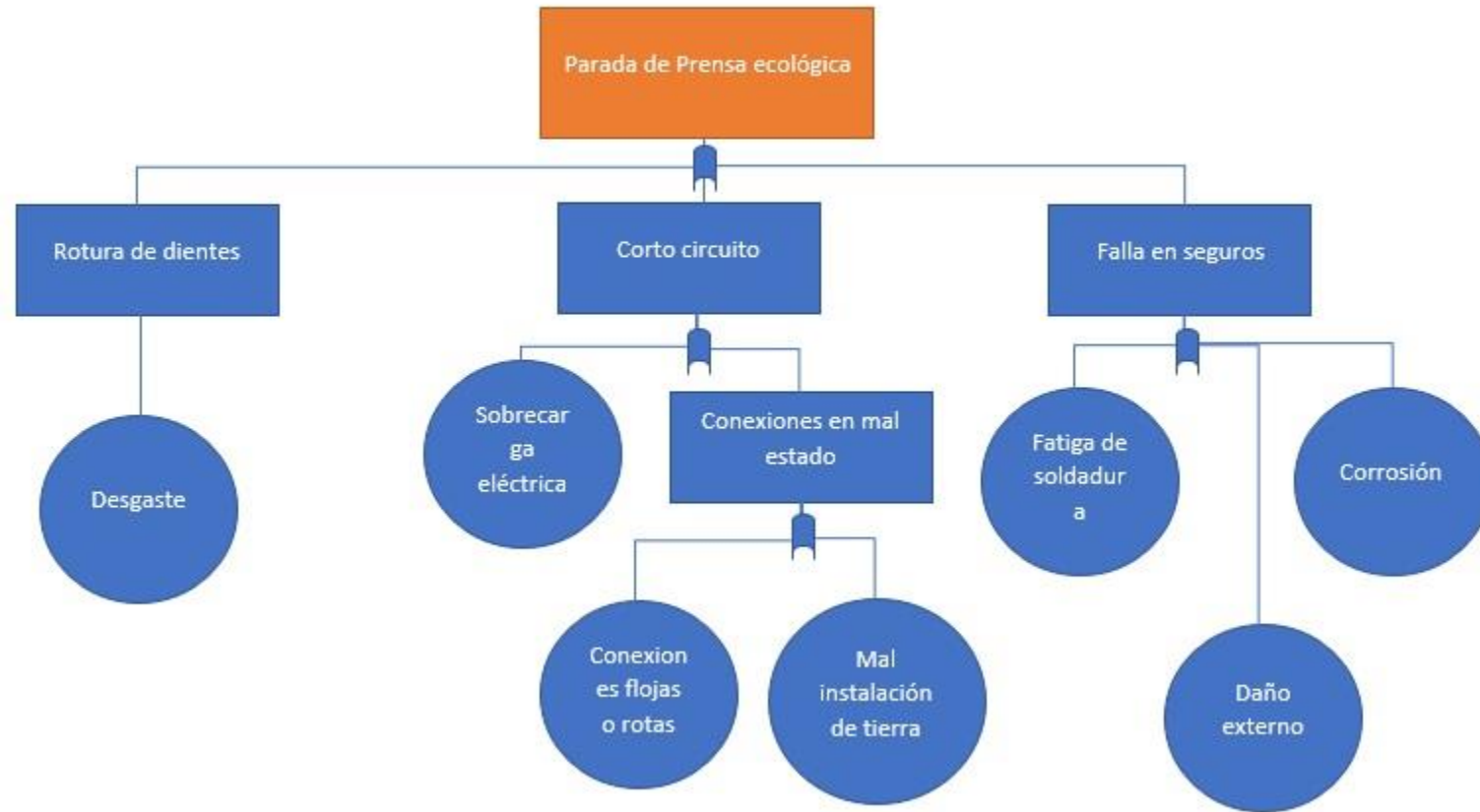
- Considerar alternativas: En este paso se recomiendan acciones correctivas o medidas preventivas según sea el caso.

Anexo Y Aplicación del árbol de fallas:









Anexo Z AMEF Subsistema hidráulico:

SUBSISTE MA	HIDRAULICO												
Referencia	Compone nte	función		Falla funcional		Modo de falla		Efecto de falla	Causa de falla	S	O	D	NP R
Bombas	Bomba de engranajes	Producir presiones de 250 BAR para poder alimentar las líneas hidráulicas de la grúa principal, cilindros hidráulicos de las tapas y los cilindros compactadores.	1	No genera presión de 250 BAR	A	Fisura en engranajes	1	no genera presión hidráulica	Bajo nivel de aceite	7	3	6	126
									eje desalineado	8	5	9	360
									Sobre presión	8	4	5	160
									Desgaste corrosivo	7	5	9	315
									desgaste por cavitación	6	5	9	270
									fragmentos metálicos en bomba	7	7	5	245
						Rotura del eje	2	no genera presión hidráulica	Altas vibraciones	7	7	6	294
									Mal montaje	8	5	8	320
									Sobrecarga de presión	8	6	8	384
									Altas temperaturas de trabajo	6	6	4	144
									Diferencia de presiones	9	5	8	360

								Presencia de fragmentos metálicos en aceite	8	6	7	336				
								Rodamiento falla	3	perdida de presión	fatiga de rodamiento	8	4	8	256	
											eje desalineado	8	5	9	360	
											Altas temperaturas de trabajo	7	6	4	168	
											Corrosión	7	4	9	252	
											Falta lubricación	6	4	9	216	
				No genera caudal de 30 l/min	B	Obstrucción en la admisión	1	Bajo caudal	Cavitación	6	5	8	240			
									Presencia de fragmentos metálicos en aceite	7	6	7	294			
				Bomba de pistones	Producir presiones de 220 BAR para poder alimentar las líneas hidráulicas de la grúa principal, cilindros hidráulicos	2	No genera presión de 220 BAR	A	Pistones dañados	1	no genera presión hidráulica	Filtros incorrectos	8	4	5	160
												sobrepresión	7	4	6	168
Desgaste corrosivo	7	4	9									252				
Desgaste por cavitación	7	4	9									252				
Rodamiento falla	2	perdida de presión	fatiga de rodamiento						8	4	8	256				
			eje desalineado						8	5	5	200				

		de las tapas y los cilindros compactadores.							Altas temperaturas de trabajo	7	6	4	168			
									Corrosión	7	4	9	252			
									Falta lubricación	6	4	6	144			
									Rotura del eje	3	no genera presión hidráulica	Altas vibraciones	7	7	6	294
												Mal montaje	8	5	7	280
												Sobrecarga de presión	7	6	8	336
												Altas temperaturas de trabajo	6	6	5	180
												Pistones dañados	8	4	6	192
												Diferencia de presiones	9	5	8	360
												Presencia de fragmentos metálicos en aceite	8	6	7	336
				No genera un caudal de 28 l/min	B	Obstrucción en la admisión	1	Bajo caudal	Cavitación	7	6	7	294			
									Presencia de fragmentos metálicos en aceite	7	7	8	392			
Cilindros hidráulicos	Cilindro compactador	Comprimir el material metálico a	3	No genera la presión necesaria	A	Grieta en camisa del cilindro	1	Parada de equipo	corrosión en camisa	9	5	10	450			
									Sobre	10	4	9	360			

		250 BAR		para la compresión				presión							
								Falla de fabrica	10	6	10	600			
								fugas en retenes	2	Falta de rendimiento en la compactación	Desgaste excesivo de las juntas y empaquetaduras de estanqueidad	7	6	5	210
								Estrías en el vástago o cuerpo del cilindro	7	6	5	210			
								Aceite sobrecalentado	6	5	7	210			
								Vástago del pistón pandeado	3	Maquina no completa movimientos	reten incorrecto	7	4	6	168
											Sobre carga de material	8	5	5	200
								vástago se mueve lentamente	4	Maquina no completa movimientos	Aire en el sistema hidráulico	8	6	7	336
								Cilindros de tapas	Cerrar tolva mediante 4 cilindros hidráulicos de 220 BAR que impiden	4	No genera la presión necesaria para cerrar la tolva	A	fugas en retenes	1	Falta de rendimiento en la compactación

		la salida de material							Estrías en el vástago o cuerpo del cilindro	7	6	7	294			
									Aceite sobrecalentado	6	5	7	210			
									Vástago del pistón pandeado	2	Maquina no completa movimientos	reten incorrecto	8	5	6	240
												Sobre carga de material	8	5	5	200
									vástago se mueve lentamente	3	Maquina no completa movimientos	Aire en el sistema hidráulico	8	6	7	336
	Cilindros Grúa	Accionar garras de la grúa para seleccionar fierro e ingresar a la cámara de compactación mediante 4 cilindros de 180 bar.	5	No genera 180 BAR necesarios para recoger el material	A	fugas en retenes	1	Falta de rendimiento en el equipo	Desgaste excesivo de las juntas y empaquetaduras de estanqueidad	7	5	5	175			
									Estrías en el vástago o cuerpo del cilindro	7	4	7	196			
									Sobre carga de peso máximo	6	5	5	150			
									Aceite sobrecalentado	6	5	7	210			

						Pistón se mueve lentamente	2	Maquina no completa movimientos	Aire en el sistema hidráulico	8	4	7	224
Depósito del aceite hidráulico	Deposito	Contener 650 litros de aceite hidráulico	6	Pérdida de aceite hidráulico	A	Filtración en sellos	1	Pérdida del fluido	Falla en sellos	6	7	3	126
									Golpe en operación	5	7	4	140
									Sobrepresión en deposito	6	4	9	216
		Suministrar aceite hidráulico a las bombas	7	No proporciona correctamente el aceite	A	Burbujas en aceite	1	Desgaste por cavitación	Espuma en el aceite	5	4	9	180
									Aire forzado en el estanque	4	5	9	180
									Desaireación incompleta	4	5	8	160
Líneas hidráulicas	Mangueras hidráulicas	Vías de transmisión de energía hidráulica	8	No transporta el aceite por el sistema hidráulico	A	Obstrucción en la red	1	perdidas de carga	Filtros incorrectos	7	4	3	84
									Mal instalación de filtros	6	4	6	144
									alta viscosidad del aceite	7	5	8	280
						rotura de manguera	2	Parada de equipo	sobrepresión	9	6	6	324
									Alta temperatura del aceite	8	7	6	336
									desgaste por	8	6	8	384

									cavitación				
Seguridad del sistema hidráulico	Manómetro	instrumento implementado para medir la presión del fluido 350 BAR	9	No proporciona información correcta de la presión del sistema	A	lectura de presión incorrecta	1	Aumento o disminución de presión	Reiteradas sobrepresiones	6	4	5	120
									Corrosión en el lubricante	7	3	4	84
									Pulsación	7	5	5	175
	Válvula de alivio	Aliviar la presión en el sistema hidráulico para proteger sus componentes de una sobre presión mayor a 350 BAR	10	Presión no regulada por la válvula	A	Válvula no regula presión	1	Presión y caudal fuera de lo normal	Falla en el asiento de la válvula	7	5	5	175
									Desgaste por Sobre presión continua	6	4	6	144
									Retenes dañados	6	5	6	180
									Presión de configuración muy baja	5	6	7	210
									Rotura de resorte	7	5	10	350
	Presostato	Abrir y cerrar el circuito hidráulico mediante un sistema eléctrico	11	No controla el circuito hidráulico	A	No abre y/o cierra circuito hidráulico	1	Maquina no completa movimientos	Contactos eléctricos Dañados	8	4	9	288
				No regula la presión de trabajo	B	Sobre presión o presión deficiente	1		Presostato mal regulado	8	5	6	240

Válvulas del sistema hidráulico	Válvulas direccionales	Permiten el paso del fluido hidráulico	1 2	el aceite hidráulico no llega a los cilindros	A	Falta de hermeticidad	1	Contaminación ambiental	Mal instalación	7	5	6	210
									Corrosión en cañerías	7	4	6	168
									Alta temperatura de trabajo	6	5	5	150
									Falla en el asiento de válvula	7	5	8	280
					Válvula se atasca al cerrar	2	Parada de equipo		muelle desgastado	8	5	6	240
									Muelle roto	8	4	8	256
Filtros del sistema hidráulico	Filtro de línea	Filtrar las partículas originadas por la fricción de los componentes móviles de la máquina	1 3	No filtra el aceite hidráulico	A	Filtro tapado	1	Aumento de presión en bombas	Partículas metálicas en fluido	7	5	6	210
									Exceso de suciedad externa	5	6	7	210
	Filtro de depósito	Filtrar las partículas originadas por la fricción de los componentes móviles de la máquina y	1 4	No filtra el aceite hidráulico	A	Filtro tapado	1	No limpia el fluido que succionan las bombas	Partículas metálicas en depósito	7	5	6	210
									Exceso de suciedad externa	6	7	7	294

		elementos externos										
--	--	-----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Anexo AA AMEF subsistema mecánico:

SUBSISTE MA	MECANICO											
Referencia	Compone nte	función		Falla funcional		Modo de falla		Efecto de falla	Causa de falla	S	O	D
Motor	Bomba de inyección	Inyectar combustib le a presión a las unidades del motor	1	Combustibl e no llega a los inyectores	A	Suministro deficiente o irregular de combustibl e	1	funcionamiento irregular del motor	Desgaste	10	7	4
									Vástago de válvula agarrotado	10	4	3
									Resorte roto	10	4	3
						fuga de combustibl e	2	Motor no arranca	Válvulas rotas	10	3	5
						Mal mantenimiento	10		3	5		
						Fuga en los sellos de la culata	3	Motor se detiene	Sobre presión en cámara	9	6	6
	ataque químico	9	5	7								
	Filtro de aire	Admisión de aire limpio a los cilindros	2	poco o nulo aire en la compresión	A	Filtro de aire colmado	1	Problemas en la combustión	Contaminación ambiental	7	8	6
Filtro de aire roto						2	Desgaste en pistones y camisas del cilindro	Mal mantenimiento	8	7	8	

						Filtro de aire mal instalado	3	degaste en pistones y camisas del cilindro	Mal instalación	8	6	8
	Cámara de compresión	Transmite potencia al eje	3	No genera explosión	A	Motor no comprime	1	Motor no arranca	Desgaste del pistón	8	5	7
						Baja compresión	2	Perdida de potencia	Desgaste del pistón	8	5	7
						Desbalanceo	3	Vibración mecánica	Falla en montaje	9	4	7
									Deformación	9	4	7
						Detonaciones	4	Sobrecalentamiento del motor	Deformación	8	6	7
									Mal sincronismo	7	5	8
									Desgaste en camisa	8	4	7
									Rotura de camisa	8	4	9
	Filtro de petróleo	Protege el motor de impurezas en el combustible	4	No filtra partículas		Filtro Sucio		Daño en los inyectores	Petróleo contaminado	7	7	8
									Humedad excesiva	6	5	9
lubricación	Culata	Recubre el volumen donde se produce la combustión	5	No lubrica el motor	A	Baja compresión	1	Perdida de potencia	Deformación de culata	7	7	6
									Desgaste de camisa	8	4	8
									rotura de culata	9	6	6

		n						Sobrecalentamiento del motor	Rotura de culata	9	6	6
									Deformación de culata	8	7	8
									Desgaste de camisa	9	5	8
	Filtro de aceite	Protege el motor de impurezas en el aceite	6	No filtra partículas		Filtro Sucio		Contaminación en el motor	Fragmentos metálicos en aceite	8	7	8
									Partículas contaminantes del exterior	7	6	9
									Agua en culata	8	4	7
Gases	Escape	Recoger gases de la combustión hasta la atmosfera	7	Emisión de gases altamente contaminantes	A	Fuga de gases	1	Contaminación ambiental	Catalítico dañado	8	7	6
									Filtro de petróleo en mal estado	8	7	8
									Filtro de petróleo incorrecto	9	6	9
									Filtro de aceite en mal estado	8	7	8
									Filtro de aceite incorrecto	9	6	9
									Rotura en línea de escape	8	5	6
Transmisión	Poleas de transmisión	Transmite la energía mecánica	8	Poleas no giran	A	Rotura de poleas	1	Maquina no genera energía eléctrica	Exceso de roce	7	4	8
									Mal instalación de correas	7	5	5

		del motor al alternador										
	Correas de transmisión	Transmite la energía mecánica del motor al alternador	9	No transmite energía al alternador	A	Corte de correas	1	Maquina no genera energía eléctrica	exceso de roce	7	4	6
									mal instalación de correas	7	5	5
									Separación de compuestos	8	3	6
						no transmite potencia	2	Maquina no genera energía eléctrica	Desgaste prematuro de correas	7	4	9
									Exceso de temperatura de trabajo	6	6	9
									Perdida de tensión	6	8	6
Refrigeración	Radiador	Reduce las altas temperaturas que se generan en el motor debido a la combustión mediante aire y liquido	10	Motor se sobrecalienta	A	No enfría el motor	1	Sobrecalentamiento del motor	Grietas en radiador	7	4	5
									termostato averiado	7	4	5
									Ventilador no funciona	7	3	5
									Mangueras flojas o rotas	8	3	5
									Problemas de obstrucción en mangueras	6	4	5
		Traslada liquido refrigerant	11	El líquido refrigerante no fluye	A	Fuga de refrigerante	1		Sobre dimensionamiento	9	5	5

		e				Rotura de tubería	2		Corrosión	9	4	5
--	--	---	--	--	--	-------------------	---	--	-----------	---	---	---

Anexo BB AMEF Subsistema eléctrico:

SUBSISTEMA	ELÉCTRICO											
Referencia	Componente	función		Falla funcional		Modo de falla		Efecto de falla	Causa de falla	S	O	D
Motor	Chapa de encendido	Encender el motor Diesel de la maquina mediante una llave	1	No enciende el equipo	A	Problemas para encender equipo	1	Motor no enciende	Constante operación forzada	4	5	3
									resorte averiado	5	3	4
									llave gastada	2	2	3
	alternador	Transformar la energía mecánica en energía eléctrica para cargar la batería y proporcionar el suministro eléctrico a la maquina	2	No genera corriente alterna	A	No carga batería	1	Pérdida de energía eléctrica	Conexiones flojas o rotas	4	3	3
									Correa no transmite energía mecánica	7	4	4
	Batería	Proveer energía	3	No almacena energía	A	No posee energía para	1	Motor no enciende	Corrosión en bornes	3	5	6

		eléctrica para el encendido		eléctrica		encendido			conexiones eléctricas flojas o rotas	4	4	7
									Alternador en mal estado	5	3	8
		Estabilizador de voltaje en el sistema eléctrico	4	Maquina funciona irregularmente	A	Variación en voltaje	1	Maquina no completa movimientos	Cable a tierra flojo o roto	4	4	7
									Alternador en mal estado	5	3	8
	Ventilador	Disipar el calor en el radiador mediante aire forzado	5	No genera convección	A	No enfría el refrigerante	1	Temperatura del aceite demasiado elevada	Suciedad que obstruye la masa radiante	5	4	5
									Falla en el termostato	7	5	3
									Hélice no gira	7	3	2
	motor de arranque	Rompe la inercia para arrancar el motor	6	No arranca el motor	A	Rotura de dientes	1	Motor no arranca	Desgaste de dientes	8	6	6
						la válvula no se acciona	2	Motor no arranca	Falla solenoide	7	5	7
									obstrucción en la válvula	7	6	7
Seguridad	Caja de fusibles	Proteger de una sobre carga eléctrica al sistema	7	Maquina pierde funciones	A	Cortocircuito	1	Pérdida de energía eléctrica	Sobrecarga eléctrica	7	5	8
									mal conexión a tierra	7	6	8
	Parada de emergencia	Detener el equipo para prevenir	8	No detiene el equipo en emergencias	A	Cortocircuito	1	Maquina no enciende	Conexiones flojas o rotas	9	5	9
									Botón trabado	6	3	6

		situaciones que puedan poner en peligro a las personas y al equipo										
Información	Tablero de control	Entregar información de parámetros de funcionamiento de la maquina	9	No enciende luces de emergencia	A	no enciende alarmas de emergencia	1	No entrega información de parámetros	Corrosión en conectores	7	4	5
									Fusibles en mal estado	7	5	4
									Conexiones flojas o rotas	7	5	4
									Cortocircuito	7	5	6

Anexo CC AMEF subsistema estructural:

SUBSISTEMA	ESTRUCTURAL												
Referencia	Componente	función		Falla funcional		Modo de falla		Efecto de falla	Causa de falla	S	O	D	NP R
Tolva	Tapas de compactación	Soportar las cargas efectuadas por la compactación	1	Deformación en superficie	A	oxido en superficie	1	desgaste prematuro	Contaminación ambiental	5	3	2	30
									Fluidos corrosivos presentes en materia prima	4	4	7	112
									Acero ingresado incorrecto	5	4	6	120
	Despiche de fluidos	Eliminar fluidos presentes en los metales a compactar	2	El fluido no sale de la tolva	A	Cavidad tapada	1	retención de fluidos en cámara de compactación	Presencia de suciedad	2	7	2	28
									material obstruyendo el paso	3	6	2	36
Móvil	Rodamientos	Permitir la rotación relativa de elementos	3	Movimiento irregular o nulo	A	Rodamientos gastados	1	Falta movilidad mecánica	Falta lubricación	4	4	7	112
									Contaminación	3	4	8	96
									Cargas excesivas	4	5	6	120
									Desalineación	5	4	6	120
									Corrosión	4	4	7	112

		móviles unidos bajo carga, con precisión y con un rozamien to mínimo.							Fatiga	5	4	6	120
Grúa	Brazo de grúa	Soportar las cargas efectuad as por la garra de la grúa	4	No soporta el peso de la grúa	A	Rotura de soldaduras	1	Pérdida de movilidad en grúa	Corrosión	6	4	7	168
									sobre carga	7	5	9	315
									soldadura incorrecta	7	4	9	252
									fatiga de soldadura	6	5	8	240
Carro de arrastre	Patatas estabilizadoras	mantener la maquina estabiliza da para que pueda realizar sus funcione s	5	Maquina se estabiliza	A	Falla en seguros	1	Maquina no puede realizar movimient os	fatiga de soldadura	8	7	8	448
									Corrosión	9	5	6	270
									Daño externo por proceso	8	7	8	448
	Acoplamiento	Acoplar el carro al	6	Acoplamiento falla	A	rotura de acoplamiento	1	Maquina no puede ser	Mal operación	7	8	8	448
									fatiga de soldadura	7	7	8	392

		camión para su transporte					transportada	Corrosión	7	5	6	210
--	--	---------------------------------	--	--	--	--	--------------	-----------	---	---	---	-----

Anexo DD Hoja de decisión RCM sistema hidráulico:

Hoja de decisión RCM			Sistema: Hidráulico							Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3						
							S1	S2	S3						
							O1	O2	O3						
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Sustitución de equipo	48 meses	Mantenición
1	A	2	N	N	N	S	N	N	S				Sustitución de equipo	48 meses	Mantenición
1	A	3	N	N	N	S	N	S					Reacondicionamiento bomba	24 meses	Mantenición
1	B	1	N	N	N	S	S						Plan de mantenimiento B	12 semanas	Mantenición
2	A	1	N	N	N	S	S						Sustitución de equipo	48 meses	Mantenición
2	A	2	N	N	N	S	N	N	S				Reacondicionamiento bomba	24 meses	Mantenición
2	A	3	N	N	N	S	N	S					Sustitución de equipo	48 meses	Mantenición
2	B	1	N	N	N	S	S						Plan de mantenimiento B	12 semanas	Mantenición
3	A	1	N	S	S	S	N	N	S				Reacondicionamiento Cilindro	Ocasión	Mantenición
3	A	2	N	S	S	S	N	S					Plan de mantenimiento A	24 semanas	Mantenición
3	A	3	S	N	N	S	S						Plan de mantenimiento B	24 semanas	Mantenición
3	A	4	S	N	N	S	S						Plan de mantenimiento B	24 semanas	Mantenición
4	A	1	N	S	S	S	N	S					Plan de mantenimiento A	24 semanas	Mantenición
4	A	2	S	N	N	S	S						medición de vibraciones; inspección visual; revisión de reten	24 semanas	Mantenición
4	A	3	S	N	N	S	S						plan de mantenimiento B	24 semanas	Mantenición

5	A	1	N	S	S	N	N	S					Plan de mantenimiento A	24 semanas	Mantenición
5	A	2	S	N	N	S	S						Plan de mantenimiento B	24 semanas	Mantenición
6	A	1	N	S	S	N	S						Inspección visual	Diario	Operador
7	A	1	N	N	N	N	S						Plan de mantenimiento B	24 semanas	Mantenición
8	A	1	S	N	N	N	S						Plan de mantenimiento B	48 semanas	Mantenición
8	A	2	N	S	S	S	N	N	N	N	S		Sustitución de componente	Ocasión	Mantenición
9	A	1	N	N	N	N	S						Inspección visual	Diario	Operador
10	A	1	N	N	N	N	N	S					Plan de mantenimiento B (válvula de seguridad)	24 semanas	Mantenición
11	A	1	N	N	N	S	N	S					Plan preventivo eléctrico	24 semanas	Eléctrico
11	B	1	S	N	N	N	S						Regulación de la presión del presostato	24 semanas	Mantenición
12	A	1	N	S	S	S	N	S					Plan de mantenimiento A	48 semanas	Mantenición
12	A	2	N	S	N	S	N	N	S				Sustitución de componente	Ocasión	Mantenición
13	A	1	S	N	N	S	S						Plan de mantenimiento B	24 semanas	Mantenición
14	A	1	S	N	N	S	S						Plan de mantenimiento B	24 semanas	Mantenición

Anexo EE Roja de decisión RCM sistema mecánico:

Hoja de decisión RCM			Sistema: Mecánico							Acción a falta de				Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3							
							S1	S2	S3							
							O1	O2	O3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	N	S					Revisar el sistema de inyección	24 semanas	Mecánico	
1	A	2	S	S	S	N	N	N	S				Revisar el sistema de inyección	24 semanas	Mecánico	
1	A	3	S	N	N	N	S						Plan de mantenimiento A	12 semanas	Mecánico	
2	A	1	N	N	N	N	N	S					Limpieza de filtro de aire	12 semanas	Mantención	
2	A	2	S	N	N	N	N	N	S				Sustitución de filtro de aire	Ocasión	Mantención	
2	A	3	N	N	N	N	N	N	N				Verificación de la instalación	Ocasión	Mantención	
3	A	1	N	N	N	S	N	S					Análisis de vibraciones	24 semanas	Mantención	
3	A	2	N	N	N	N	N	S					Análisis de vibraciones	24 semanas	Mantención	
3	A	3	N	N	N	N	N	S					Análisis de vibraciones	24 semanas	Mantención	
3	A	4	N	N	N	S	N	S					Análisis con cámara termográfica	24 semanas	Mantención	
4	A	1	N	N	N	N	S						Plan de mantenimiento B	24 semanas	Mantención	
5	A	1	N	N	N	S	N	N	S				Ningún mantenimiento preventivo			
5	A	2	N	N	N	S	N	N	S				Ningún mantenimiento preventivo			
6	A	1	N	N	N	N	S						Plan de mantenimiento B	24 semanas	Mantención	
7	A	1	N	S	S	N	N	N	S				inspección visual; plan de mantenimiento B	12 semanas	Mecánico	
8	A	1	S	N	S	S	S						Plan de mantenimiento B (poleas-correa)	12 semanas	Mantención	

9	A	1	N	N	S	S	N	N	S				Plan de mantenimiento B (poleas-correa)	12 semanas	Mantenición
9	A	2	S	N	N	S	S						Plan de mantenimiento poleas-correa	Mensual	Mantenición
10	A	1	S	S	N	S	N	N	N	N	S		Reacondicionamiento de componente	Ocasión	Mantenición
11	A	1	N	S	N	N	S						Plan de mantenimiento A	12 semanas	Mantenición
11	A	2	N	S	N	S	S						Plan de mantenimiento B	12 semanas	Mantenición

Anexo FF Hoja de decisión RCM Sistema eléctrico:

Hoja de decisión RCM			Sistema: Eléctrico							Acción a falta de			Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3						
							S1	S2	S3						
							O1	O2	O3						
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Ninguna tarea preventiva		
2	A	1	S	N	N	S	N	S					Inspección visual de conexiones eléctricas; inspección de tensión en correa	24 semanas	Eléctrico
3	A	1	N	N	N	S	N	N	S				Cambio de componente	48 meses	Mantenimiento
4	A	1	S	N	N	S	S						Inspección visual de conexiones eléctricas; medición de voltaje	12 semanas	Eléctrico
5	A	1	S	N	N	N	S						Inspección visual	semanal	operador
6	A	1	S	N	N	S	N	N	S				Ninguna tarea preventiva		
6	A	2	N	N	N	S	N	S					Limpieza de válvulas	48 semanas	Mantenimiento
7	A	1	N	N	N	S	N	N	S				Cambio de componente	oportunidad	Eléctrico
8	A	1	N	S	N	N	N	S					Inspección visual de conexiones y botón	24 semanas	Eléctrico
9	A	1	S	N	N	N	N	N	S				Inspección visual de conexiones; medición de voltaje en fusibles	24 semanas	Eléctrico

Anexo GG Hoja de decisión RCM sistema estructural:

Hoja de decisión RCM			Sistema: Estructural							Acción a falta de				Tarea propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
Referencia de la información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3							
							S1	S2	S3							
							O1	O2	O3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	N	S						Limpieza de superficies	24 semanas	Operario	
2	A	1	N	N	N	S	S						Plan de mantenimiento B	48 semanas	Mantenición	
3	A	1	N	S	N	S	N	N	N	N	S		Reacondicionamiento de soldaduras	Ocasión	Mantenición	
4	A	1	S	N	N	N	S						Limpieza de cavidad	Semanal	Operario	
5	A	1	N	S	N	S	N	S					Inspección visual	mensual	Operario	
6	A	1	N	N	N	N	N	S					Inspección visual	mensual	Operario	

Anexo HH Precauciones para realizar cualquier tipo de mantenimiento:

No encender el motor.

Se debe desconectar la batería.

Utilizar siempre gafas o anteojos de protección y zapatos con suela contra resbalones, al trabajar cerca de la maquina no debe usarse ropa suelta y quitarse todos los anillos.

Utilizar escaleras y dispositivos de enganche cuando se debe montar o bajar de la máquina.

Precaución con las piezas calientes en la máquina y los líquidos calientes de los tubos, especialmente si se acaba de apagar la máquina.

Las tuberías, tubos y manguitos para combustible o liquido hidráulico, si se dejan desconectados o dañados pueden causar llamas. Por lo tanto, hay que reemplazarlos inmediatamente por nuevos. No pliegue ni golpee con mazas las tuberías. Apriete las conexiones hasta el par de torsión indicado y controle que los tubos y tuberías estén instaladas correctamente para que no causen vibraciones y rozamientos contra otras partes durante el funcionamiento de la máquina.

Tenga cuidado al quitar los casquillos, respiraderos o tapones de la máquina. Ponga un trapo sobre el casquillo o sobre la tapa para evitar que salpiquen los líquidos bajo presión.

Evite, en caso de pérdidas o cambio del aceite hidráulico, el contacto prolongado con la piel y los ojos.

En caso de pérdidas de aceite bloquear perdida en el origen, evitar que el producto llegue a cursos de agua y recójalo lo antes posible en contenedores.

Anexo II Plan de mantenimiento A:

Sistema hidráulico

1. Realizar pruebas de compresión repetitivamente sin carga, luego agregar carga para verificar filtraciones en el sistema.
2. Inspeccionar área de trabajo en busca de líquido hidráulico fuera del sistema. En caso de encontrar, posteriormente revisar las conexiones.
3. Mediante una medición de vibraciones, se deberá analizar la forma de onda del espectro entregado al medir la bomba hidráulica en busca de variables no halladas en otras mediciones.
4. Mediante un análisis de vibraciones, revisar si está dentro de los rangos normalizados en la ISO 10816-1. En caso de anomalía por cavitación, programar una detención para realizar un cebado del sistema hidráulico y revisar las conexiones hidráulicas completas del equipo.

Sistema motriz

1. Inspeccionar área de trabajo en busca de líquido refrigerante, aceite de lubricación o fugas de petróleo fuera del sistema. En caso de encontrar, posteriormente revisar las conexiones.
2. Análisis de gases para verificar que el motor está trabajando sin fugas internas
3. Si existiese fugas internas derivar a una empresa certificada para tratar las conexiones y empaquetaduras.

Anexo JJ Plan de mantenimiento B:

1. Realizar un análisis de vibraciones para verificar si está dentro de los rangos normalizados en la ISO 10816-1. En caso de anormalidad, programar una detención del equipo y depurar el sistema mediante flushing, hacer cambio de filtros y revisar las conexiones del sistema.
2. En el caso de tener aire en el sistema analizar las posibles entradas y formaciones de aire en el circuito hidráulico para luego remover filtración en línea de succión, verificar si el diseño es el correcto, verificar temperatura de trabajo.

3.

Anexo KK Plan de mantenimiento B Válvula 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 e 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 260 BAR.
5. Si fuese necesario ajustar válvula de seguridad.
6. Chequear estado del manómetro instalado en la válvula de seguridad, utilizando manómetro
7. Restablecer configuración del sistema.

Anexo LL Plan de mantenimiento Polea-Correa:

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.

Anexo MM Mantenimiento base de la maquina:

Aceite hidráulico:

Controlar cada día el nivel del aceite hidráulico del depósito, a través de los indicadores. Añadir liquido solo si es necesario y con características idénticas.

Cambiar el aceite y el filtro de línea del circuito hidráulico cada 2000 horas de trabajo. (ESSO INAVAROL EP 68 o correspondiente)

Cada 250 horas de trabajo extraer los cartuchos de los filtros y controlar estado, en caso de excesiva suciedad cambiar inmediatamente.

Rodamientos:

Engrasar en los puntos de engrase de la maquina cada 20 horas de trabajo, utilizando grasa multiuso IP atina Grease o similar.

Radiador:

Limpiar radiador con aire comprimido desde el interior hacia el exterior, en caso de que quede con material desmonte el electro ventilador y limpie con hidro lavadora.

Motor

Cada 10 horas: Controlar el nivel del aceite del motor; control del indicador de obstrucción del filtro del aire; control del nivel de aceite hidráulico

Cada 150 horas: Control de los electrolitos de la batería.

Cada 250 horas: cambio del aceite del motor; Cambio del filtro del aceite del motor; cambio del filtro del combustible.

Cada 600 horas: ajustar la holgura del alzávalvulas; control de los inyectores.

Cada 2000 horas: Control de la bomba de inyección; cambio del filtro del aire.