

TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM A LAS MÁQUINAS
PRENSADORAS DE PROALPET S.A.**

AUTORES DEL PROYECTO

**JUAN CARLOS AVILA CALVACHE
ESTEBAN EDUARDO ROSERO RODRIGUEZ
JOSE LEONARDO ARANGUREN SOTOMAYOR**

**UNIVERSIDAD ECCI
DIRECCIÓN DE POSGRADOS
ESPECIALIZACIÓN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BOGOTÁ, D.C.
2018**

TÍTULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM A LAS MÁQUINAS
PRENSADORAS DE PROALPET S.A.**

AUTORES DEL PROYECTO

JUAN CARLOS AVILA CALVACHE

ESTEBAN EDUARDO ROSERO RODRIGUEZ

JOSE LEONARDO ARANGUREN SOTOMAYOR

Proyecto de Investigación para optar al título de especialistas en Gerencia de Mantenimiento

DIRECTOR DEL PROYECTO

ING. MIGUEL ÁNGEL URIAN TINOCO

Esp. En Gerencia de Mantenimiento

UNIVERSIDAD ECCI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

BOGOTÁ, D.C.

2018

Tabla de contenido

1.	Título de la investigación.....	6
2.	Problema de investigación	6
2.1.	Descripción del problema	6
2.2.	Formulación del problema	7
2.3.	Sistematización del problema	7
3.	Objetivos de la investigación	8
3.1.	Objetivo general	8
3.2.	Objetivos específicos	8
4.	Justificación y delimitación de la investigación	8
4.1.	Justificación	8
4.2.	Delimitación:.....	9
4.3.	Limitaciones:.....	10
5.	Marco de referencia de la investigación	10
5.1.	Estado del arte	10
5.1.1.	Estado del arte local	10
5.1.2.	Estado del arte nacional	13
5.1.3.	Estado del arte internacional	15
5.2.	Marco teórico	18
5.2.1.	Máquinas prensadoras:.....	19
5.2.2.	Productos alimenticios:.....	19
5.2.3.	RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad)	19
5.2.4.	Mantenimiento productivo total (TPM).....	22
5.2.5.	Mantenimiento correctivo.....	24

5.2.6.	Mantenimiento preventivo	26
5.2.7.	Mantenimiento predictivo	30
5.2.8.	Diagrama de Pareto.....	33
5.3.	Marco legal	34
6.	Marco metodológico de la investigación	35
6.1.	Recopilación de la información	35
6.1.1	Tipo de investigación	35
6.1.2	Fuentes de obtención de la información.....	35
6.1.2.1	Fuentes primarias	36
6.1.2.2.	Fuentes secundarias.....	36
6.1.3.	Herramientas a utilizar	36
6.1.4.	Metodología de desarrollo.....	37
6.1.5.	Información recolectada	38
6.2.	Análisis de la información	38
6.3	Propuesta de solución.....	49
7.	Resultados esperados	50
8.	Análisis financiero	50
9.1	Conclusiones	52
9.2	Recomendaciones.....	53
10.	Bibliografía.....	54

Lista de ilustraciones

Imagen 1, Mantenimiento Preventivo (SEAS, 2012).....	27
Imagen 2, Mantenimiento Predictivo (Petroquimica, 2018).....	31
Imagen 3, Planos (Proalpet, 2018)	45
Imagen 4, Planos 2 (Proalpet, 2018)	46

Lista de tablas

Tabla 1, Cero averías en cuatro fases (Suzuki, 1996, pág. 67)	24
Tabla 2, Factores Ponderados (Proalpet, 2018).....	39
Tabla 3, Impacto Operacional (Proalpet, 2018).	39
Tabla 4, Flexibilidad Operacional (Proalpet, 2018).....	40
Tabla 5, Costo de Mantenimiento (Proalpet, 2018).	40
Tabla 6, Impacto Seguridad, ambiente e higiene (Proalpet, 2018).	41
Tabla 7, Frecuencias Consecuencias (Proalpet, 2018).....	42
Tabla 8, Inventario Hoja 1 (Proalpet, 2018).....	43
Tabla 9, Factores a Evaluar (Proalpet, 2018)	43
Tabla 10, Inventarios Hoja 2 (Proalpet, 2018).....	44
Tabla 11. Análisis de criticidad y consecuencias (Autores, 2018).....	47

Lista de anexos

Anexo 1. Hoja de vida.....	9
Anexo 2. Bitácora de mantenimiento	
Anexo 3. Bitácora de Producción.....	38
Anexo 4. Tablas formulas	41
Anexo 5. Maquina prensado de carne.	44
Anexo 6. Diagrama de Pareto.	48
Anexo 7. AMEF.	49

1. Título de la investigación

- Propuesta de aplicación de la metodología RCM a las máquinas prensadoras de PROALPET S.A.

2. Problema de investigación

2.1. Descripción del problema

La empresa PROALPET S.A ubicada en Bogotá se dedica a la producción de alimentos y juguetes caninos con más de 30 años aproximadamente en el mercado obteniendo una amplia experiencia en el sector. Como toda empresa, PROALPET S.A innova continuamente sus productos siguiendo unos lineamientos técnicos para su fabricación garantizando la satisfacción del cliente proporcionando una excelente alimentación de sus mascotas.

A finales del año 2017 se desarrolló una nueva presentación del producto Costillas que está compuesto de una carnaza perforada con 3 huecos en el centro para generar una mejor compactación de la masa que es una mezcla de diferentes ingredientes (reservados).

Para generar este producto fue necesaria la fabricación de una máquina dosificadora y prensadora que cuenta con unos sistemas mecánicos, eléctricos, neumáticos e hidráulicos cumpliendo con los lineamientos técnicos del producto.

Este producto generó un gran impacto en el mercado aumentando los niveles de producción, creando la necesidad de fabricar dos máquinas prensadoras adicionales para cumplir con las necesidades del cliente, adicional a lo anterior no se tiene prevista una metodología de mantenimiento para evitar el desgaste prematuro de las máquinas prensadoras garantizando la durabilidad y desempeño de las mismas, generando un impacto negativo en la producción y como consecuencia el no cumplimiento de los pedidos generados por el cliente.

2.2. Formulación del problema

¿Cuál es la metodología más adecuada para mejorar las condiciones de disponibilidad y confiabilidad de las máquinas prensadoras en la empresa PROALPET S.A?

2.3. Sistematización del problema

- ¿Cuál es el estado actual de las máquinas prensadoras de la empresa PROALPET S.A?
- ¿Cuáles son las diferentes metodologías de mantenimiento que existen en la actualidad y son aplicables a las máquinas prensadoras?
- ¿Qué metodología de mantenimiento se va a utilizar para el desarrollo de la propuesta?

3. Objetivos de la investigación

3.1. Objetivo general

- Proponer la metodología más adecuada para mejorar las condiciones de disponibilidad y confiabilidad de las máquinas prensadoras en la empresa PROALPET S.A

3.2. Objetivos específicos

- Recopilar la información existente para realizar una hoja de vida con las especificaciones de la máquina, donde se registrara las intervenciones del mantenimiento.
- Proponer estrategias para estandarizar un mantenimiento programado y basado en RCM para aumentar la confiabilidad de las máquinas prensadoras buscando minimizar los tiempos de parada.
- Proponer un plan de mantenimiento para la máquina más crítica en el sector de costillas con características específicas y propias presentadas en este informe que sirvan para generar una mayor productividad en la empresa PROALPET S.A.

4. Justificación y delimitación de la investigación

4.1. Justificación

La empresa PROALPET S.A. ha venido trabajando fuertemente en el crecimiento de esta por más de 30 años dedicada a los juguetes comestibles para los caninos, logrando con el paso del

tiempo experimentar el desarrollo y crecimiento anual en la industria canina que ha sido de aproximadamente un 9% (según las estadísticas entregadas por PETCO), esto es debido a que las mascotas se han convertido en un miembro más familiar, ocupando el espacio que puede ofrecer un hijo siendo demostrando actualmente en las parejas jóvenes (Según legiscomex Sistema de inteligencia comercial) y poder brindarles afecto y cuidado sin importar el costo de su manutención. Por esto para la empresa es muy importante aprovechar este crecimiento en la industria a la mano con la maquinaria y equipos que utiliza para cumplir con las necesidades de los clientes, teniendo una gran afectación de la producción si se presenta una parada no programada de estas mismas.

Esta propuesta se realiza con el fin de generar un proceso de levantamiento de los equipos para obtener toda la información necesaria y poder desarrollar un plan de mantenimiento basado en confiabilidad obteniendo como resultado una mayor vida útil del equipo, generando mayor cantidad de costillas en menos tiempo, optimizan los procesos de producción al nivel deseado teniendo todos los procesos programados con su respectiva hoja de vida.

Es además de gran importancia disminuir los costos de operación generados por las paradas de estas máquinas cuando se produce los fallos funcionales debido a la falta de los mantenimientos

Para la empresa de producción de alimento para mascotas, así como para los operadores de dichas máquinas, la información resultante de este estudio constituye un instrumento útil, que les permitirá productividad, optimizando sus procesos en términos de eficiencia, eficacia, economía y calidad en la producción del producto final.

4.2. Delimitación:

La presente investigación será desarrollada en la empresa Proalpet S.A ubicada en la ciudad de Bogotá en la dirección carrera 70 # 19 – 46 y se hará en el área de ribs (prensa de carnes). Para

este desarrollo los autores se tomaran un tiempo de (5) meses iniciando el 05 de Febrero del 2018 y finalizando el 05 de Junio del 2018.

4.3. Limitaciones:

Se aclara que este proyecto lo elaboran exclusivamente para Colombia – Bogotá y en un único sector de alimentos caninos mencionado anteriormente.

Los autores analizaran únicamente la información brinda por la empresa Proalpet S.A, siendo restringida por normativa en el manejo de información confidencial de las máquinas.

Solo tendrán el historial de las máquinas en el tiempo transcurrido del mes de Enero del 2018 hasta el mes de Mayo.

Se realizara una propuesta a pesar de la escasez de información sobre estas máquinas no comerciales que contribuya con el plan de mantenimiento actual de la empresa.

5. Marco de referencia de la investigación

5.1. Estado del arte

5.1.1. Estado del arte local

- Con el proyecto titulado “propuesta plan de mantenimiento para autobuses Scania k410 de la empresa Omega S.A., incluyendo algunas herramientas de RCM para su elaboración”, los ingenieros Alexander Forero y John Páez, para la Universidad ECCI, diseñaron un plan de mantenimiento con el propósito de disminuir el índice de autobuses varados y de la falta de

disponibilidad, ya que esto representan el indicador más crítico para esta compañía de transporte. Para el progreso de este trabajo se soportaron en las actividades de mantenimiento que sugiere el fabricante y actividades necesarias para engranar la metodología de RCM (Forero & Paez, 2014). Es importante conocer la importancia de seguir y analizar las sugerencias de los fabricantes frente a las actividades de mantenimiento los cuales estudia este proyecto, además conocer el uso de esta herramienta RCM y las actividades aplicadas para el aumento de la disponibilidad.

- Con el trabajo de grado titulado “Cálculo del TPEF (Tiempo Promedio Entre Fallas) para una flota de vehículos de transporte masivo (gestión de activos)” para el año 2016, se desarrollado en la Universidad ECCI con el fin obtener el título “Especialista Gerencia en mantenimiento, Jorge Cárdenas y German Bastias; Enfocaron el trabajo en determinar del tiempo promedio entre fallas del mantenimiento correctivo, en los vehículos de una Empresa de Transporte masivo. Para poder realizar este el los ingenieros analizaron datos de fallas correctivas de los móviles varados de año 2014 (Cárdenas & Bastias, 2016). Este trabajo está encaminado en el análisis del tiempo promedio entre fallas, lo cual daría varios aportes a la propuesta del plan de mantenimiento.

- En el año 2012 en la Escuela Colombiana de Carreras Industriales y con el trabajo de grado titulado “Propuesta de utilización de Realiability Centred Maintenance (RCM), como herramienta para aumentar confiabilidad / disponibilidad en buses articulados del sistema Transmilenio” desarrollado, para obtener el título de especialistas en gerencia en mantenimiento los ingenieros José Hernández y Oscar Molano; supusieron un sistema para concretar las tareas centradas en frecuencias y procedimientos de una manera más efectiva, como también intervalos de intervención y otras, dicho proceso se enfocó en la parte operativa del mantenimiento de la flota de buses troncales, esto con el fin de aumentar el indicador de cumplimiento en la

disponibilidad de la flota (Hernández & Molano, 2012). Este proyecto ayudara a comprender la importancia de los costos de mantenimiento el cómo van relacionados y su influencia en la toma de decisiones.

- Con el trabajo titulado , “Propuesta de un plan de mantenimiento para la celda Daewon de la empresa Imail S.A." hecho para la Universidad ECCI y lograr el título en Gerencia en Mantenimiento para el año 2017, el Ingeniero Freyman Sánchez Suarez , Estudio la problemática que existe en la empresa de industrias metálicas asociadas Imal S.A. donde descubrió que en la celda de doblado Daewon no tiene implementado ningún programa de mantenimiento, por ende toda falla presentada se resuelve por medio de mantenimiento correctivo, lo cual afecta el cumplimiento de los objetivos de producción de la compañía; adicional a esto se realiza el recambio de repuestos prematuramente debido a la falta de una estrategia de mantenimiento para este equipo (Sánchez F. , 2017). Debido a que en esta empresa no está establecido ningún plan de mantenimiento, hace interesante y enriquecedor estudiar esta propuesta ya que este caso es similar a la que está pasando Proalpet S.A.

- En el año 2011, en la Escuela Colombiana de Carreras Industriales, los ingenieros Javier Zuñigan y Welmar Gutiérrez, con el trabajo “Investigación de estándares para las labores de mantenimiento preventivo”. Investigaron sobre la certificación de normas ISO con el propósito de mejorar los resultados en los distintos indicadores de gestión y actividades de mantenimiento para determinada empresa, dando como resultado final la calidad de su producto o servicio prestado. También dedican investigación a la gestión de Mantenimiento Preventivo el cual que es medido con indicadores, (Tiempo medio entre fallas (TMEF), Tiempo medio para reparar (TMPR), tiempo medio para la falla (TMPF)), como estos facilitan la medición tanto de los

tiempos en labores de productividad, como de mantenimiento, con la ayuda de toda una información especializada para desempeñarse en este campo. (Zuñigan & Gutierrez, 2011). Este trabajo aporta a la propuesta que se desea plantear el estudio de las normas y como estas se interrelacionan con el mantenimiento preventivo.

5.1.2. Estado del arte nacional

- Para el 2014 año en la Universidad Libre de Colombia - Bogotá, en su trabajo como opción de grado para obtener el título de Ingenieros Mecánicos, Leonardo Aguilar y Hender Rodríguez, proyecto titulado “análisis de modos y efectos de falla para mejorar la disponibilidad operacional en la línea de producción de gaseosas no. 3”, trabajan para mejorar la matriz de mantenimiento de una línea de producción de la empresa de Gaseosas Colombianas Sur, donde identificaron los aspectos que entorpecen la productividad, cómo se puede efectuar un mantenimiento centrado en confiabilidad, estos presentan un marco teórico de muestran los fundamentos teóricos del mantenimiento, además se analizan el tipo de mantenimiento más factible y el que se pudiese implementar en dicha empresa (Aguilar & Rodriguez, 2014). El estudio de este trabajo es un útil para el desarrollo de la propuesta que se desea presentar, ya que esté está enfocado a cumplir un objetivo similar al proyecto que se desea diseñar.
- Con el trabajo titulado “Implementación RCM en grúas pórtico”, en el año 2015 en la Universidad Politécnica de Cartagena, para obtener el título de Ingeniero Técnico Industrial, Juan Fernández, tiene como objeto la mejora de los planes de mantenimiento de las grúas pórtico tipo cigüeña de la Dársena de Cartagena, donde busca mejorar los planes de mantenimiento y además pretende conseguir optimizar los procesos de mantenimiento, de esta manera poder aumentar la

disponibilidad operativa de los equipos, también pretende cumplir los objetivos implantados por las directrices generales de la política de mantenimiento (Fernández, 2015). Este proyecto va enfocado a la mejorar el mantenimiento que le realizan a las grúas, lo cual es un enfoque al mejoramiento de unas máquinas, lo cual es útil para el proyecto a proponer.

- En el año 2017, en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Bogotá, como opción de grado para obtener el título de Ingeniero de Producción, Johan Rincón presenta un su trabajo titulado “Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en línea piloto en la compañía nacional de Chocolates S.A.S.”, el cual busca la creación o implementación de actividades, programas, prácticas y metodologías que permitan gestionar de manera eficiente y optima los activos físicos y el comportamiento de los equipos durante su ciclo de vida útil, para lograr lo citado el autor estudia la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (Johan, 2017). Estudiar y analizar este proyecto dará buenas pausas para el desarrollo del proyecto el cual propone estrategia de mantenimiento a la máquina que produce de alimentos para animales.

- Con el trabajo titulado “diseño de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para top rolls en vidrio Andino S.A.”, presentado en la Universidad Santo Tomas, en Bogotá para el año 2017, para la opción de grado como Ingeniero Mecánico, Miguel Ángel Motta, presenta el un plan de diseño de mantenimiento el cual pretende atenuar las constantes fallas en los equipos que asignan las dimensiones básicas a la hoja de vidrio (espesor y ancho), el aspirante al título centra la investigación varios modelos de mejora de mejoramiento y en indicadores de mantenimiento como, el medición del tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR) de los equipos. Esto con el objeto de proponer nuevas actividades de

mantenimiento que deberían ser implementadas para prevenir futuras fallas funcionales en estos equipos (Motta, 2017). Este proyecto se basa en el análisis de los indicadores de mantenimiento implementados en la metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad, y de esta manera como se beneficiarían la calidad y demás costos asociados al mantenimiento, lo cual son temas importantes que serán utilizados para el desarrollo de la propuesta de aplicación de la metodología RCM a las máquinas proalpet S.A.

- El año 2016, en la Universidad Francisco de Paula Santander – Ocaña, Anggie Rincón presenta el trabajo titulado “Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para el horno rotatorio allí chalmers en la planta de cemento Cúcuta, Cemex Colombia S.A” para obtener el título de ingeniera mecánica, el cual estudia un plan de mantenimiento estructurado por actividades de menor reparación, preventivas y predictivas, con propósito mejorar el mantenimiento enfocado en de la metodología de RCM, esto para mitigar las amenazas descritas en la matriz dofa expuesta en el trabajo, donde se describe el recurrente uso del mantenimiento correctivo, así como la no aplicación de las normas de seguridad (Rincón, 2016), a partir del análisis de este trabajo se busca ideas de mejoramiento para las consecuencias que están presentado las máquinas prensadoras de Proalpet S.A., ya que describe situaciones de falta de implantación de un plan de mantenimiento para la planta de cemento.

5.1.3. Estado del arte internacional

- En el año 2016, Sánchez Alberto, presento el trabajo titulado “Diseño un plan de mantenimiento mediante la metodología RCM para una línea de valorización de PEBD”, como

opción de grado para el título de Ingeniería de Organización Industrial, para la Universidad de Sevilla - España, este plan de mantenimiento es diseñado para una compañía que cuenta con los procesos totalmente automatizados, empresa enfocada a la gestión del procesamiento y la valorización de residuos plásticos, donde su materia prima es el Polietileno de Baja Densidad (PEBD), Como consecuencia de la forma en la que está compañía planificada la producción se trabaja hasta el fallo de las máquinas, lo que conlleva a que el mantenimiento este enfocado solo correctivos, por ello se evalúa la posibilidad de diseñar un plan de mantenimiento que optimizara los recursos y mejora la disponibilidad de la maquinaria. El objetivo del estudio es la aplicación de la metodología RCM (Reliability Centered Maintenance) para establecer el plan de mantenimiento más apropiado para la línea de procesado de plástico (Sánchez A. , 2016). El estudio de este proyecto es muy apropiado para poder entender como en otras compañías de otra parte del mundo, se presenta esta misma problemática y además como se pretende implementar RCM.

- Enrique Rivera presenta el proyecto titulado “Sistema de gestión del mantenimiento industrial” en el año 2011 para la Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Perú, Este proyecto está enfocado en el estudio y en adoptar diferentes metodologías del mantenimiento en la industria, lo que encierra, estados de vida y otros conceptos del mantenimiento propiamente dicho tales como: La evolución del mantenimiento, en la industria de este país, mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo, planeación y planificación, calidad en el mantenimiento, el Análisis de modos de fallo y de sus efectos (AMFE), sistema de gestión de la calidad ISO 9000 en mantenimiento, sistema de seguridad y salud ocupacional, gestión económica del mantenimiento, el BSC mantenimiento, técnicas organizativas, aplicación práctica del análisis por RCM, mantenimiento según estado y mantenimiento en producción (TPM) (Rivera, 2011),

todo esto hace de este proyecto muy aplicativo para lo que se busca para el diseño de un planteamiento de mantenimiento la empresa Proalpet S.A., debido a que en los objetivos se establecieron los estudios de los diferentes metodologías para si lograrse enfocar en la indicada.

- En el año 2017, en la Universidad del País de Vasco – España, Iñaki López de Lacalle, con el trabajo de grado “Mantenimiento FMEA del sistema de alimentación del motor Wartsila 50DF-12V”, enfoca a estudiar en el proyecto la criticidad del sistema de alimentación de combustible de un motor marino propulsor, el Wartsilla 50DF12V, en el cual contempla la implementación de un método de Conocimiento anticipado de algún suceso de averías basado en FMEA. El autor analiza los diferentes modos de fallo en mantenimiento el cual pretende utilizar para mitigar errores en los procesos de prevención y/o corrección. Además se enfoca en identificar de que se trata el FMEA (Failure Mode and Effects Analysis), a su vez, se soporta en análisis estadístico de fallos (López, 2017). Este trabajo aporta el estudio de la implementación del FMEA, para el trabajo que pretende formular un plan de mantenimiento, ya que es relacionado con la metodología que el proyecto.

- En el año 2008 y para optar por el título de Ingeniero Civil, David Vásquez presenta el trabajo de grado en la Universidad Austral de Chile, titulado “Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM en motores detroit 16v-149ti en Codelco División Andina” en el que pretende aplicar un método de mantenimiento a motores generadores en la compañía Codelco División Andina. Este proyecto se centra en los equipos más importantes puesto que el mal funcionamiento de este tipo de equipos causaría problemas importantes de los servicios eléctricos en el área industrial (Vásques, 2008). Dado la importancia de centrarse en los equipos de alta criticidad hace que este proyecto sea atractivo para ser estudiado ya que puede aportar

información valiosa para el desarrollo del diseño del plan de mantenimiento para la empresa Proalpet S.A., debido a que este también busca enfocarse en la máquina más crítica.

En el año 2011 con el trabajo de grado titulado “Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la maquinaria del departamento de marcos y molduras en la empresa antiguo arte europeo s. a. de c. v” con el propósito de consagrarse como Ingeniero en Mantenimiento Industrial, Gustavo Cervantes González. El cual pretende implementar un plan de mantenimiento que pueda reducir problemas en los equipos de la empresa A.A.E., esta compañía se dedica a fabricar muebles de madera, el autor ha evidenciado que en el proceso donde interviene la maquinaria se presentan defectos en los muebles a entregar, lo que disminuye la calidad de los productos, así como la productividad de la fábrica. El buen desempeño de una empresa depende directamente de la confiabilidad de los equipos y de los colaboradores de la misma, esto permite elaborar productos de alta calidad (Cervantes, 2011). Para lograr esto, el trabajo está enfocado en el estudio del Mantenimiento Preventivo, lo cual es apropiado estudiar para el desarrollo este proyecto.

5.2. Marco teórico

Para generar las bases teóricas de la presente investigación se trataran los siguientes temas: máquinas prensadoras, productos alimenticios y tipos de mantenimientos que se describirán a continuación.

5.2.1. Máquinas prensadoras:

Es una máquina desarrollado con el principio de pascal (filósofo y matemático 1623-1662) para aumentar la fuerza ejercida por un líquido transmitiéndola así un embolo, definiéndolo con el uso en la empresa debido a que no es un producto comercial, las máquinas prensadoras es un sistema con aceite hidráulico impulsándolo por una bomba eléctrica hacia unas electroválvulas para producir una presión en el embolo del cilindro principal de 1.250 PSI aproximadamente y una capacidad de 10 toneladas compactando la masa del alimento generando una dureza que no desborone el producto final.

5.2.2. Productos alimenticios:

Son alimentos y juguetes caninos preparados con ingredientes altamente calificados y con receta confidencial por la empresa y su cliente, desarrollado para mascotas superiores a un año de edad, centrándonos únicamente en el sector de costillas de la empresa.

5.2.3. RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad)

El señor Luis Alberto Mora define el RCM como un proceso que se utiliza para asegurar que cualquier activo continúe realizando lo necesario para que el interesado cumpla con una producción planeada (Mora G., 2007, pág. 354).

El mantenimiento centrado en confiabilidad es una filosofía de gestión de mantenimiento que nos ayuda en la identificación de los trabajos continuos y sus respectivos tiempos, concentrándose en los elementos más importantes de la operación. Esta no es una fórmula matemática y su éxito se apoya principalmente en el análisis funcional de las fallas de un determinado elemento principal

o secundario, siendo realizado por un grupo de trabajadores capacitados para esta tarea, organizando una serie de mantenimientos apropiados, rápidas y de fácil adaptación al mejoramiento de la organización, teniendo en cuenta el medioambiente, seguridad de los operarios, operaciones y no dejando a un lado el beneficio del costo. (Mora G., 2007, pág. 355).

El RCM es una técnica de organización de las actividades y de la gestión del manteniendo para desarrollar programas organizados que se basan en la confiabilidad de los equipos en función del diseño y de la construcción de los mismos. El RCM asegura un programa efectivo de mantenimiento que se centra en que la confiabilidad original inherente al equipo se mantenga (Mora G., 2007, pág. 355).

Los objetivos del RCM son los siguientes:

- Eliminar las averías de las máquinas.
- Suministrar fuentes de información de la capacidad de producción de la planta a través del estado de sus máquinas y equipos.
- Minimizar los costos de mano de obra de reparaciones, en base a un compromiso por parte de los responsables del mantenimiento en la eliminación de fallas de máquinas.
- Anticipar y planificar con precisión las necesidades de mantenimiento.
- Establecer horarios de trabajo más razonables para el personal de mantenimiento.
- Permitir a los Departamentos de Producción y de mantenimiento una acción conjunta y sincronizada a la hora de programar y mantener la capacidad de producción de la planta.
- Incrementar los beneficios de explotación directamente mediante la reducción de los presupuestos del departamento de mantenimiento.

El RCM tiene numerosas ventajas en cuanto al aumento de la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria; a continuación se menciona las más importantes:

- Crea un espíritu altamente crítico en todo el personal (operaciones o mantenimiento) frente a condiciones de falla y averías.
- Logra importantes reducciones del costo del mantenimiento.
- Optimiza la confiabilidad operacional, maximiza la disponibilidad y/o mejora la mantenibilidad de las plantas y sus activos.
- Integra las tareas de mantenimiento con el contexto operacional.
- Fomenta el trabajo en grupo (convirtiéndolo en algo rutinario).
- Incrementa la seguridad operacional y la protección ambiental.
- Optimiza la aplicación de las actividades en el desarrollo del mantenimiento en pro de la empresa en los elementos críticos de una operación.
- Establece un sistema eficiente de mantenimiento preventivo.
- Aumenta el conocimiento del personal tanto de operaciones como de mantenimiento con respecto a los procesos operacionales y sus efectos sobre la integridad de las instalaciones.
- Involucra todo el personal que tiene que ver con el mantenimiento en la organización (desde la alta gerencia hasta los trabajadores de planta).
- Facilita el proceso de normalización a través del establecimiento de procedimientos de trabajo y de registro (Mora G., 2007, pág. 356).

Las limitaciones del RCM radican más que todo en el factor humano con que cuentan la organización, ya que de éste depende el éxito de la metodología. En este punto el equipo natural de trabajo juega un papel muy importante, debido a que será el único responsable de divulgar de manera correcta y eficiente esta filosofía de manera que las personas involucradas con el RCM no vean este cambio como un problema, sino como una solución a sus problemas. El equipo natural de trabajo será quien defina a que equipos y componentes se les aplicará dicha filosofía, ya que no se puede esperar aplicar RCM a toda una planta y a todos sus equipos pues sería un proceso

demasiado lento e ineficaz. Por todo lo mencionado anteriormente se debe tener demasiado cuidado a la hora de seleccionar correctamente las personas que conformarán el equipo natural de trabajo (Mora G., 2007, pág. 357).

5.2.4. Mantenimiento productivo total (TPM)

Suzuki Tokutarō describe el TPM como un sistema de gestión de mantenimiento que se basa en el mantenimiento autónomo que debe ser implementado y ejecutado directamente por los trabajadores de la producción, lo que implica la corresponsabilización de todos los miembros de la compañía y más importante aún la participación de los técnicos de mantenimiento. Para lograr esto, es indispensable generar e implantar una disciplina propia en cada miembro, con el propósito de fortalecer el trabajo en equipo, en este punto es necesario que la compañía como un solo grupo genere una muy buena sinergia entre mantenimiento y producción. (Suzuki, 1996).

En virtud del TPM “el equipo debe restablecerse a un estado en que quede como nuevo, a este proceso puede contribuir sustancialmente los operadores, Suzuki propone que aproximadamente más del 60% de las averías que presentan los equipos, pueden producirse en su primera parte de vida útil, esto cuando se instalan o se empiezan a funcionar, como también al poco tiempo. Al implementar de manera correcta la metodología del TPM ayudara a reducir la situación ya mencionada, y a que los operarios de las máquinas ejecuten los cuidados mínimos para estas.

Cuatro fases para el cero averías.

Para este caso es necesario planear y establecer un plan de mantenimiento apropiado para asegurarse y si es necesario, restablecer los parámetros iniciales propios del equipo, con el fin de evitar que estos empiecen a trabajar con sus elementos de sujeción como, pernos y tuercas flojos o sueltos, también se puede presentar funcionamiento inapropiado del sistema de lubricación. Todo esto

aumenta la probabilidad de fallos antes de cumplir los tiempos planeados para la intervención del mantenimiento. Para que estas situaciones no se presenten habría que establecer intervenciones de servicio en tiempos muy cortos, por lo cual no es propio de la metodología del mantenimiento planificado (Suzuki, 1996, pág. 66).

De igual manera no es apropiado anticiparse a efectuar mantenimiento predictivo. Varias compañías adquieren herramientas de diagnósticos y software para monitorear los escenarios de los activos, mientras son negligentes en las actividades de mantenimiento básicas. Sin embargo, es imposible predecir intervalos óptimos de servicio en un entorno en el que no se verifican el deterioro acelerado y los errores de operación (Suzuki, 1996, pág. 66).

Tabla 1, Cero averías en cuatro fases (Suzuki, 1996, pág. 67)

Fase 1 Estabilizar los intervalos entre fallos	Fase 2 Alargar la vida del equipo	Fase 3 Restaurar periódicamente el deterioro	Fase 4 Predecir la vida del equipo
1. Establecer las condiciones básicas limpiando, lubricando y apretando pernos	1. Evaluar el equipo para seleccionar ítems PM (priorizar tareas de mantenimiento).	1. Crear un sistema de mantenimiento periódico. - Realizar servicios periódicos.	1. Montar un sistema de mantenimiento Predictivo. - Formar equipos de diagnóstico. - Introducir técnicas de diagnóstico de equipos. - Supervisar las condiciones
2. Aflorar las anomalías y restaurar el deterioro.	2. Ordenar los fallos de acuerdo con su seriedad	- Realizar inspecciones periódicas. - Establecer estándares de trabajo.	
3. Clasificar las condiciones de operación y cumplir las condiciones de uso.	3. Evitar la repetición de las averías principales.	- Controlar repuestos. - Controlar datos. - Procesar en ordenador la información de mantenimiento.	
4. Abolir los entornos que causan el deterioro acelerado (eliminar o controlar las principales fuentes de contaminación)	4. Corregir las debilidades de diseño del equipo.		
5. Establecer estándares de chequeo y lubricación diarios.	5. Eliminar los fallos inesperados evitando errores de operación y reparación.	2. Reconocer los indicios de anomalía y detectarlos pronto.	2. Consolidar las actividades de mejora. - Realizar análisis de fallos sofisticados usando técnicas específicas de ingeniería. - Ampliar la vida del equipo usando nuevos materiales y tecnología.
6. Introducir extensamente controles visuales.	6. Mejorar capacidades de ajuste y montaje.	3. Tratar correctamente las anomalías	

5.2.5. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo, es aquel que se realiza con posterioridad al fallo es decir, aquella intervención realizada cuando ya hay una falla o parada de la máquina, además la intervención debe ser rápida ya que se pretende restablecer la operación del activo, como consecuencia restablecer la producción (SEAS, 2012, pág. 7).

El ingeniero García Garrido indica que históricamente el mantenimiento se desarrolló ante la necesidad de suplir un fallo que afecta la producción. Recientemente es conocido que la industria está altamente mecanizada por lo que el tiempo de paro de máquina no era de mayor importancia. Esto significaba, lo que conlleva a evitar las fallas en los equipos tenga una alta prioridad para la mayoría de los directivos de las compañías. Anteriormente, los sistemas de la mayoría de las máquinas eran sencillos y estaban sobredimensionados para las necesidades de producción. Lo que contribuyó a que las intervenciones fueran simples y más confiables. Por ello se sugería un mantenimiento sencillo centrado en la limpieza y lubricación, lo que impartió como base del mantenimiento enfocado al correctivo. Debido a la evolución de la propia industria la idea de mantenimiento se evolucionó y se empieza a plantear nuevas metodologías como el mantenimiento preventivo y el predictivo, así como el aquel enfocado a la fiabilidad, y otros más. A pesar de esto todavía se encuentran un porcentaje importante de empresas que se enfocan en aplicar mantenimiento correctivo, es decir solo cuando aparecen las fallas, inclusive importantes compañías aseguran que es más rentable implementar el mantenimiento correctivo. En otros casos, las actividades que se realizan de manera correctiva implican un alto importante uso de sus recursos. (García, 2009).

Por lo anterior se puede afirmar que existen el mantenimiento correctivo no programado y el no programado.

Lo que difiere de una a la otra metodología, radica en que, el no programado se interesa por que las reparaciones se realicen inmediatamente después de ocurrir, mientras que programado puntualiza en contar en primera instancia con el personal para la corrección de las fallas, así como también con las herramientas, además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción. La producción de una empresa es influenciada de manera indispensable de forma negativa o positiva, gracias a una buena planificación para la corrección de

los fallas, ya que si al momento de presentarse una avería que comprometa la funcionalidad de un equipo, es cuando entra en juego una reparación sin ser planeada previamente. Por lo contrario si se planea la reparación puede y llevarse a cabo en un momento proyectado, aún si el equipo puede seguir operando con la falla.

Muchas empresas optan por el uso del mantenimiento correctivo, la atención de las fallas cuando se presentan, como mejor alternativa para su mantenimiento, lo que conlleva a la planta a ocupar casi el total del tiempo y de los recursos de mantenimiento a la reparación de las fallas. Algunas de las ventajas del mantenimiento correctivo son:

- No es indispensable programar ninguna actividad para prevenir
- La inversión para el mantenimiento solo se realiza cuando se presentan las fallas
- Brinda en poco tiempo un resultado positivo económico
- En los equipos electrónicos es poco probable implementar un mantenimiento preventivo

(García, 2009).

5.2.6. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es una serie de actividades organizadas de acuerdo a un historial de fallas, anticipando la intervención de las mismas para disminuir los riesgos futuros de una máquina (SEAS, 2012, pág. 39).

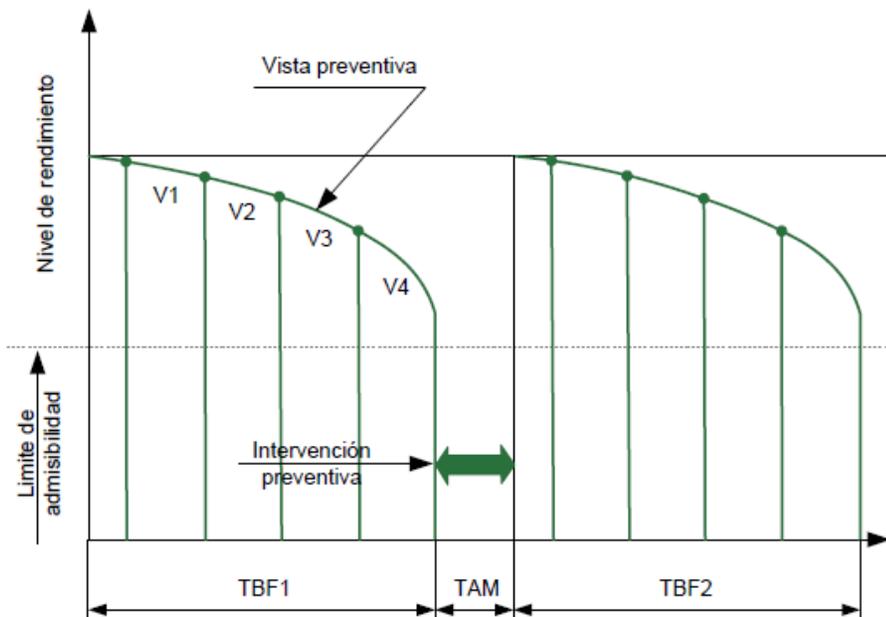


Imagen 1, Mantenimiento Preventivo (SEAS, 2012)

TBF: Tiempo entre fallas de operación.

TAM: Tiempo parada obligatoria de la producción.

Sin embargo el objetivo se basa poder evitar el deterioro de un servicio propuesto o mejor un elemento que pueda generar un grave problema a la máquina en general. Se divide por dos tipos, preventivo sin ninguna anomalía y preventivo por condición de parámetros.

Preventivo sistemático: Es un mantenimiento basado en realizar cambios con una programación según el cronograma establecido, ejecutando las operaciones en la misma cantidad de unidades por trabajo o por horas.

Preventivo condicional: Es un mantenimiento basado en los sucesos, historiales, resultados de pruebas, según tiempos de medición o diagnósticos, etc. (SEAS, 2012, pág. 41).

En el mantenimiento preventivo se pueden programar como por ejemplo cambiar el aceite por un periodo establecido cada año, cada 10.000 km o por horas de la máquina entre otros factores. En cualquier factor programado se cambia a una situación cuantificable lo que nos ayudaría a tener clara las fechas de su respectivo cambio, planear es recomendable únicamente para los trabajos específicos no siempre en todas las acciones se puede realizar mantenimiento preventivo porque no puede ser la más económica y rápida en un futuro. (SEAS, 2012, pág. 41).

Existen variable para las condiciones de vida como lo son presiones, humedad, temperatura, tiempo de trabajo entre otros, lo cual nos puede afectar en este ejemplo el cambio de aceite. Sin embargo si se presentan condiciones temporales y por ello hay cambios por esas condiciones por trabajo, turnos etc. Por lo cual, para realizar el cambio de aceite se genera una intervención antes o después de la condición programada. Se recomienda realizar un mantenimiento condicional ya que es un método que podría realizar un análisis del aceite para verificar contaminación o pérdida de propiedades en el aceite para luego programar su cambio. Por eso el mantenimiento preventivo se realiza en un preciso momento generando mayor eficiencia y economía. (SEAS, 2012, pág. 42).

La implementación del mantenimiento preventivo proporciona importantes ventajas, dentro de las cuales se podrían recalcar las siguientes:

- Mayor fiabilidad:

Para generar mayor fiabilidad en un mantenimiento se produce cuando los equipos que están funcionando tenga el menor número de fallas posibles que los trabajos se logren realizar en los tiempos de descanso que tiene la máquina, logrando se menos costosa.

- Mayor durabilidad:

Al reducir las averías en la maquinaria es posible afirmar que aumentaría la vida útil de trabajo de la máquina de una forma notable y eficiente. Cuando se reconocen averías de poca prioridad no está demás priorizar en ella ya que pueden ocasionar graves problemas, llegando incluso a la pérdida de funcional del equipo.

- Aumento de los rendimiento financieros (factor humano):

La implementación de una idea organizacional preventiva nos facilita planear anticipadamente cada una de las intervenciones, evitando los picos de trabajo que generaría mayor costo y tener un control de los trabajos para el equipo encargado de ejecutar el mantenimiento. Por otro lado e ignorando el factor económico, Al evitar las actividades de correctivos de atención inmediata se mejora el clima laboran, contribuyendo un efecto positivo y un sensación más agradable por parte del equipo de trabajo.

- Aumento de los rendimiento financieros (almacenes):

Para que los almacenes sean más eficientes en términos financieros debe ser indispensable implementar metodologías preventivas, esto con propósito de reducir los repuestos que se encuentran en stock. Con esto los repuestos se pueden obtener con anterioridad (previsión en bonos de salida de almacén), realizando una solicitud únicamente de los repuestos necesarios al momento de realizar el trabajo programado. (SEAS, 2012, pág. 69).

- Aumento de los rendimiento financieros (producción):

Como se ha explicado anterior mente es indudablemente que la puesta en marcha del mantenimiento preventivo nos ayudaría a evitar la frecuencia de paros en un proceso de producción por la evidencia de incidentes o trabajos que se realicen únicamente correctivas. Con ello poder incrementar las horas de producción realmente trabajadas optimizando los costos.

Es por entendido de las principales características que ofrece esta metodología de mantenimiento, se estudia los principios de esta donde resaltan las “leyes de degradación” y “sistemas de vigilancia”, las cuales se refieren al desgaste que se presenta de forma natural de cada uno de los componentes de un sistema y de las técnicas utilizadas para control y hallazgos (SEAS, 2012, pág. 70).

5.2.7. Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo como bien lo indica su nombre es una práctica que consiste en pronosticar el punto de falla de un componente o elemento de la máquina, con el propósito de que el elemento pueda reemplazarse de manera oportuna antes de llegar al fallo, esta decisión se afianza en un plan previamente establecido. Esto busca que el tiempo muerto que se presenta cuando el activo deja de funcionar es minimizado y el tiempo de vida útil de equipo aumenta. Esta metodología propone la toma de varios parámetros con los cuales se puede evaluar y predecir el tiempo de útil del componente (Petroquímica, 2018). Para ello y como ejemplo se podrían las siguientes técnicas:

- Pruebas de vibración a cojinetes y rodamientos
- Termografía para las conexiones eléctricas
- Pruebas de resistencia al aislamiento de una bobina de los motores eléctricos

El mantenimiento enfocado la predicción, establece una serie de parámetros para ejecutar este método, como primera medida se realiza un trabajo histórico de la máquina o productos a estudiar con su respectiva vida útil del elemento. Esto se puede lograr también con unas herramientas para realizar tomas de lecturas o información necesaria para este proceso como

ejemplo, pruebas de vibración a un rodamiento, en intervalos periódicos hasta que el componente falle. La imagen que a continuación se relacionan muestra una curva típica que sale con la función entre parámetros de vibración con respecto al tiempo. Esta curva propone que es necesario cambiar los cojinetes continuos cuando la vibración medida se igual a 31,75 mm/seg. Por ello los fabricantes de las herramientas y software del mantenimiento predictivo están en el derecho de dar recomendaciones y/o rangos así como valores para tomar acciones y reemplazar los componentes. (Petroquímica, 2018).

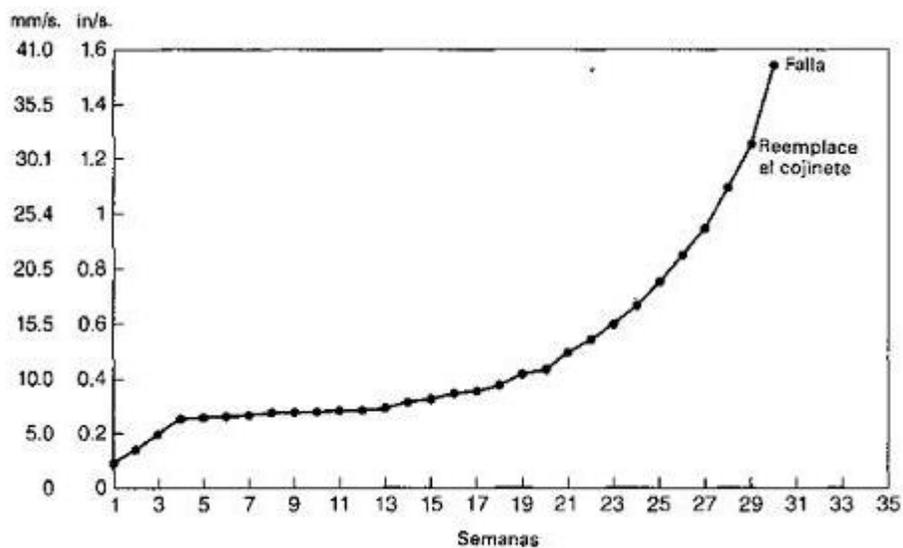


Imagen 2, Mantenimiento Predictivo (Petroquímica, 2018)

Estudiando y obteniendo la factibilidad se puede tomar la decisión de realizar un mantenimiento predictivo a un elemento o maquinaria. Como segunda medida se determinan las condiciones físicas que nos facilite llevar unos indicadores para controlar la condición de la máquina. La principal función de medida es realizar control de forma precisa los procesos establecidos para medir las condiciones establecidas que nos ayudaría a encaminar para la toma de decisiones general. Finalmente al tener el control de estos indicadores del estado continuo de las máquinas

con periodo inmediato genera una confiabilidad, seguridad y economía cuando sea operada la máquina. (Petroquímica, 2018).

El proceso de monitorear se puede contextualizar es realizar medición de condiciones físicas de la máquina y comparar con la información remitida por la máquina dado que las condiciones de la misma estén en un correcto estado o en deterioro. Automatizando los métodos se puede extender una acepción de la palabra monitoreo agrupando procedimientos y almacenamiento de datos. De acuerdo a los objetivos que se pretende alcanzar monitorear las condiciones de las máquinas distinguiéndose entre vigilancia, protección, diagnóstico y pronóstico (Petroquímica, 2018).

- **Vigilancia de máquinas:** Su principal función es llegar indicadores cuando se presenta o hay problemas, se debe diferenciar entre condiciones positivas o negativas y si es el último término verificar que impacto nos va a generar.
- **Protección de las máquinas:** La máquina se considera protegida cuando en un caso determinado los parámetros establecidos para su condición no sobrepasen ni se consideren críticos, para ello y evitar fallas catastróficas la máquina se detiene automáticamente, es este caso la máquina está protegida.
- **Diagnóstico de fallas:** El propósito es Su objetivo es determinar cuál es la falla específica. Como finalidad es verificar la disponibilidad de la máquina operativa sin correr el riesgo de una falla catastrófica. En el último tiempo se ha dado la tendencia a aplicar mantenimiento predictivo o sintomático, sea, esto mediante vibro análisis, análisis de aceite usado, control de desgastes, etc. (Petroquímica, 2018).

5.2.8. Diagrama de Pareto.

Los problemas de calidad se presentan como pérdida (productos defectuosos y su costo). Es muy importante aclarar el patrón de la distribución de la pérdida. La mayoría de las pérdidas se deberán a unos pocos tipos de defectos, y estos defectos pueden atribuirse a un número muy pequeño de causas. Si se identifican las causas de estos pocos defectos vitales, se podrá eliminar casi todas las pérdidas, concentradoras en esas causas particulares y dejando de lado por el momento otros muchos defectos triviales. El uso del diagrama de Pareto permite solucionar este tipo de problemas con eficiencia (Kume, 2002, pág. 19).

Para elaborar un diagrama de Pareto es necesario seguir algunos pasos, entre ellos se citan los siguientes:

Decida qué problemas se van a investigar y como recoger los datos.

- 1) Decida qué clase de problemas son los que usted quiere investigar. Ejemplo: objetos defectuosos, pérdidas en términos monetarios, ocurrencia de accidentes.
- 2) Decida que datos va a necesitar y como clasificarlos. Ejemplo: Por tipo de defecto, localización, proceso, maquina, trabajador, método.
- 3) Defina el método de recolección de los datos y el periodo de duración de la recolección (Kume, 2002, pág. 20)

Kume en su libro Herramientas estadísticas, realiza algunas recomendaciones para usar el diagrama de Pareto.

Si un ítem se puede solucionar fácilmente, debe afrontarse de inmediato aunque sea relativamente de poca importancia. Debido a que un diagrama de Pareto tiene como objeto la solución eficiente de problemas, se requiere, básicamente, que se afronten los focos vitales, Sin embargo, y por medio de una sencilla medida se puede solucionar un ítem que parece relativamente de poca

importancia, servirá como ejemplo de solución eficiente de un problema, y la experiencia, la información y los incentivos que los empleados pueden obtener por este medio serán de gran ayuda en la futura solución de problemas (Kume, 2002, págs. 23-24).

5.3. Marco legal

- Norma Técnica Colombiana NTC - ISO 22002-1 de 2009

Con esta norma se especifica que requisitos deben aplicar las empresas para desarrollar o implementar el proceso de inocuidad para alimentos de una cadena alimenticia cuando una organización desea desarrollar la capacidad de controlar los daños enlazados con inocuidad de alimentos para tener la certeza de asegurar que los productos sean inocuos al momento de consumir o al tener contacto generando que los alimentos no podrá causar ningún tipo de contraindicaciones al consumirla generando un proceso riguroso en la preparación del producto. (ICONTEC, Norma Técnica Colombiana NTC ISO 22002-1 de 2009, 2009).

- Norma Técnica Colombiana NTC-OHSAS 18001:2007

Esta norma OHSAS especifica los requisitos para un sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional, para hacer posible que una organización controle sus riesgos y mejore su desempeño en este sentido. Es aplicable a cualquier organización que desee; Establecer un sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional con el fin de eliminar o minimizar los riesgos para el personal y otras partes interesadas que pueden estar expuestas a peligros de seguridad y salud ocupacional asociados con sus actividades (ICONTEC, Norma Técnica Colombiana NTC-OHSAS 18001:2007, 2007).

6. Marco metodológico de la investigación

6.1. Recopilación de la información

6.1.1 Tipo de investigación

El presente documento pretende desarrollarse bajo la *metodología de investigación descriptiva*, puesto que la investigación se basa en el estudio y en el análisis de las diferentes metodologías de mantenimiento ya existentes, además del estudio de la documentación; las consultas bibliográficas, los diferentes trabajos de grado, artículos, libros y textos virtuales, sin dejar a un lado la información suministrada por la empresa Proalpet S.A. ya que dicha información deberá contener el historial de falla de la máquina, los tiempos entre intervenciones, tiempos entre fallos, los costos de mantenimiento y de repuestos, también el cómo se está realizando el mantenimiento a las ya mencionadas máquinas. El trabajo se enfoca en cualificar las diferentes filosofías de mantenimiento como: el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), mantenimiento productivo total (TPM), Mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y el mantenimiento predictivo, esto para identificar la más apropiada, y poder así, establecer un plan de mantenimiento con el fin de proponer una serie de tareas y rutinas de mantenimiento acorde a la máquina prensadora de costillitas de alimento canino, objeto de este texto.

6.1.2 Fuentes de obtención de la información

6.1.2.1 Fuentes primarias

La fuente de información primaria se obtiene directamente de la empresa, en la planta de producción, en este caso de la máquina prensadora de costillitas más crítica (se llevara a cabo en el sector de alimento canino), también se obtiene y evidencia de la experiencia de los operadores y así mismo, la información y antecedentes de falla aportadas por el jefe de mantenimiento y los técnicos.

6.1.2.2. Fuentes secundarias

Las fuentes de información secundaria, son extraídas por los libros que describen de las diferentes metodologías de mantenimiento existente, obtenidos de la biblioteca Universidad ECCI y biblioteca virtual ECCI, artículos de mantenimiento, información web, tesis o trabajos de grado.

6.1.3. Herramientas a utilizar

Como herramientas de investigación se utilizara taxonomía del equipo, recopilación información del personal de mantenimiento (Bitácora de mantenimiento), los operadores (Bitácora de producción), número de fallas con sus respectivos indicadores de gestión MTBF, MTTR y disponibilidad y Pareto para desarrollar un indicador de falla.

6.1.4. Metodología de desarrollo

- Para desarrollar el objetivo n°1 “Recopilar la información existente para realizar una hoja de vida ver **Anexo 1. Hoja de vida** con las especificaciones de la máquina, donde se registrara las intervenciones del mantenimiento”. Se propone las siguientes tareas:

- Realización de planos para cada una de las máquinas prensadoras.
- Levantamiento de sistemas, subsistemas, e información técnica de las misma generando mayor conocimiento para la evaluación de paradas inesperadas con ayuda del personal técnico y operadores.
- Pasar la información a vía electrónica de las bitácoras (producción y mantenimiento).

- Para desarrollar el objetivo n°2 “Proponer estrategias para estandarizar un mantenimiento programado y basado en RCM para aumentar la confiabilidad de las máquinas prensadoras buscando minimizar los tiempos de parada”. Se propone las siguientes tareas:

- Estudiar las fallas más recurrentes en las 3 máquinas prensadoras.
- Determinar la máquina prensadora más crítica.
- Desarrollar una hoja de vida ver **Anexo 1. Hoja de vida.**

- Para desarrollar el objetivo n°3 “Proponer un plan de mantenimiento para la máquina más crítica en el sector de costillas con características específicas y propias presentadas en este informe que sirvan para generar una mayor productividad en la empresa PROALPET S.A”. Se propone las siguientes tareas:

- Propuesta mantenimiento basado en confiabilidad para las prensas de carnes
- Recomendación de trabajos a realizar diarios, semanales o mensuales dependiendo de los elementos a intervenir aumentando la disponibilidad de la misma.

6.1.5. Información recolectada

La información recolectada se maneja en una bitácora de mantenimiento y producción, donde se encontrará la información de los trabajos realizados por el técnico y operario, con sus respectivos números de intervención, para facilitar el análisis se pasó a un archivo electrónico que se encuentra anexa del trabajo para poder graficar las fallas más recurrentes en las máquinas y poder atacar el problema directamente. Ver **Anexo 1. Bitácora de mantenimiento** y **Anexo 2.**

Bitácora de Producción (PC1, PC2 y PC3).

La empresa actualmente no tiene desarrollado un plan de mantenimiento para estas máquinas debido a que es un producto nuevo que se está vendiendo en el mercado y que no se pensaba que se iba a obtener gran demanda de esta, mientras tanto están realizando trabajos netamente correctivos sobre estas máquinas especialmente en el sistema de moldes y postes por ruptura en el material debido a la necesidad de producción, restringiendo paradas cortas para poder realizar mantenimientos preventivos.

No hay desarrollo de planos de las máquinas prensadoras para facilitar mantenimiento o solicitud de repuestos y piezas a fabricar.

6.2. Análisis de la información

- Con la información recolectada se va a manejar factores ponderados de la siguiente manera:

Tabla 2, Factores Ponderados (*Proalpet, 2018*).

Frecuencia de Fallas		
Criterio	Fallas/Semanal	Frecuencia
Muy alta	5 o más	4
Alta	4	3
Media	2-3	2
Baja	1	1

En la tabla 2, factores ponderados, se estable “una escala” de frecuencia donde se establece: si tiene una calificación de 5 o más unidades es considerada una falla con muy alta frecuencia, de 4 es alta, 2-3 media y 1 es considerada baja.

Tabla 3, Impacto Operacional (*Proalpet, 2018*).

Impacto operacional	
Concepto	Total
Parada total de la máquina.	10
Parada de la máquina con repercusión de subsistemas.	7
Impacto en inventario y calidad.	4
No afecta la operación de la máquina.	1

La tabla 3, Impacto Operacional, es utilizada para evaluar el impacto que genera la para total o parcial de la maquina en operación, en la cual se registra el total de los eventos o criterios a evaluar presentados por la maquina prensadora en operación.

Tabla 4, Flexibilidad Operacional (*Proalpet, 2018*).

Flexibilidad Operacional	
Concepto	Total
No hay el repuesto.	4
Hay opción de repuesto compartido/ proveedor.	2
Repuesto disponible.	1

En la tabla 4, Flexibilidad operacional, se utilizada con el fin de evaluar la flexibilidad al momento de presentarse la falla o antes con respecto a la disponibilidad de los respuestos, este analisis es util para la planeacion de la rotacion del stock de repuestos, en este caso el item “No hay el repuesto” tiene un total de 4 unidades siendo el de mayor atención.

Tabla 5, Costo de Mantenimiento (*Proalpet, 2018*).

Costo de mantenimiento	
Criterio	Total
Mayor o igual a \$ 800,000	2
Inferior a \$ 800,000	1

Para el caso de la Tabla 5, Costo de mantenimiento, se puede evidenciar que esta constituida por unos criterios mayores a 800.000 COP ó inferiores a 800.000 COP, esto sirve para porder derminar el valor de implementar un stock de repuestos.

Tabla 6, Impacto Seguridad, ambiente e higiene (Proalpet, 2018).

Impacto Seguridad, ambiente e higiene	
Concepto	Total
Afecta la seguridad del operario y compañeros de trabajo.	8
Afecta el ambiente.	7
Afecta las instalaciones con daños severos.	5
Daños menores (Seguridad y ambiente).	3
No produce ningún tipo daños.	1

La tabla 6, Impacto seguridad, ambiente e higiene, se utiliza para evaluar principalmente la seguridad de los operarios de las maquinas prensadoras y dosificadoras, así como al personal de mantenimiento y demás integrantes de la compañía, puesto que el proyecto reconoce y es consciente de la importancia del recurso humano.

- Se utilizara las fórmulas de criticidad basado en el concepto de riesgo con un máximo valor de criticidad a partir de los factores ponderados de = 200
- Matriz General de criticidad:
- **Anexo 3. Tablas formulas**

Tabla 7, *Frecuencias Consecuencias (Proalpet, 2018).*

F R E C U E N C I A S	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIAS				

- Con este sistema se puede organizar los trabajos de la siguiente manera:

- 1- Área de elementos No críticos (NC, en blanco)
- 2- Área de elementos de Media Criticidad (MC, amarillo)
- 3- Área de elementos Críticos (C, rojo)

Como se puede evidenciar en la tabla 7 frecuencias consecuencias, cada columna y fila cuenta con un valor, lo que es útil para darle un puntaje y evaluar los elementos desde su criticidad ya sea bajo, media o alta.

- A continuación se relacionan máquinas disponibles en la sección de prensado de la empresa de Proalpet S.A:

Tabla 8, Inventario Hoja 1 (*Proalpet, 2018*)

ID	NOMBRE DE LA MAQUINA	REFERENCIA
1	Prensa de carne 1	PC1
2	Prensa de carne 2	PC2
3	Prensa de carne 3	PC3

Para el caso de la Tabla 8, Inventario Hoja 1, se puede evidenciar la relación de las maquinas prensadoras y dosificadoras, las cuales fueron objeto del estudio de este proyecto, también se encuentra las respectivas referencias de cada máquina.

Tabla 9, Factores a Evaluar (*Proalpet, 2018*)

REFERENCIA MAQUINA	FACTORES A EVALUAR	VALOR	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
PC3	Impacto operacional	10	43	172
	Frecuencia de fallas	4		
	Flexibilidad operacional	4		
	costo de mantenimiento	2		
	Impacto seguridad e higiene	1		

La tabla 9, Factores a evaluar, representa el resumen de análisis de criticidad de la comparación de las 3 máquinas, de este análisis se pudo determinar que la maquina PC3 es la más crítica, teniendo como puntaje máximo de criticidad 172 con respecto a las otras dos máquinas, la PC1 y PC2, las cuales tuvieron 75 y 14 respectivamente.

- Resumen cálculos de criticidad

Tabla 10, Inventarios Hoja 2 (*Proalpet, 2018*)

NOMBRE DE LA MAQUINA	REFERENCIA	CRITICIDAD
Prensa de carne 1	PC1	MC:75
Prensa de carne 2	PC2	NC:14
Prensa de carne 3	PC3	C:172

Con los resultados de la tabla anterior de análisis de criticidad general que se muestra en los anexos se puede determinar que la máquina con referencia PC3 es la más crítica por ende se propone implementar la metodología RCM en esta máquina mejorando su disponibilidad en el trabajo de producción y facilitando trabajos de mantenimientos en la frecuencias de falla aumentado su vida útil de trabajo.

- Con la verificación de medidas, material, restricción y funcionamiento, se realiza levantamiento de planos de la máquina prensadora de carne # 3, reconociendo los elementos con mayor frecuencia de falla.

Anexo 4. Maquina prensado de carne.

- Taxonomía máquina prensado de carne:

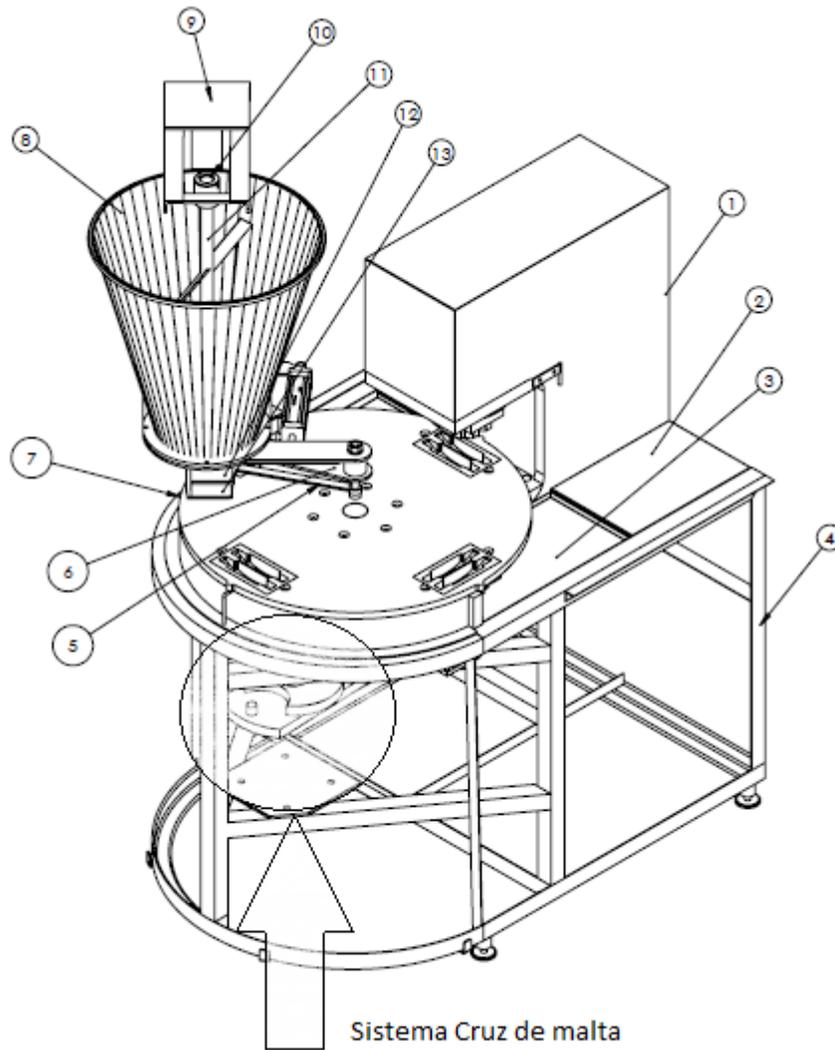


Imagen 3, Planos (*Proalpet, 2018*)

- 1- Caja cilindro hidráulico.
- 2- Bandeja sistema eléctrico
- 3- Bandeja.
- 4- Bastidor de la máquina.
- 5- Brazo guía dosificador.
- 6- Brazo de dosificación.

- 7- Mesa rotativa.
- 8- Tolva.
- 9- Soporte motor reductor.
- 10- Buje tolva.
- 11- Batidor.
- 12- Soporte tolva.
- 13- Molde dosificador.

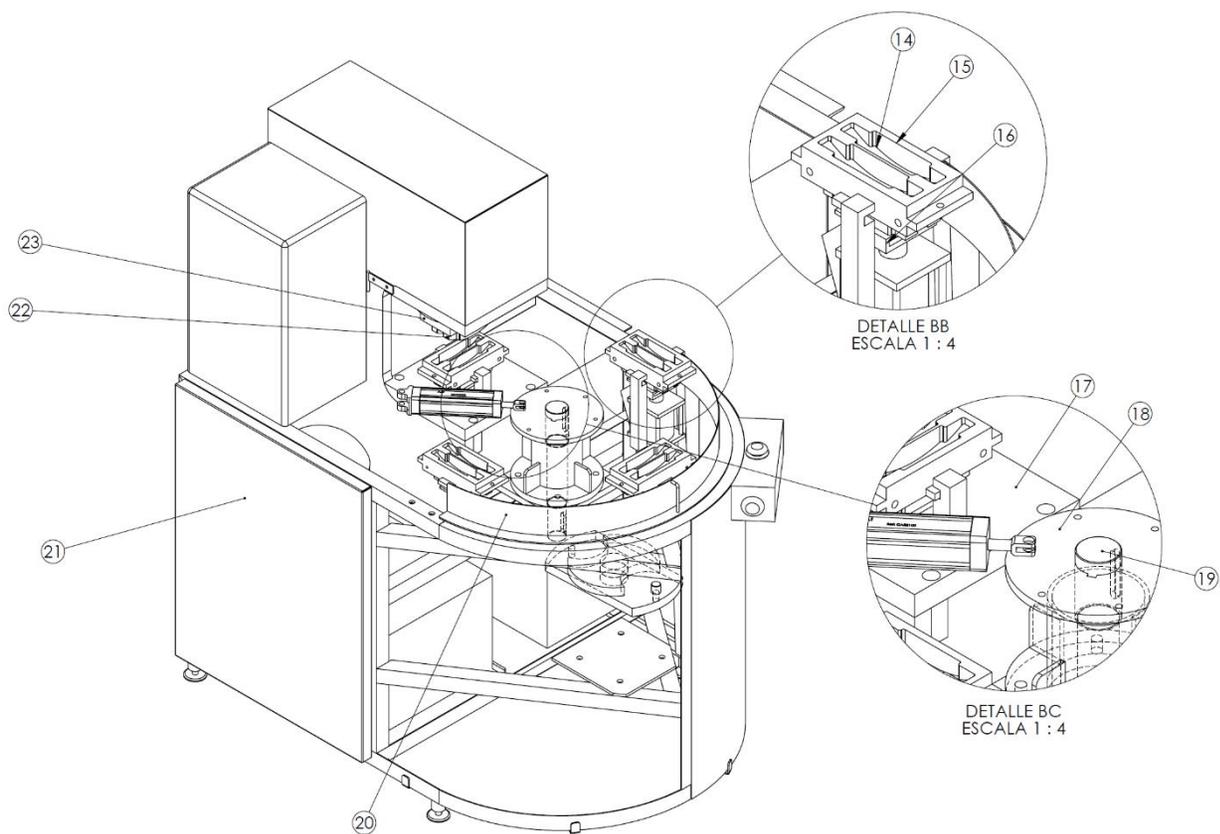


Imagen 4, Planos 2 (*Proalpet, 2018*)

- 14- Molde macho Inferior
- 15- Molde hembra

- 16- Cilindro de extracción
- 17- Placa Inferior
- 18- Brida
- 19- Eje Central
- 20- Protector
- 21- Bandeja Lateral
- 22- Molde Macho superior
- 23- Guía macho superior
- 24- Sistema cruz de malta (Cruz y rueda accionadora)

En la empresa Proalpet S.A dio como resultado que la máquina prensado de carnes # 3 es la más crítica, empezando a realizar la repetición de fallos con su respectiva descripción del problema.

Ver **Anexo 2. Bitácora de mantenimiento** (Proalpet, 2018)

Tabla 11. Análisis de criticidad y consecuencias (Autores, 2018).

REFERENCIA MAQUINA	FACTORES A EVALUAR	VALOR	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
PC1	Impacto operacional	10	25	75
	Frecuencia de fallas	3		
	Impacto seguridad e higiene	3		
	Flexibilidad operacional	2		
	costo de mantenimiento	2		
PC2	Impacto operacional	4	7	14
	Frecuencia de fallas	2		
	costo de mantenimiento	2		
	Impacto seguridad e higiene	1		
	Flexibilidad operacional	1		
PC3	Impacto operacional	10	43	172
	Frecuencia de fallas	4		
	Flexibilidad operacional	4		
	costo de mantenimiento	2		
	Impacto seguridad e higiene	1		

Sin embargo las 3 máquinas no son iguales en cuanto al bastidor, altura y moldes pero cumplen con las mismas funciones desarrolladas en ambientes iguales.

- Con los datos obtenidos en la bitácora de mantenimiento se realizó los indicadores de gestión MTBF y MTTR realizando un parteo de fallas y concentrándonos en las partes más críticas de la máquina prensadora de costillas en Proalpet S.A. **Ver Anexo 2. Bitácora de mantenimiento.** (Proalpet, 2018)

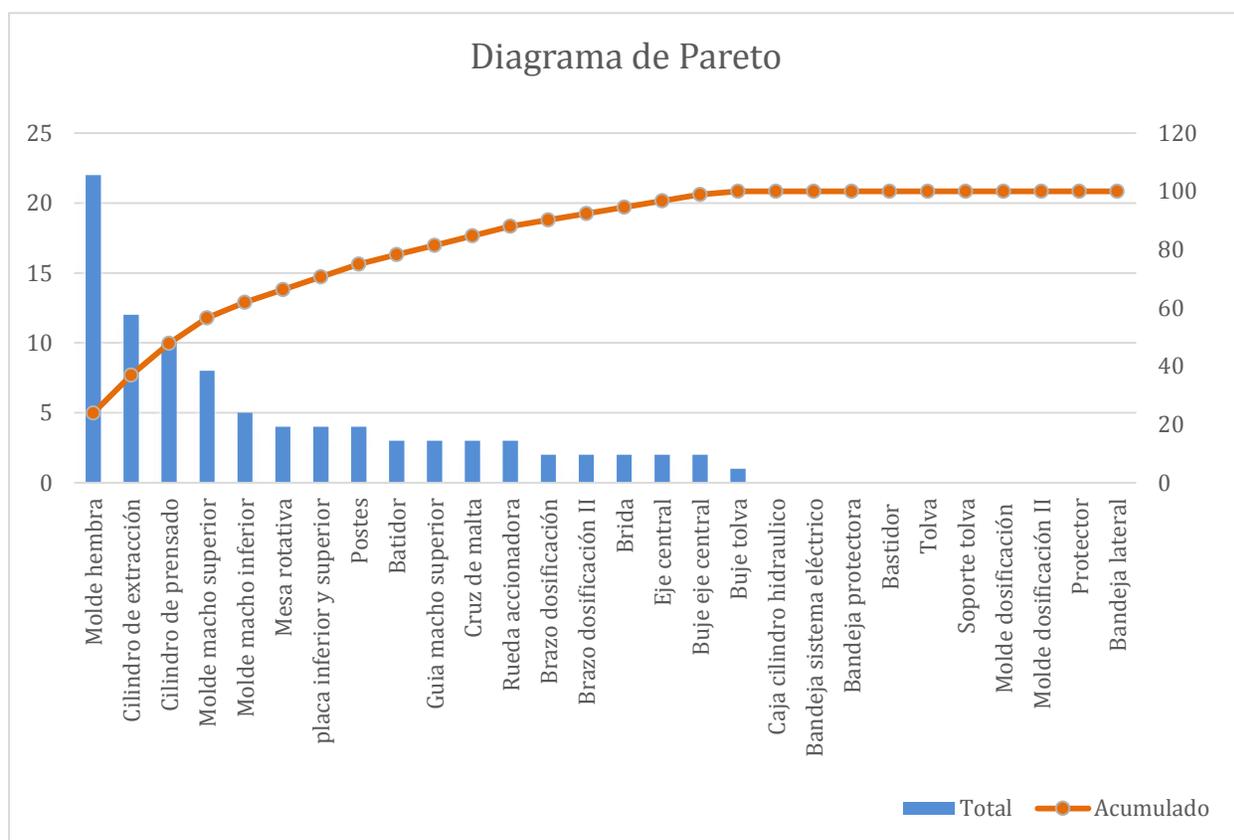


Imagen 5, Diagrama Pareto. (Autores, 2018).

En diagrama de parto (imagen. 5), se puede apreciar los componentes con las fallas más recurrentes representan un la mayoría de las pérdidas, en este caso de un 48 %, y son atribuidas a: Molde hembra, cilindro de extracción y cilindro de prensado. Es necesario identificar las causas

de estos defectos para así poder enfocar los trabajos de mantenimiento centrado en la confiabilidad a este pequeño grupo de fallas con el fin de mitigarlas casi por completo, para poder visualizar al detalle el diagrama de Pareto junto con los indicadores ver **Anexo 5**.

Diagrama de Pareto.

6.3 Propuesta de solución

De acuerdo al análisis de criticidad de los componentes de las máquinas prensadoras de costilla y durante la revisión, análisis y estudio de los eventos reportados en la bitácora de producción se decide realizar RCM a los equipos que los estructuran. Ver **Anexo 6. AMEF**.

- Desarrollar una hoja de vida **ver Anexo 1. Hoja de Vida** para cada máquina siendo controlado por un formato único para esas máquinas, controlando los tiempos de parada, trabajos realizados, repuestos utilizados, desarrollando con esta información las fallas más recurrentes y los repuestos afectados haciendo énfasis en esos trabajos que no se generen con alta frecuencia.
- Desarrollar levantamiento de medidas generales y sistemas de las máquinas para generar un plano estandarizado **ver Anexo 5. Máquina de prensado de carne**, ahorrando tiempo a la hora de fabricar una o varias piezas. También nos ayuda para obtener más información entendió el funcionamiento de la máquina y desarrollar o mejorar la intervención de la máquina facilitando el desarme de las piezas con procedimientos estandarizados disminuyendo el tempario de los trabajos preventivos.

7. Resultados esperados

- Reducción en las fallas de la máquina sin esperar trabajos correctivos, con el fin de aumentar la confiabilidad y disponibilidad de la máquina a un 95% trabajando en condiciones estipuladas en la empresa Proalpet S.A.
- Estandarización de las 3 máquinas prensadoras que tengan las mismas medidas y piezas para su funcionamiento.
- Establecer mantenimiento preventivo adaptadas en los intervalos en que la máquina para en su turno habitual de producción.
- Generar stock de repuestos que generan mayor desgaste en el trabajo de la máquina como lo son: Postes de extracción, poste de prensado, moldes hembra, molde macho superior y moldes machos inferiores, que funcionen en las 3 máquinas sin ninguna restricción de diseño.

Ver Anexo 8 archivo Excel costos (*Proalpet, 2018*)

8. Análisis financiero

- Recopilación y estudio de la información: \$ 300.000
- Análisis de falla: \$1.800.000
- Estudio de la metodología: \$800.000
- Recomendaciones de operación (Capacitación)\$ 1.200.000
- Hoja de vida: \$ 2.000.000

- Medir disponibilidad: \$ 1.000.000
- Estudio de la información y metodología a utilizar: \$ 2.500.000
- Valor día de trabajo: \$ 100.000
- Total días para realizar la propuesta: 96
- Valor total: \$ 9.600.000

$$\text{ROI} = \frac{\text{Ingresos} - \text{Gastos}}{\text{Gastos}}$$

Total minutos trabajados 8 horas x 60 minutos = 480 minutos.

480- 20 minutos de descanso

460 – 60 minutos (20 min. Ajuste troquel, 20 mtto. Preventivo, 20 mtto. Correctivo).

La propuesta busca minimizar los mantenimientos correctivos en 20%.

Unidades producidas por turno = 12.000

Paradas no programadas = 20 min.

Unidades Producidas por minuto = $\frac{12.000}{400} = 30$ unidades /minuto.

Precio de venta Unidad = \$ 9.000 cop.

Precio por producir cada unidad = \$ 7.200 cop

20 min = 100%

4 = 20% (Lo que se planea minimizar)

Turnos = 3

Días trabajados = 7

Unidades que se aumentan con la implementación de la propuesta

4 mttos x 30 unidades x 3 turnos x 7 días

Unidades = 2520 semana x 4 semanas = 10.080

Total unidades mes = 10.080

Total ingresos = 10.080 unidades x \$9.000 precio venta = \$ 90'702.000 Cop

Total gastos para producirlas = 10.080 unidades x \$72.00 Cop = \$ 72'567.000 Cop

$$\text{ROI} = \frac{\$ 90'702.000 - \$ 72'.567.000}{\$ 72'.567.000} = 0.25\%$$

ROI = 25 % = \$ 78'144.000 (Calculo de un mes).

Teniendo cuenta que actualmente se están trabajando 3 turnos y los 7 días de la semana, se plantea el cálculo con este nivel de producción, generando una recuperación de la inversión en el plan de mantenimiento RCM en un (1) mes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

A través de la metodología de mantenimiento RCM se logró demostrar que las máquinas de PROALPET S.A, presenta 10 tipos de falla funcional y 15 modos de falla, las cuales están directamente relacionas a las 5 funciones que estas realizan, además se logró establecer para la propuesta, 15 tareas a realizar centradas a la corrección de dichas fallas, para poder mitigar las fallas funcionales, esto fue posible gracias a la información obtenida por mantenimiento, el cual permitió conocer cada uno de los 3 equipos de la planta y su estado actual.

Al realizar la tabulación sistemática separando los componentes críticos y realizando un filtrado de información se calculó el tiempo perdido por equipo, equivalente a 92 horas en los 4 meses de operación analizados, lo que supondría que, cada 24 horas en promedio se presenta una falla funcional (MTBF) y 1 hora en promedio en intervención de reparación (MTTR), además el diagrama de Pareto de fallas indico que el mayor número de fallas es por la prensa de carnes número 3 (PC3), donde 3 de los 28 componentes principales producen el 47,8 % de las causas y 52,2 % se debe a efectos generados por los restantes componentes.

Se diseñó la estrategia de mantenimiento teniendo como base fundamental la filosofía RCM para la máquina que más eventualidades de falla presenta, determinando los componentes más críticos dentro de la unidad de prensa. El proyecto busca reducir las fallas de operación en un 48%, mitigando las causas que las producen, con el fin de aumentar la confiabilidad y disponibilidad a un 90% en la empresa Proalpet S.A.

9.2 Recomendaciones

- Realizar alistamiento de las máquinas en el turno de la noche ya que están paradas hasta el día siguiente con chequeos de 15 minutos en general al momento de realizar cambio de turnos.
- Cambiar posición el sistema de botoneras ya que están actuando los botones con las rodillas y la recomendación de la empresa, el operario siempre debe tener ocupada las manos por seguridad de la misma.
- Cambiar sistema de tapas laterales con bisagras inoxidables facilitando el acceso al sistema mecánico de la máquina siendo más rápido y así evitar una parada mayor de la máquina.

- Inclinación de bandeja protectora del sistema cruz de malta para evitar acumulación de la masa bloqueando otros sistemas y disminuyendo tiempos de limpieza de la máquina.
- Dejar la conexión eléctrica y de aire a una altura de 2 metros para dejar circulación en la parte trasera de la máquina debido a que actualmente obstruye el paso.

10. Bibliografía

- Aguilar, L., & Rodríguez, H. (2014). *Análisis de modos y efectos de falla para mejorar la disponibilidad operacional en la línea de producción de gaseosas No. 3*. Bogotá.: Universidad Libre de Colombia.
- Cárdenas, J., & Bastias, G. (2016). *Cálculo del TPEF (Tiempo Promedio Entre Fallas) para una flota de vehículos de transporte masivo (gestión de activos)*. Bogotá: Universidad ECCI.
- Cervantes, G. (2011). *Realizar el plan de mantenimiento preventivo de la máquina del departamento de marco y molduras en la empresa Antiguo Arte Europeo S.A. de CV*. Tepeji: Universidad Tecnológica Tula.
- Fernández, J. (2015). *Implementación RCM en grúas Portico*. Cartagena: Universidad Politécnica de Colombia.
- Forero, A., & Paez, J. (2014). *Propuesta de plan de mantenimiento para buses Scania K410*. Bogotá: Universidad ECCI.
- García, G. (2009). *Mantenimiento Correctivo Organización y gestión de la reparación de averías*. Renovetec.
- Hernández, J., & Molano, O. (2012). *Propuesta de utilización de Reliability Centred Maintenance (RCM), como herramienta para aumentar confiabilidad / disponibilidad en buses articulados de sistema Transmilenio*. Bogotá: Escuela Colombiana de Carreras Industriales.
- ICONTEC. (2007). *Norma Técnica Colombiana NTC-OHSAS 18001:2007*. Bogotá: Consejo Directivo.

- ICONTEC. (2009). *Norma Técnica Colombiana NTC ISO 22002-1 de 2009*. Bogotá: Concejo Directivo.
- Johan, R. (2017). *Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en línea piloto en la compañía nacional de Cocolates S.A.S*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Jose, C., & German, B. (2016). *Propuesta de aplicación RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) en buses articulados Volvo B12M*. Bogotá: Universidad ECCI.
- Kume, H. (2002). Herramientas Estadísticas Básicas para el mejoramiento de la Calidad. En H. Kume, *Herramientas Estadísticas Básicas para el mejoramiento de la Calidad* (pág. 243). Bogotá: Norma.
- López, I. (2017). *Mantenimiento FMEA del sistema de alimentación del motor wartsilla 50DF-12V*. Vasco: Universidad del País de Vasco.
- Mora G., L. A. (2007). *Mantenimiento estratégico empresarial*. Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- Mora Gutiérrez, L. A. (2009). *Mantenimiento Planeado, ejecución y control*. Bogotá: Alfaomega.
- Motta, M. A. (2017). *Diseño de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para top roll en vidrios Andino S.A*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- Moubray, J. (1997). *RCM II Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. Buenos Aires: Biddles Ltd.
- Naval, U. (04 de Diciembre de 2017). *Metodología de Investigación*. Obtenido de Metodología de Investigación:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/133491/METODOLOGIA_DE_INVESTIGACION.pdf
- Petroquímica, M. (20 de 03 de 2018). *MantenimientoPetroquímica.com*. Obtenido de MantenimientoPetroquímica.com:
<http://www.mantenimientopetroquimica.com/mantenimientopredictivo.html>
- Proalpet, S. (2018). *Factores Ponderados*. Bogotá.
- Rincón, A. (2016). *Plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para el horno rotatorio allis chalmers en la planta de cemento cucuta, Cemex Colombia S.A*. Ocaña: Universidad Francisco de Paula Santander.

- Rivera, E. (2011). *Sistema de gestion del mantenimiento industrial*. Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Sánchez, A. (2016). *Diseño plan de mantenimiento mediante la metodologia RCM para linea de valorizacion de PEBD*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Sánchez, F. (2017). *Propuesta de un plan de mantenimiento para la celda Daewon de la empresa Imal S.A.* Bogota: Universidad ECCI.
- SEAS. (2012). *Gestion del Mantenimiento I*. Madrid: El depositario.
- Suzuki, T. (1996). *TPM en industrias de proceso*. Madrid: TGP-Hoshin, S. L.
- Vásques, D. (2008). *Aplicacion del mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM en motores detroit 16v-149ti en Codelco Division Andina*. Chile: Universidad Austral de Chile.
- Zuñigan, J., & Gutierrez, W. (2011). *Investigación de estándares para las labores de mantenimiento preventivo*. Bogota: Escuela Colombiana de Carreras Industriales.