

DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINA CRITICA FORMAX 400 DE
LA PLANTA DE PRODUCCION DE LA EMPRESA CALYPSO DEL CARIBE S.A.S

Autor:

ANDRES EDUARDO GOMEZ IBAÑEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2021

DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINA CRITICA FORMAX 400
DE LA PLANTA DE PRODUCCION DE LA EMPRESA CALYPSO DEL CARIBE S.A.S

Autor:

ANDRES EDUARDO GOMEZ IBAÑEZ

Trabajo de grado para optar título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director:

Yesid Javier Rueda Ordoñez

PHD Ingeniería Química.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2021

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	9
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
2. JUSTIFICACIÓN	13
3. OBJETIVOS	14
3.1. OBJETIVO GENERAL	14
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
4. MARCO TEÓRICO.....	15
4.1. PROCESO DE APANADOS.....	15
4.2. FORMADORA FORMAX F-400.....	17
4.3. GESTIÓN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO	19
4.4. Tipos de Mantenimiento	22
5. RESULTADOS	28
5.1. AMEF	28
5.2. ANÁLISIS DE CRITICIDAD.....	29
5.3. ANÁLISIS DE FALLAS	32
5.4. ACTIVIDADES PROPUESTAS Y HOJA DE DECISIÓN	40
6. PROPUESTA DE MANTENIMIENTO	47
7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	55
7.1. CRITICIDAD Y RIESGOS	55
7.2. PROPUESTA DE MANTENIMIENTO	57
7.3. REPUESTOS CRÍTICOS	58

8.	CONCLUSIONES.....	62
9.	RECOMENDACIONES	64
	BIBLIOGRAFÍA	65

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Factores ponderados de criticidad para la empresa Calypso del Caribe S.A. Elaboración propia.	30
Cuadro 2. Factores de criticidad para las máquinas usadas en el proceso de producción de la línea de alimentos apanados en la empresa Calypso del Caribe S.A. Elaboración propia.	31
Cuadro 3. . Matriz de criticidad para las máquinas y equipos de la empresa Calypso del Caribe S.A. Elaboración propia.	32
Cuadro 4. Valores y relación del índice de gravedad, índice de aparición y del índice de detección. Elaboración propia.	33
Cuadro 5. Análisis de Modos y Efectos de falla para la máquina formadora FORMAX F - 400. Elaboración propia.	35
Cuadro 6. Análisis de modos y efectos de falla AMEF con respecto al cálculo del Número Prioridad de Riesgo NPR. Elaboración Propia.	39
Cuadro 7. Hoja de decisión con las actividades de mantenimiento propuestas para los sistemas de la Formadora FORMAX F - 400. Elaboración propia.	46
Cuadro 8. Planificación del mantenimiento por lubricación de componentes de la máquina Formadora FORMAX -400. Elaboración propia	49
Cuadro 9. Propuesta de mantenimiento periódico para a máquina formadora FORMAX F - 400. Elaboración propia.	50
Cuadro 10. Tabla de repuestos críticos para el sistema mecánico de la máquina moldeadora FORMAX F – 400.....	61

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Proceso de Producción de alimentos apanados en la empresa Calypso del Caribe S.A. Elaboración Propia.....	16
Ilustración 2. Representación gráfica de la chapa moldeadora de la máquina FORMAX F – 400.	18
Ilustración 3. Representación gráfica del funcionamiento de moldeo y formado de los de los productos apanados.	19
Ilustración 4. Relación entre los objetivos organizacionales y los procesos productivos y de mantenimiento.....	21
Ilustración 5. Componentes de la gestión integral de mantenimiento ⁵	21
Ilustración 6. Implementación del mantenimiento preventivo.	24
Ilustración 7. Fases del mantenimiento preventivo. Elaboración propia.....	25
Ilustración 8. Técnicas predictivas de mantenimiento.	26
Ilustración 9. Representación gráfica de la relación multidisciplinaria involucrada en la metodología AMEF.....	29
Ilustración 10. Diagrama de flujo de la Gestión Integral de Mantenimiento para la máquina FORMAX F- 400 en la empresa Calypso del Caribe S.A. Elaboración propia	47
Ilustración 11. Componentes de la formadora FORMAX F-400 que deben ser lubricados de manera periódica ⁴	48
Ilustración 12. Sistema mecánico responsable del movimiento lineal de la placa de llenado de cada una de las referencias y los expulsores de producto.	58
Ilustración 13. Despiece del conjunto de motor de accionamiento central.	59
Ilustración 14. Tornillos de sacrificio o pasadores de recorte y sincronización del seguidor	60

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA MAQUINA CRITICA FORMAX 400 DE LA PLANTA DE PRODUCCION DE LA EMPRESA CALYPSO DEL CARIBE S.A.S*

AUTOR: ANDRÉS EDUARDO GÓMEZ IBAÑEZ*

PALABRAS CLAVE: GESTIÓN DE MANTENIMIENTO, MANTENIMIENTO PREVENTIVO, MÁQUINA MOLDEADORA, OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS, INDUSTRIA ALIMENTICIA

DESCRIPCIÓN:

La organización Calypso del Caribe S.A. tiene en sus operaciones líneas de producción industrial que exigen máxima eficiencia durante la fabricación de los alimentos que permitan realzar la empresa como una compañía competitiva en el mercado por precios y calidad. Estas exigencias se ven reflejadas en cada uno de los departamentos que componen la empresa, incluyendo el equipo de trabajo de mantenimiento el cual actualmente realiza labores específicas de corrección de fallas y averías. La frecuencia de las fallas en máquinas fundamentales han logrado ralentizar y en ocasiones detener la producción por lo que se propuso realizar análisis de modos de falla y la criticidad de cada una de las máquinas el cual arrojó como resultado que la máquina moldeadora FORMAX F-400 es la más crítica con una criticidad de 40 y la que requiere de intervención rápida. En sus análisis se identificaron cuatro sistemas que en sus componentes requieren tareas de mantenimiento, el sistema mecánico siendo este primero el más crítico con un NPR de 120, hidráulico, eléctrico y de transporte. Las tareas de mantenimiento preventivo corresponden a inspecciones, verificaciones, lubricaciones y cambios de componentes que aseguren su funcionalidad.

*Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Yesid Javier Rueda Ordoñez. Doctor en Ingeniería Química.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN OF MAINTENANCE PLAN FOR THE FORMAX 400 CRITICAL MACHINE OF THE PRODUCTION PLANT OF THE COMPANY CALYPSO DEL CARIBE S.A.S*

AUTHOR: ANDRÉS EDUARDO GÓMEZ IBAÑEZ**

KEY WORDS: MAINTENANCE MANAGEMENT, PREVENTIVE MAINTENANCE, MOLDING MACHINE, PROCESS OPTIMIZATION, FOOD INDUSTRY

DESCRIPTION:

The organization Calypso del Caribe S.A. It has industrial production lines in its operations that require maximum efficiency during the manufacture of food that allows the company to stand out as a competitive company in the market for prices and quality. These demands are reflected in each of the departments that make up the company, including the maintenance work team which currently performs specific tasks to correct faults and breakdowns. The frequency of failures in fundamental machines has managed to slow down and sometimes stop production, for which reason it was proposed to perform an analysis of failure modes and the criticality of each of the machines, which resulted in the FORMAX F-400 molding machine It is the most critical with a criticality of 40 and the one that requires rapid intervention. In their analyzes, four systems were identified that require maintenance in their components, the mechanical system being the first the most critical with an NPR of 120, hydraulic, electrical and transport. Preventive maintenance tasks correspond to inspections, verifications, lubrications and changes of components that ensure their functionality.

*Degree work

** Faculty of Physicomechanical Engineering.. School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization. Director: Yesid Javier Rueda Ordoñez. Doctor in Chemical Engineering.

INTRODUCCIÓN

El concepto de mantenimiento preventivo se ha posicionado como una metodología que al hacerla propia de las operaciones de una empresa permite evitar situaciones de riesgo que ralentizan los procesos productivos de la empresa en la que sea implementado. Este concepto hace parte de lo que es llamado actualmente como Gestión Integral de Mantenimiento, que consiste en el diseño de estrategias acordes a los objetivos de la empresa logrando competitividad organizacional. En otras palabras, estas estrategias tienen como objetivo operar a través de todo el ciclo de vital de un producto, con el objetivo de la mejora permanente de la disponibilidad operativa y de los costos globales de mantenimiento¹.

La industria alimentaria tiene líneas productivas complejas, en este caso se trata de una línea de producción de alimentos apanados se cuenta con diferentes fases de preparación, moldeo y empackado de los productos en las cuales intervienen maquinarias que requieren mantenimiento constante. Para efectos de este monografía de investigación se enfocaron los estudios en la máquina moldeadora FORMAX F – 400, una máquina formadora reconocida en la industria que cuenta con un sistema hidráulico que controla con precisión el proceso de llenado y su estructura la hace óptima en términos de productividad, eficiencia y controles de calidad. Esta máquina hace parte de la línea de producción de alimentos apanados de la empresa Calypso del Caribe S.A. la cual tiene varias cadenas de valor que incluyen la importación, procesamiento, comercialización y distribución de productos alimenticios congelados y refrigerados. Productos que son distribuidos desde su planta de producción principal en Tocancipá al resto del territorio nacional.

Como anteriormente se ha enfatizado la gestión integral del mantenimiento debe estar en concordancia con la visión de la compañía, la cual consiste en desarrollar eficiencia en sus procesos con el fin de llevar al mercado productos de excelente calidad y precios

¹ **TECHNIT.** *Programa: Gestión del Mantenimiento.* Buenos Aires : Propymes, 2014. Vol. Módulo 1.

competitivos que permitan el acceso del público a sus productos y de esta manera lograr un posicionamiento de la marca a nivel nacional. En este camino de mejora continua de los procesos Calypso del Caribe S.A. se ha destacado por ser líder en el desarrollo de productos e implementación de tecnologías de punta en sus procesos. Entre sus líneas de producción se destaca la categoría de productos apanados derivados de pollo y carne, que tienen un posicionamiento en el mercado debido a su calidad y precio justo al consumidor.

Este posicionamiento en el mercado exige una planta de producción que tenga la capacidad de producir un alto volumen de alimentos que satisfaga la demanda de los consumidores y de aquellos socios comerciales a los cuales pertenecen grandes almacenes de cadena y consumo masivo lo que supone eficiencia y calidad en las operaciones de esta línea. La eficiencia también se extrapola a la gestión del mantenimiento, que buscan estar a la vanguardia de procesos de mejora continua. Desde esta idea se ha propuesto realiza diagnósticos sobre los puntos críticos del trabajo de la máquina clave de la línea (FORMAX F – 400) y se han diseñado las estrategias para realizar mantenimientos que realmente salvaguarden el buen funcionamiento de la misma.

Logrando la debida eficiencia que proponen los objetivos de Calypso del Caribe S.A. a través de una debida gestión del mantenimiento de las máquinas que hacen parte de los procesos se logrará por defecto la reducción de costos de fabricación de los productos. En el desarrollo de esta monografía de investigación se describirá la manera correcta de realizar el mantenimiento de esta máquina y con su implementación se logrará acercar a la empresa a la optimización de sus procesos, generando los precios más cómodos al consumidor.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las organizaciones en su constante búsqueda de la eficiencia de procesos y operaciones que les permitan ser competitivas en un mundo globalizado generan la necesidad de realizar inversiones millonarias en equipo y personal idóneo para su correcto manejo y mantenimiento. Por ejemplo, en el mercado de los productos apanados se observa mucha competencia en cuanto a productos y calidad, por lo que la empresa requiere disponibilidad y confiabilidad de los equipos que le permitan tener líneas de producción óptimas.

En el caso de la empresa Calypso del Caribe S.A. en su planta de producción actualmente con 3 líneas principales de producción, una de ellas es la línea de producción de apanados diseñada para producir 1000Kg/H en sus diferentes referencias de producto. Esta línea para atender la demanda creciente del mercado para estos productos ha llevado a la empresa a la necesidad de adquirir maquinaria con otros niveles de capacidad que permitan abastecer las cantidades previamente mencionadas. Las inversiones de la empresa en maquinaria tuvieron foco en la formadora de apanados FORMAX F – 400, máquina que tuvo un costo de alrededor de 1500.000.000 de pesos.

Sin embargo, la inversión es insuficiente cuando el plan de gestión integral de mantenimiento está enfocado en reparaciones sobre daños de la máquina, es decir, enfocado en realizar mantenimientos correctivos. Esta metodología resulta ineficiente ya que entre sus desventajas se pueden enumerar la pérdida de la producción o ralentización de las operaciones productivas, sobrecostos en las operaciones, atraso en los planes de mantenimiento, posible necesidad de compra de repuestos, mayor estrés en el área de mantenimiento debido a la presión de la restauración de las actividades, mala calidad en los productos que implica reprocesamiento, entre otros.

Por esta razón es necesario establecer un plan de gestión integral de mantenimiento que posibilite la prolongación de la vida útil de la máquina crítica FORMAX F – 400 y de esta

manera garantizar su buen funcionamiento que finalmente se refleja en la calidad y la productividad de las líneas de operación de la empresa Calypso del Caribe S.A. finalmente, dicho plan de gestión no sólo repercute en la eficiencia sino que su impacto trasciende a términos financieros de disminución de costos y mejora de los precios de los productos, logrando una llegada mayor al consumidor.

2. JUSTIFICACIÓN

El propósito de establecer un plan de gestión de mantenimiento idóneo en una organización es el de mejorar la rentabilidad, la calidad y los costos de sus líneas de producción a través del diseño de estrategias que incluyen planeación, organización, actividades de control y ejecución de métodos que pretenden conservar los equipos, herramientas y máquinas. Esta gestión de mantenimiento involucra múltiples eslabones internos y externos que ejercen diferentes influencias, es decir, este depende del contexto productivo, de las máquinas, equipos e instalaciones, procesos y la disponibilidad de recursos financieros. En el caso de la empresa Calypso del Caribe S.A. la política de mantenimiento actual resulta deficiente y tiene varios puntos a optimizar.

El proceso de mantenimiento ha evolucionado y de él se han desplegado diferentes conceptos como mantenimiento preventivo y predictivo los cuales a través de cambios/reconstrucciones de partes/equipo bajo una base regular y el establecimiento de inspecciones periódicas que determinan cuando cambiar o reconstruir una parte/equipo en función del estado actual de los mismos mejoran las líneas productivas de apanados de la empresa Calypso del Caribe S.A. y la acercan a su objetivo de máxima eficiencia.

Esta implementación y monografía de investigación aportará a la empresa los recursos necesarios de mantenimientos idóneos beneficiándose de sus ventajas características, como lo son la disminución de atención a fallos que generen interrupciones en la producción, disminución de costos, mayor seguridad en los procesos, mejor calidad en los productos apanados y el aumento de la vida útil de las máquinas, en este caso la máquina FORMAX F – 400. Se justifica la realización de este plan de mantenimiento como herramienta fundamental en la mejora productiva y financiera de la empresa Calypso del Caribe S.A.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para la maquina Formax 400 de la línea de producción de apanados de la empresa Calypso del caribe S.A.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar un análisis de los tipos de modos y efectos de falla mediante la estrategia FMEA aplicado a la formadora FORMAX F - 400 de la línea de apanados de la empresa Calypso del Caribe S.A

Determinar los repuestos críticos de la maquina Formax 400 y los lineamientos para su consecución

Elaborar una propuesta de mantenimiento preventivo para la maquina FORMAX F - 400 con el fin de brindar disponibilidad a dicho equipo para el proceso de producción.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. PROCESO DE APANADOS

La cadena de valor industrial que tienen los productos apanados ha sido establecida por diversas empresas, ya que estos alimentos han formado parte de la tradición culinaria en hogares y restaurantes. Los alimentos apanados son muy versátiles y en función de la gama de ingredientes y del tipo de proceso es posible producir una gran variación en el sabor, textura y apariencia partiendo de una materia prima cruda que con un procesamiento adecuado se le añaden características que la hacen atractiva al público.

En el caso de la producción de apanados de Calypso del Caribe S.A. la materia prima principalmente es pollo deshuesado y en rasgos generales dicha materia prima es moldeada, apanada, pre-freída y congelada. Los ingredientes principales de esta cadena de valor hacen referencia a trutro con piel y pechuga de pollo deshuesada, harina de trigo, sal, emulsificantes, condimentos, proteínas, saborizantes y conservantes que tienen el propósito de suministrar diferentes propiedades alimenticias al producto y a su vez promover su conservación.

Su proceso de producción inicia con la molienda de la materia prima que está compuesta por los recortes de pechuga de pollo congelado. Posteriormente a esta mezcla de consistencia específica son agregados los aditivos, los cuales han sido previamente dosificados y mezclados antes de ser incorporados a la masa de pollo la cual finalmente se homogeniza para la fase siguiente de apanado². Una vez preparada la mezcla se procede a aplicar un choque térmico en un cuarto de congelación con el fin de obtener una temperatura óptima de -4°C para el proceso de formado en el cual interviene la

² ACEVEDO, Carolina. *Desarrollo, optimización y estudio de la vida útil del nugget de pollo liviano en calorías y con calcio*. Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2004.

máquina crítica FORMAX F – 400. En el proceso de moldeo se le atribuyen al producto características como la forma, tamaño y peso.

Los productos finales son principalmente Nuggets, milanesas y pinchos de pollo. Una vez el producto ha adquirido su forma final se transporta mediante una banda hacia el proceso de pre enharinado y pre cocción. El harineado consiste en una mezcla de ingredientes a base de cereal, comúnmente se utiliza la harina, adicionalmente aporta sabores e impide que los ingredientes volátiles de la mezcla de pollo escapen, por el contrario, permite que estos se mantengan en el centro del recubrimiento impidiendo que se eliminen durante la cocción. El proceso de pre-cocción hace referencia a freír el producto empanizado previamente durante un tiempo entre 30 y 45 segundos a temperaturas que varían desde 180°C a 200°C, suficiente para fijar el recubrimiento, dar color a la superficie y otorgar la textura final del producto.

Ilustración 1. Proceso de Producción de alimentos apanados en la empresa Calypso del Caribe S.A. Elaboración Propia



Para freír los productos se usa un equipo freidor que consta principalmente de un depósito de aceite y una banda transportadora que se sumerge en el mismo, por la cual

se traslada el producto bajo las condiciones mencionadas. Una vez el producto ha adquirido su forma y textura final, Debe pasar por un proceso de refrigeración. En el proceso de producción de la empresa Calypso del caribe, el producto continúa trasladándose a través de bandas transportadoras a través de un túnel de congelación donde se aplica un choque térmico a -40°C para retirar todo el calor del producto. Este choque térmico permite tanto la facilidad en la manipulación para el proceso de empaque, como la conservación del producto³.

4.2. FORMADORA FORMAX F-400

El proceso de formado del producto en la línea de apanados es clave en la producción de esta línea de apanados, en este no sólo se provee la forma característica a cada producto, sino, se le otorga un peso exacto a una tasa de 1000Kg/H, lo que supone una eficiencia y precisión óptima. Además de ello la todos los productos deben cumplir con las especificaciones de calidad dentro de un tiempo de producción establecido sin presentar variaciones ni interrupciones.

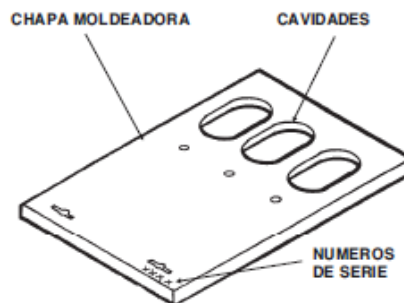
La máquina moldeadora FORMAX F-400 es la encargada de llevar a cabo esta fase crítica de la línea de producción. Dicha máquina se compone de tres sistemas independientes, el sistema mecánico, el sistema hidráulico y el sistema de control eléctrico. El sistema mecánico tiene la capacidad de avanzar y retractar la chapa moldeadora, así como también opera la unidad extractora. El sistema hidráulico se utiliza para trasladar el producto desde la tolva hasta la caja de bombeo y dentro de las cavidades de la chapa moldeadora. El sistema eléctrico controla los sistemas hidráulico y mecánico para que funcionen de manera paralela.

³ **STEIN.** *Manual La guía del procesador para rebozado, empanado, cocción y fritura.* Londres: Frigoscandia, 2009.

El moldeado del producto se lleva a cabo de la siguiente forma: el producto se deposita en la tolva sobre los tornillos de avance, los cuales giran para empujar el producto hacia el pistón operado hidráulicamente. El pistón empuja el producto al interior de la caja de bombeo donde este mismo comprime el producto para eliminar bolsas de aire y otorgarle al producto una densidad precisa y constante.

La chapa moldeadora está formada por una serie de cavidades diseñadas específicamente para cada producto con el fin de dar la forma y volumen que se busca en el producto. Esta parte de la máquina es la que en su diseño determina los pesos de cada producto en función de su volumen y forma. Esta parte de la máquina avanza y se retracta mecánicamente, cuando se encuentra en la posición de retracción las cavidades se encuentran ubicadas bajo una chapa con orificios o chapa de llenado, la cual está montada sobre la parte inferior de la caja de bombeo. En esta posición el pistón fuerza el producto a través de la chapa de llenado hasta las cavidades de la chapa moldeadora, la cual es llamada presión de producto y hace referencia a una presión hidráulica necesaria para llenar las cavidades.

Ilustración 2. Representación gráfica de la chapa moldeadora de la máquina FORMAX F – 400.

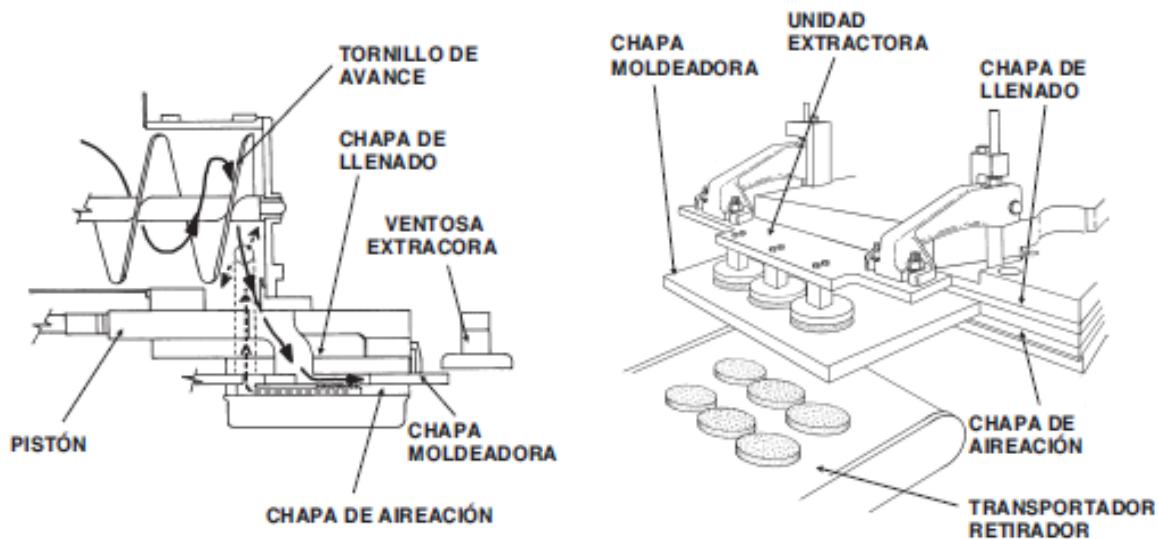


Formax Inc. Máquina moldeadora de hamburguesas F - 400 Manual de instrucciones de uso y mantenimiento. Mokena : Formax Inc, 2006⁴.

⁴ **FORMAX INC.** *Máquina moldeadora de hamburguesas F - 400 Manual de instrucciones de uso y mantenimiento.* Mokena : Formax Inc, 2006.

En la posición avanzada de la chapa moldeadora se realiza la extracción del producto mediante las denominadas ventosas extractoras las cuales tienen la misma forma del producto. Dichas ventosas depositan el producto en un transportador para dirigirlo a la siguiente etapa del proceso de producción.

Ilustración 3. Representación gráfica del funcionamiento de moldeado y formado de los de los productos apanados.



Formax Inc. *Máquina moldeadora de hamburguesas F - 400 Manual de instrucciones de uso y mantenimiento.* Mokena : Formax Inc, 2006.

4.3. GESTIÓN INTEGRAL DE MANTENIMIENTO

Las organizaciones cumplen un rol de cliente interno al cual se le deben atender ciertos requerimientos entre estos se encuentra la necesidad de preservación y cuidado de los equipos y máquinas de las líneas de producción. Inicialmente se tenía en cuenta como mantenimiento al departamento encargado de la reparación de las fallas que comunica producción, pero, de ahí nace el término gestión del mantenimiento que se encarga de optimizar los recursos que se emplean en la producción, entendiéndose por recursos la

maquinaria y equipo. Es allí donde el departamento de mantenimiento cobra un valor importante en las operaciones de la organización.

Cuando se habla de mantenimiento se hace referencia a las actividades que se realizan en pro de salvaguardar el buen funcionamiento de los equipos y las instalaciones⁵. En otras palabras, lo define⁶ como una serie de actividades incluyen toda una combinación de conocimiento, experiencia, habilidad y trabajo en equipo, junto con las otras dependencias de la organización, para que exista una buena labor administrativa y operativa, cumpliendo así con los indicadores de desempeño o de gestión que cada organización aplica y para que sus metas se alcancen.

Entonces se puede decir que el concepto de gestión de mantenimiento tiene relación estrecha con las variables de tiempo, costo, calidad y seguridad, ya que con él se busca que un equipo este el mayor tiempo posible en óptimas y seguras condiciones de operación, lo que garantiza a la organización control sobre sus costos de operación, mantenimiento y rentabilidad, asegurando a la vez que su producto final se encuentre dentro de los estándares de calidad requeridos por el entorno o por el cliente⁷. Una buena gestión de mantenimiento permite que los procesos se generen con buenos márgenes de rentabilidad y productividad en los sistemas industriales optimizando los costos y las condiciones de los equipos.

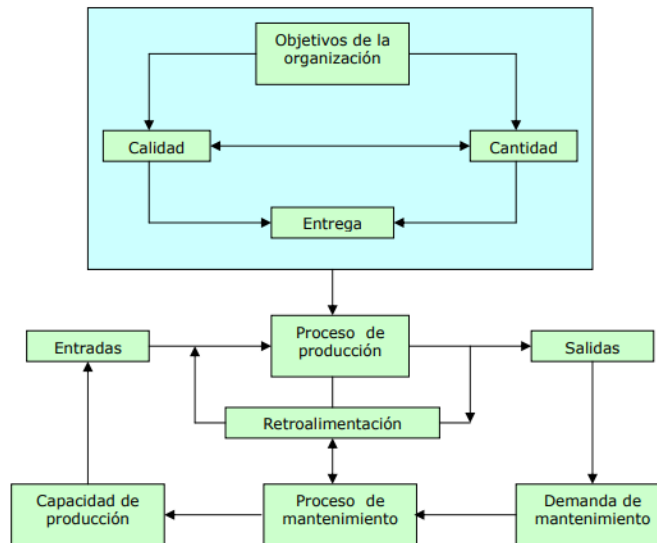
Para llevar a cabo una buena gestión integral de mantenimiento se propone la interacción de componentes tales como la experiencia, la información disponible de las cadenas productivas y de los equipos y herramientas, reportes y métricas y la disponibilidad de los repuestos.

⁵ **SANMARTIN, Jhonattan y QUESADA, Manuel.** *Propuesta de un sistema de gestión para el mantenimiento de la empresa Cerámica Andina C.A.* Cuenca : Universidad Politécnica Salesiana, 2014.

⁶ **PÉREZ, Félix.** *Conceptos generales de en la gestión del mantenimiento industrial.* Bucaramanga : Ediciones USTA, 2021. 978-958-8477-92-3.

⁷ **GUTIÉRREZ, Alberto y DÍAZ, Juan.** *Diagnóstico y diseño de una estrategia de mantenimiento aplicable en plantas del sector carbonífero.* Cartagena de Indias : Universidad Tecnológica de Bolívar , 2011.

Ilustración 4. Relación entre los objetivos organizacionales y los procesos productivos y de mantenimiento⁸.



Sierra, Gabriel. *Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica Industrias AVM S.A.* Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2004.

Ilustración 5. Componentes de la gestión integral de mantenimiento⁵.



⁸ **SIERRA, Gabriel.** *Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica Industrias AVM S.A.* Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander, 2004.

Gutiérrez, Alberto y Díaz, Juan. *Diagnóstico y diseño de una estrategia de mantenimiento aplicable en plantas del sector carbonífero.* Cartagena, 2011.

4.4. TIPOS DE MANTENIMIENTO

La evolución del concepto de mantenimiento lo ha dividido en cuatro formas de mantenimiento dependiendo de su propósito los cuales serán definidos a continuación.

Mantenimiento correctivo: este tiene lugar en el momento de la falla o avería de los equipos y máquinas que hacen parte de la línea de producción, es decir, se basa en corregir las fallas una vez se hayan presentado⁵. Las actividades de mantenimiento correctivo se llevan a cabo con el fin de regresar la pieza o equipo averiado a su condición inicial antes de la falla, tras haber perdido su capacidad de prestar la función requerida, esto puede traducir en evitar gastos fijos de gestión de mantenimiento y además aplica para algunos equipos electrónicos en los que no hay impacto de otro tipo de mantenimiento⁶.

Sin embargo, algunos autores determinan que este tipo de mantenimiento conlleva a varias consecuencias que tienen efectos negativos sobre las líneas de producción^{5, 6}:

- Interrupciones en la producción
- Diminución de las horas productivas y de la vida útil de la máquina
- Afectación de las cadenas productivas
- Sobrecostos por reparación o compra de repuestos que previamente pudieron haberse intervenido con éxito
- Tiempos de espera mayores en la intervención de la falla dependiendo principalmente de los proveedores.
- Tratamiento superficial de la falla por falta de repuestos, tiempo, personal, entre otros.
- Daños más complejos por no detectarse las fallas a tiempo

Este tipo de mantenimiento puede ser programado o no programado, en el primero de los casos es un mantenimiento a corto plazo y necesita el conocimiento profundo de las tareas que se van a desarrollar, es decir tiene un plan establecido según la falla presentada. En el segundo de los casos es un mantenimiento de emergencia y se busca principalmente solucionar todo en el menor tiempo posible evitando mayores costos⁹.

El *mantenimiento preventivo* contempla la implementación de una serie de inspecciones periódicas programadas sobre los equipos de la planta con el fin de conocer condiciones anormales de los mismos, que puedan llevar a paradas en la operación, deterioro grave de los equipos e instalaciones con el fin de prevenir la aparición de dichas condiciones llevando a cabo ajustes, reparaciones, recambios, lubricaciones⁷.

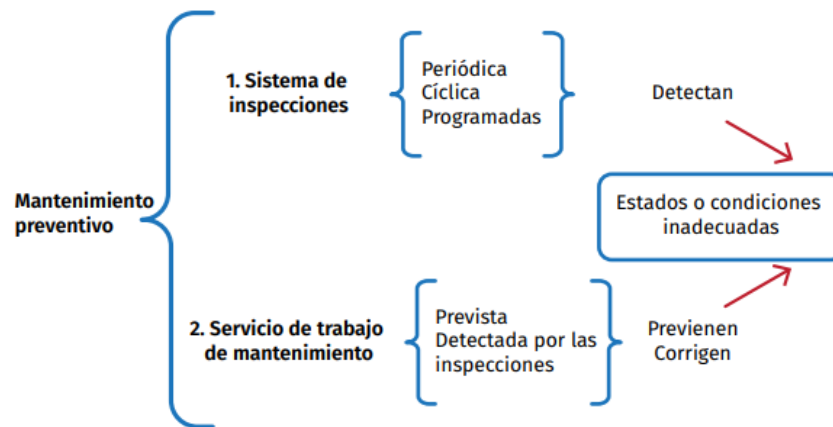
Para llevar a cabo un mantenimiento preventivo exitoso se debe tener conocimiento de los equipos, la criticidad de los mismos y una planeación conjunta entre las áreas de la compañía para su óptima ejecución. La información en este tipo de mantenimiento es de vital importancia, por ejemplo, se opta por contar con información o históricos de fallas previas que buscan síntomas, se acude a recomendaciones técnicas de los fabricantes que den indicios de las partes que puedan requerir los ajustes de acuerdo al entorno operacional del equipo. Este mantenimiento cuenta con unas ventajas adicionales que incluyen^{5, 8}:

- Está programado dentro de horarios que no impactan negativamente la producción de los bienes y servicios de la organización.
- Al tratarse de un plan se tienen todos los recursos a la mano incluyendo recursos de tiempo, herramientas, repuestos y capital humano.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.

⁹ **SERVICIO NACIONAL DE ADIESTRAMIENTO EN TRABAJO INDUSTRIAL.** *Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.* Lima : SNATI, 2013.

- El presupuesto está previamente evaluado y aprobado.
- Se realiza con mayor seguridad puesto que se conoce el estado de la máquina y las condiciones de su funcionamiento.
- Salvaguarda la vida útil de los equipos.

Ilustración 6. Implementación del mantenimiento preventivo.



Pérez, Félix. *Conceptos generales de en la gestión del mantenimiento industrial.*

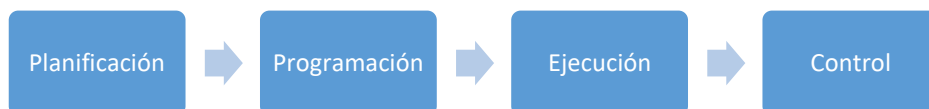
Bucaramanga : Ediciones USTA, 2021. 978-958-8477-92-3.

Puede tratarse de tres formas de mantenimiento preventivo, el primero de ellos es el mantenimiento por *Tiempo de Uso* el cual hace referencia a especificaciones preestablecidas por el tiempo de uso o el nivel de exigencia hacia la máquina y por consiguiente, requiere de altos niveles de planificación. El segundo tipo es el mantenimiento por *Condiciones de la Máquina* el cual hace referencia a los mantenimientos llevados a cabo según las métricas históricas de la máquina. Finalmente, se encuentra el mantenimiento *De Oportunidad* el cual se beneficia de los momentos en los que la máquina no se encuentra en funcionamiento y se realiza la inspección y evaluación de las condiciones del equipo⁵.

Las fases del mantenimiento preventivo están compuestas por una fase de planificación en la que se especifica las actividades por desarrollar, con qué personal se va a trabajar,

equipos y herramientas por utilizar, tiempo aproximado de trabajo; una fase de programación en la que se define la fecha, hora y lugar donde se realizarán las actividades previamente planificadas, como por ejemplo, las inspecciones; la ejecución de estas tareas y por último, se verifica y controla el resultado⁶.

Ilustración 7. Fases del mantenimiento preventivo. Elaboración propia.



Cuando se hace referencia al *mantenimiento predictivo* se define un tipo y sistema de mantenimiento que asegura un correcto estado de funcionamiento de los equipos, ya que es un mantenimiento que aplica técnicas predictivas a las máquinas y equipos. Por ello, es considerado por muchos más que un método una filosofía de trabajo¹⁰.

En general, el mantenimiento predictivo es una técnica que permite presagiar el punto de falla, anomalía, rotura o avería de un componente de alguna máquina de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se disminuye y el tiempo de vida del componente se prolonga⁶. Las técnicas predictivas basan su eficiencia en un seguimiento de los equipos teniendo en cuenta tendencias de valores, a través de cálculos que permiten prever con cierto margen de error cuándo un equipo fallará. Este mantenimiento requiere de un robusto conocimiento sobre la máquina, altos grados de automatización al diagnóstico y control subsiguiente del equipo y mayores costos de inversión inicial¹⁰.

¹⁰ **MÉNDEZ, Pedro.** *Fundamentación y propuesta de cambios a la política de mantenimiento técnico a la maquinaria agrícola de Cuba.* Santa Clara: Universidad Central Mrta Abreu de las Villas, 2017.

Ilustración 8. Técnicas predictivas de mantenimiento.



El mantenimiento predictivo se puede llevar a cabo de dos formas, la primera de ellas es proactiva en la que se aplazan las acciones programadas de los componentes si están en operatividad normal y reactiva cuando los indicadores establecen un problema que requiere la intervención⁵

Finalmente, se encuentran otros tipos de mantenimientos como lo son el *Mantenimiento Modificativo* que consiste en las acciones que lleva a cabo mantenimiento, tanto para modificar las características de las instalaciones, máquinas o equipos, como para lograr de ésta forma una mayor fiabilidad de los⁹. Este es conocido como un mantenimiento de mejora continua puede llevarse a cabo de tres maneras⁵.

- Oportunidad: cuando se pone en funcionamiento por primera vez. Las instalaciones, sistemas, equipos y máquinas estándar, en ocasiones, necesitan ser adaptados a las necesidades propias de la empresa ya sea por razones del producto o bien por ajustar el costo o posibilidades de mantenimiento.
- Durante la vida útil de la máquina: consiste en modificar las instalaciones, máquinas o equipos para eliminar las causas más frecuentes que producen fallas.

El análisis de las causas de las averías es el origen de éste tipo de mantenimiento y supone la eliminación total de ciertas fallas.

- Final de la vida útil: se compone de las actividades que tienen por objetivo reconstruir la máquina para asegurar su utilización durante un intervalo de tiempo posterior a su vida útil.

5. RESULTADOS

5.1. AMEF

Los análisis fueron realizados en base a la metodología de análisis de modos de falla, efectos y criticidad que consiste en una serie de análisis para evitar errores en las fases o procesos preventivos o correctivos que tiene como objetivo principal la identificación de los modos de falla que puedan representar un mayor riesgo que luego son intervenidos a través de una estrategia de mantenimiento ya sea preventiva, predictiva, correctiva o en su caso acciones adicionales, llevándose a cabo de una manera sistemática y basado principalmente en la experiencia acumulada y el conocimiento¹¹.

Estos análisis tienen ventajas sobre la mejora de los controles de calidad sobre el mantenimiento y busca beneficios y oportunidades a partir de los fallos anteriormente resueltos ya que se basa en el análisis constructivo de los mismos, sin ánimo de búsqueda de culpables sino de causas de fallos, definiendo medidas correctoras y preventivas para que no se repitan¹². Definiéndose el modo de falla, como la forma en la que un activo pierde su habilidad para desempeñar su función, entrando en el estado de falla, falla funcional¹¹.

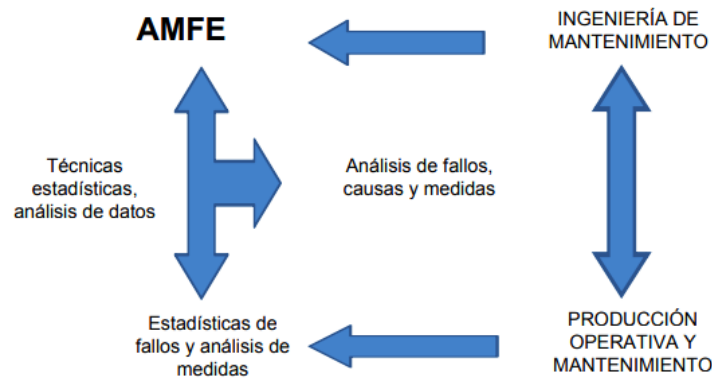
Esta metodología está basada en el análisis e identificación de riesgos y sus respectivas repercusiones y este análisis tiene como producto la cuantificación y cualificación de dichas repercusiones, por consiguiente, tiene varios estadios para llegar a una propuesta de mantenimiento. Se considera que la metodología debe involucrar un equipo multidisciplinario que conozca no sólo de mantenimiento sino, de las cadenas de valor de las operaciones de la empresa y de esta manera trabajen metodológicamente, y estructuren con detalle los problemas, el análisis de las funciones y secuencias y la

¹¹ **ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA, EFECTOS Y CRITICIDAD (AMFEC)** para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. Aguilar, José, Torres, Rocío y Magaña, Diana. 1, Saltillo, México : Tecnología, Ciencia, Educación, 2010, Vol. 25.

¹² **RIVERA, Enrique.** *Sistema de gestión del mantenimiento industrial.* Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2011.

deducción de las medidas correctoras y preventivas¹². A continuación se dan a conocer los análisis de riesgos y fallas realizados sobre la máquina FORMAX F – 400.

Ilustración 9. Representación gráfica de la relación multidisciplinaria involucrada en la metodología AMEF.




Rivera, Enrique. *Sistema de gestión del mantenimiento industrial.* Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2011.

5.2. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Los análisis se fundamentan en “calificar” la importancia de los fallos, mediante dos atributos: la criticidad y el origen del fallo. La criticidad dependerá de sus repercusiones y de la probabilidad de que ocurra. Así se califica esta criticidad con dos dígitos el primero de ellos suministra información referente a la gravedad de los fallos calificándolos como fallos menores hasta catastróficos y el segundo dígito suministra la información sobre la probabilidad de ocurrencia¹².

En esta primera parte del diagnóstico se llevó a cabo un análisis de criticidad para los equipos de la planta de apanados con el fin de establecer cuál es el equipo crítico de acuerdo a unas condiciones previamente establecidas. Para este análisis se determinaron los ponderados que se muestran a continuación.

Cuadro 1. Factores ponderados de criticidad para la empresa Calypso del Caribe S.A. Elaboración propia.

 PLAN DE MANTENIMIENTO EQUIPOS LINEA APANADOS CALYPPO DEL CARIBE S.A. FORMATO DE FACTORES PONDERADOS PARA ESTUDIO DE CRITICIDAD		Fecha de actualización: Junio 2021 VERSION: 02 CODIGO: FO-FPC-01		
CRITERIO		VALOR	FACTORES PONDERADOS	EQUIV.
FRECUENCIA DE FALLAS POR AÑO			FRECUENCIA DE FALLAS.	F
NINGUNA FALLA POR AÑO		1	IMPACTO OPERACIONAL.	O
1 POR AÑO		2	TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR.	T
2 POR AÑO		3	COSTOS DE MANTENIMIENTO.	C
ENTRE 3 Y 4 POR AÑO		4	IMPACTO EN SEGURIDAD PERSONAL, AMBIENTE, HIGIENE.	S
MAS DE 4 POR AÑO		5		
IMPACTO OPERACIONAL				
0% DE IMPACTO EN LA PRODUCCION		0.05F		
25% DE IMPACTO EN LA PRODUCCION		0.3F		
50% DE IMPACTO EN LA PRODUCCION		0.5F		
75% DE IMPACTO EN LA PRODUCCION		0.8F		
100% DE IMPACTO EN LA PRODUCCION		1F		
TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR				
MENOS DE 6 HORAS		1		
ENTRE 6 Y 24 HORAS		2		
ENTRE 24 Y 48 HORAS		3		
ENTRE 48 Y 72 HORAS		4		
MAS DE 72 HORAS		5		
COSTOS DE MANTENIMIENTO				
MENOS DE 1 MILLON DE PESOS		1		
ENTRE 1 Y 5 MILLONES DE PESOS		5		
ENTRE 5 Y 10 MILLONES DE PESOS		10		
MAS DE 10 MILLONES DE PESOS		20		
IMPACTO EN SEGURIDAD PERSONAL, AMBIENTE, HIGIENE				
No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente.		1		
Provoca daños menores (ambiente, seguridad e higiene).		5		
Afecta las instalaciones causando daños considerables.		10		
Afecta la seguridad Humana Tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización.		20		
			FORMA DE CALCULAR LA CRITICIDAD SEGÚN LOS PONDERADOS ESTABLECIDOS	
			CRITICIDAD = FRECUENCIA DE FALLAS * CONSECUENCIA CONSECUENCIA = a $a = (\text{IMPACTO OPERACIONAL} * \text{TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR FALLAS}) + \text{COSTOS DE MANTENIMIENTO} + \text{IMPACTO EN SEGURIDAD PERSONAL, AMBIENTE, HIGIENE}.$	

Para realizar el cálculo de la criticidad se tiene en cuenta el concepto de que este valor es el producto entre la frecuencia y la consecuencia. Donde la frecuencia es el número de fallas que pueden ocurrir en un rango determinado de tiempo. Como resultado de


estas operaciones y la suma de los valores evaluados en los que se incluyen el impacto operacional, la flexibilidad operacional o el tiempo para reparar, los costos de mantenimiento, el impacto en la seguridad y medio ambiente (para efectos de este trabajo no se tuvo en cuenta el factor de eficiencia energética) se obtienen los siguientes factores de criticidad.

Cuadro 2. Factores de criticidad para las máquinas usadas en el proceso de producción de la línea de alimentos apanados en la empresa Calypso del Caribe S.A. Elaboración propia.

		PLAN DE MANTENIMIENTO EQUIPOS PLANTA DE APANADOS CALYPSO DEL CARIBE S.A. FORMATO DE ANALISIS CRITICIDAD PARA LOS EQUIPOS							Fecha de actualización: Junio 2021 VERSION: 02 CODIGO: FO-ACE-01	
AREA	CODIGO	EQUIPO	F	O	T	C	S	a	CRITICIDAD	
LINEA APANADOS	SI-CA-01	FLEKER	2	0,5	4	5	1	8	16	
	SI-CA-02	MOLINO NOWIKI 160	4	0,3	2	5	1	6,6	26,4	
	SI-SK-01	BANDA TIPO Z	2	1	1	1	1	3	6	
	SI-PL-01	MEZCLADOR TAGA MT400	2	0,5	4	5	1	8	16	
	SI-CD-01	FORMADORA FORMAX F400	5	1	2	5	1	8	40	
	SI-CD-02	FORMADORA FORMAX F6	4	0,3	2	5	1	6,6	26,4	
	SI-CD-03	BANDA F16X6 SN: 299	3	0,3	1	1	1	2,3	6,9	
	SI-CD-04	HARINADORA 100-16 SN:264	2	1	1	1	1	3	6	
	SI-TB-01	APLICADOR DE BATIDO APE-16 SN:301	2	1	1	1	1	3	6	
	SI-TB-02	APANADORA EA-16 SN: 230	2	1	1	1	1	3	6	
	SI-SB-01	BANDA DE APILADO F16X4 SN:300	3	0,3	1	1	1	2,3	6,9	
	SI-CC-01	BANDA CURVA FTS-16R800 -RH SN: 221	3	0,3	1	1	1	2,3	6,9	
	SI-PI-01	BANDA INGRESO FREIDORA FF16X4 SN:301	3	0,3	1	1	1	2,3	6,9	
	SI-TT-01	FREIDOR STEIN M6-6	2	1	2	5	2	9	18	
	SI-TT-02	BANDA TRANSPORTADORA FZ13X4 SN: 341	3	0,3	1	1	1	2,3	6,9	
	SI-EP-01	TUNEL DE CONGELAMIENTO RAPIDO ON:1320462	1	1	1	5	2	8	8	
	SI-EP-02	BANDA ELEVADA DE PVC	2	1	2	1	1	4	8	

Inicialmente se pueden observar que hay tres máquinas que presentan criticidades altas con respecto a otras, las cuales están señaladas en amarillo en la Tabla 2 y corresponden al Molino Nowiki 160, la formadora FORMAX F – 400 y la formadora FORMAX F – 6, las cuales fueron determinadas por la matriz de criticidad de la Tabla 3. De estas máquinas sólo será analizado en profundidad el mantenimiento del equipo con la criticidad más alta en este caso la formadora de apanados FORMAX F – 400.

**Cuadro 3. . Matriz de criticidad para las máquinas y equipos de la empresa
Calypso del Caribe S.A. Elaboración propia.**

		PLAN DE MANTENIMIENTO EQUIPOS LINEA APANADOS CALYPSO DEL CARIBE S.A. FORMATO DE MATRIZ CRITICIDAD PARA LOS EQUIPOS				Fecha de actualización: Junio 2021 VERSION: 02 CODIGO: FO-ACE-01		
MATRIZ DE CRITICIDAD								
F								
5								SI-CD-01
4		SI-CD-03 SI-SB-01 SI-CC-01 SI-PI-01 SI-TT-02				SI-CD-02 SI-CA-02		
3								
2		SI-SK-01 SI-CD-04 SI-TB-01 SI-TB-02						
1			SI-EP-01					
a	2-4	5-7	8-11	12-16	17-22	23-28	29-37	38-46

5.3. ANÁLISIS DE FALLAS

Como previamente fue descrito en esta parte del diagnóstico fue elaborado un análisis por medio de la metodología de Análisis de modos y efectos de falla (AMEF), la cual permitió evaluar y clasificar objetivamente los efectos, causas y formas de identificación, así como también establecer actividades preventivas para su prevención. Para este análisis se realizó una selección de las fallas más representativas del equipo y fue consultado el manual del equipo y la información suministrada por el personal técnico de mantenimiento actual para hacer especial énfasis en las fallas presentadas desde la puesta en marcha del equipo.

El formato de trabajo para este análisis se presenta a continuación, junto con los resultados obtenidos en lo que respecta a los sistemas y componentes de la maquina FORMAX F - 400, las fallas seleccionadas y el resultado del análisis AMEF. Dentro de este formato de análisis de modos y efectos de falla se encuentra al final el *Número de prioridad de riesgo (NPR)* el cual consiste en un valor que establece una jerarquización de los problemas a través de la multiplicación del grado de ocurrencia, severidad y detección:

Índice de Gravedad. Permite clasificar cuantitativamente el impacto generado por cada una de las fallas funcionales del equipo. Se utilizara una escala de 1 a 9 según la tabla mostrada a continuación.

Índice de Aparición. Permite estimar de manera cuantitativa la probabilidad de la ocurrencia de la falla, se utilizará una escala de 1 a 10 como se muestra a continuación.

Índice de detección. Clasifica cuantitativamente la capacidad que se tiene de detección de las fallas. Se utilizó una escala de 1 a 10 como se muestra a continuación.

Finalmente, este valor determina la prioridad con la que debe de atacarse cada modo de falla identificado. Por consiguiente, el cálculo del número de prioridad de riesgo NPR permitirá priorizar las fallas que generan mayor impacto.

Cuadro 4. Valores y relación del índice de gravedad, índice de aparición y del índice de detección. Elaboración propia.

Índice de gravedad G		Índice de Aparición A		Índice de detección D	
1	Ninguna	1	Improbable	1	Detección segura
2	Muy baja	2	Muy baja Probabilidad	2	Detección casi segura
3	Muy baja	3	Muy baja Probabilidad	3	Detección buena
4	Baja	4	Baja probabilidad	4	Detección buena
5	Leve	5	Baja probabilidad	5	Detección regular
6	Moderado	6	Probabilidad media	6	Detección regular
7	Alto	7	Probabilidad media	7	Poca detección

8	Muy Alto	8	Probabilidad Alta	8	Poca detección
9	Peligroso	9	Probabilidad Alta	9	Mala detección
		10	Riesgo permanente	10	Ninguna detección

Cuadro 5. Análisis de Modos y Efectos de falla para la máquina formadora FORMAX F - 400. Elaboración propia.

ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA								
AREA: PLANTA DE APANADOS CALYPSO DEL CARIBE S.A				EQUIPO: FORMADORA FORMAX F400				
SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE	SUB-COMPONENTE	FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	CAUSA DE LA FALLA	MODO DE FALLA	EFECTOS DE LAS FALLAS
1. SISTEMA HIDRAULICO	PRINCIPAL	BOMBA		Bombear aceite a presión constante de 120 bar para el funcionamiento de los subsistemas de arrastre y llenado de la máquina. Para formar producto a 800Kg/H	Bomba no eleva presión de aceite hidráulico a 120bar	Deterioro de los componentes internos de la bomba	Perdida de presión en el sistema hidráulico	Disminución de la capacidad de formado y capacidad de producción.
2. SISTEMA HIDRAULICO	PRINCIPAL	INTERCAMBIADOR DE CALOR	FILTRO	Filtrar el flujo de agua del sistema de refrigeración para garantizar la transferencia de calor necesaria para refrigerar el sistema hidráulico	Filtro no permite flujo constante de 10Gpm de agua de refrigeración.	Acumulación de suciedad en el filtro del intercambiador de calor.	Disminución del flujo de agua de refrigeración a través del intercambiador.	Recalentamiento del aceite hidráulico y alarma de falla por recalentamiento. Detención total del equipo.

3. SISTEMA HIDRAULICO	LLENADO	VALVULA DE PRESION DE PRODUCTO		Mantener el producto a presión constante de 120psi para garantizar un óptimo llenado del molde en cada avance del equipo.	No se genera la presión de producto suficiente lo que causa llenado incompleto en el molde	Deterioro de los componentes internos de la válvula.	Disminución de la capacidad de presión de producto hacia el molde de llenado.	Disminución de la capacidad de producción al 60% debido a que el sistema hidráulico no cuenta con la capacidad de sostener la presión constante a la velocidad nominal de trabajo. Llenado incompleto en el molde.
4. SISTEMA HIDRAULICO	LLENADO	ACUMULADOR HIDRAULICO		Mantener el producto a presión constante de 120psi para garantizar un óptimo llenado del molde en cada avance del equipo.	No se genera la presión de producto suficiente lo que causa llenado incompleto en el molde	Disminución de la presión del acumulador hidráulico. Debe tener 250psi.	Disminución de la capacidad de presión de producto hacia el molde de llenado.	Disminución de la capacidad de producción al 60% debido a que el sistema hidráulico no cuenta con la capacidad de sostener la presión constante a la velocidad nominal de trabajo. Llenado incompleto en el molde.
5. SISTEMA HIDRAULICO	LLENADO	SINFINES AVANCE DE PRODUCTO		Transportar el producto desde la tolva hasta el pistón de llenado para garantizar capacidad de formado de 800Kg/H	No se transporta el flujo de producto suficiente hasta el molde de llenado.	Mal funcionamiento de los motores hidráulicos de los sinfines de avance. Presencia de producto congelado que obstruye el avance de los sinfines.	Disminución de la capacidad de arrastre de producto hasta el pistón de llenado	Disminución de la capacidad de producción

6. SISTEMA MECANICO	TRANSMISION DE LA CHAPA MOLDEADORA	HERRAMENTAL		Movimiento sincronizado del mecanismo de la chapa moldeadora y los extractores de producto para un máximo de 60 avances por minuto.	Pérdida total de la capacidad de producción	Frenado del mecanismo de la chapa moldeadora durante la operación por falta de lubricación.	Fractura del tornillo de sacrificio del sistema de transmisión por sobreesfuerzo de la chapa moldeadora por atasco del sistema.	Detención total del equipo. Deshabilita el sistema de transmisión de la chapa moldeadora.
7. SISTEMA MECANICO	TRANSMISION DE LA CHAPA MOLDEADORA	HERRAMENTAL		Movimiento sincronizado del mecanismo de la chapa moldeadora y los extractores de producto para un máximo de 60 avances por minuto.	Pérdida total de la capacidad de producción	Desgaste de Cojinetes. Desajustes del sistema, desalineación	Fractura del tornillo de sacrificio del sistema de transmisión por sobreesfuerzo de la chapa moldeadora por atasco del sistema.	Detención total del equipo. Deshabilita el sistema de transmisión de la chapa moldeadora.
8. SISTEMA MECANICO	TRANSMISION DE LA CHAPA MOLDEADORA	HERRAMENTAL		Garantizar el movimiento sincronizado de los movimientos de la chapa moldeadora y los extractores de producto para un máximo de 60 avances por minuto.	Pérdida total de la capacidad de producción	Obstrucción del mecanismo por producto congelado en la chapa de llenado.	Perdida de sincronismo de los movimientos de la chapa moldeadora y extractores de producto	Colapso del sistema de transmisión por golpe entre la chapa moldeadora y extractores de producto, fractura del tornillo de sacrificio.
9. SISTEMA ELECTRICO	SEGURIDAD	SENSORES		Garantizar la operación continua del equipo asegurando la seguridad del operador y el equipo.	Pérdida total de la capacidad de producción	Presencia de humedad en los contactos eléctricos de los sensores o desajuste de los mismos.	Mal contacto eléctrico del circuito de seguridad por vibración o por causas operativas	Alarma de seguridad del equipo y pérdida total de la capacidad de producción.

10. SISTEMA DE TRANSPORTE	BANDA TRANSPORTADORA	MOTOR ELECTRICO	Transportar el producto que sale de los moldes de llenado hacia la siguiente banda transportadora para continuar con el proceso de producción a una tasa continua de 800Kg/H.	Pérdida total de la capacidad de producción	Falta de lubricación que genera frenado en los ejes de la banda transportadora y genera más carga al motor eléctrico.	Sobrecarga del motor eléctrico.	Detención de la banda transportadora.
---------------------------	----------------------	-----------------	---	---	---	---------------------------------	---------------------------------------

Seguido de la descripción profunda de los efectos, modos y causas de falla involucrando los sistemas hidráulico, mecánico y de transporte y sus respectivos sub-sistemas y componentes se procede a calcular el NPR resultado final de análisis AMEF.

Cuadro 6. Análisis de modos y efectos de falla AMEF con respecto al cálculo del Número Prioridad de Riesgo NPR. Elaboración Propia.

ANALISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA							
AREA: PLANTA DE APANADOS CALYPSO DEL CARIBE S.A					NUMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO		
SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE	SUB-COMPONENTE	G	A	D	NPR
SISTEMA HIDRAULICO	PRINCIPAL	BOMBA		6	1	4	24
SISTEMA HIDRAULICO	PRINCIPAL	INTERCAMBIADOR DE CALOR	FILTRO	2	10	3	60
SISTEMA HIDRAULICO	LLENADO	VALVULA DE PRESION DE PRODUCTO		6	1	3	18
SISTEMA HIDRAULICO	LLENADO	ACUMULADOR HIDRAULICO		2	4	2	16
SISTEMA HIDRAULICO	LLENADO	SINFINES AVANCE DE PRODUCTO		3	3	2	18
SISTEMA MECANICO	TRANSMISION DE LA CHAPA MOLDEADORA	HERRAMENTAL		8	5	3	120
SISTEMA MECANICO	TRANSMISION DE LA CHAPA MOLDEADORA	HERRAMENTAL		8	5	3	120

SISTEMA MECANICO	TRANSMISION DE LA CHAPA MOLDEADORA	HERRAMENTAL		8	3	5	120
SISTEMA ELECTRICO	SEGURIDAD	SENSORES		1	1	10	10
SISTEMA DE TRANSPORTE	BANDA TRANSPORTADORA	MOTOR ELECTRICO		5	4	4	80

Dentro de la tabla 6 es posible observar los resultados del cálculo NPR basados en el análisis de modo y efecto de falla (AMEF) en los que sobresale un sistema en particular con sus niveles de riesgo, lo que indica que este sistema presenta no sólo un mayor riesgo de falla y sino, que tiene mayor impacto en la operación. Los valores de NPR mayores corresponden en este caso al sistema mecánico y sus respectivos componentes el cual está encargado de realizar los movimientos de la chapa moldeadora y los extractores de producto.

Este resultado de AMEF y NPR cumple la función de ser útil como criterio base para la selección de repuestos críticos y el establecimiento de un stock mínimo de cada uno de ellos con el fin de contar con disponibilidad de estos componentes de acuerdo al riesgo de ocurrencia de las fallas.

5.4. ACTIVIDADES PROPUESTAS Y HOJA DE DECISIÓN

A continuación, se presentarán las actividades propuestas para cada una de las fallas analizadas. Se llevará a cabo con el formato de hoja de decisión en la que se plantean las actividades de mantenimiento propuestas para prevenir las fallas analizadas y es presentada en la tabla 7.

HOJA DE DECISION																	
AREA: PLANTA DE APANADOS DE LA EMPRESA CALYPSOD EL CARIBE S.A						EQUIPO: FORMADORA DE APANADOS FORMAX F400											
SELECCIÓN DE TAREAS						DETALLE DE LA TAREA											
Referencia de información	Tareas a condición	Tareas de mantenimiento	Tareas de sustitución	Tarea de búsqueda de fallas	Correr a falla (Ningún mantenimiento)	Rediseño	Descripción de la tarea propuesta	Frecuencia	Responsable	Tiempo de Actividad (h)	Número de Personas	Horas hombre totales	Estado equipo (En línea - Apagado)	Costo producción (h)	Costo HH	Repuesto requerido	Costo tarea
1	X						Verificación de presiones del sistema hidráulico.	Mensual	Técnico de Mtto	4	1	4	Encendido sin producción	\$ -	\$ 43.750	\$ -	\$ 43.750

1	X					Desmontaje de bomba hidráulica, verificación de componentes internos y cambio de componentes por condición.	Semestral	Técnico de Mtto	6	2	12	Encendido sin producción	\$ -	\$ 131.250	\$ -	\$ 131.250
2	X					Inspección y limpieza del filtro del intercambiador de calor. Verificación de flujo.	Semanal	Técnico de Mtto	1	1	1	Apagado	\$ -	\$ 10.938	\$ -	\$ 10.938
3				X		Verificación del accionamiento de las válvulas direccionales del sistema de llenado mediante el modo de pruebas de la máquina.	Trimestral	Técnico de Mtto	3	2	6	Encendido sin producción	\$ -	\$ 65.625	\$ -	\$ 65.625
3	X					Desmontaje de las válvulas direccionales, verificación de fugas y componentes internos. Cambio de componentes por condición.	Semestral	Técnico de Mtto	4	2	8	Apagado	\$ -	\$ 87.500	\$ -	\$ 87.500

4	X					Verificación de presión del acumulador hidráulico y recarga de ser necesario. Uso del modo de pruebas del equipo.	Mensual	Técnico de Mtto	1	1	1	Apagado	\$ -	\$ 10.938	\$ -	\$ 10.938
5				X		Verificación del estado de los componentes del sistema, válvulas direccionales, motores hidráulicos, solenoides de accionamiento.	Trimestral	Técnico de Mtto	6	2	12	Apagado	\$ -	\$ 131.250	\$ -	\$ 131.250
5				X		Pruebas de funcionamiento de válvulas direccionales, motores hidráulicos y componentes del sistema con el modo de pruebas de la máquina.	Trimestral	Técnico de Mtto	1	2	2	Apagado	\$ -	\$ 21.875	\$ -	\$ 21.875

6	X					Lubricación de los componentes del sistema de transmisión y ajustes por condición.	Diario	Técnico de Mtto	1	2	2	Apagado	\$ -	\$ 12.500	\$ -	\$ 12.500
7	X					Revisión general de los componentes del mecanismo, verificación de desajustes o desgastes. Cambio de componentes por condición.	Mensual	Técnico de Mtto	4	2	8	Apagado	\$ -	\$ 50.000	\$ -	\$ 50.000
8				X		Verificación del posicionamiento de los engranajes y sensores de posición. Reposicionar y verificar mediante el modo de pruebas de la máquina.	Semestral	Técnico de Mtto	3	2	6	Apagado	\$ -	\$ 37.500	\$ -	\$ 37.500

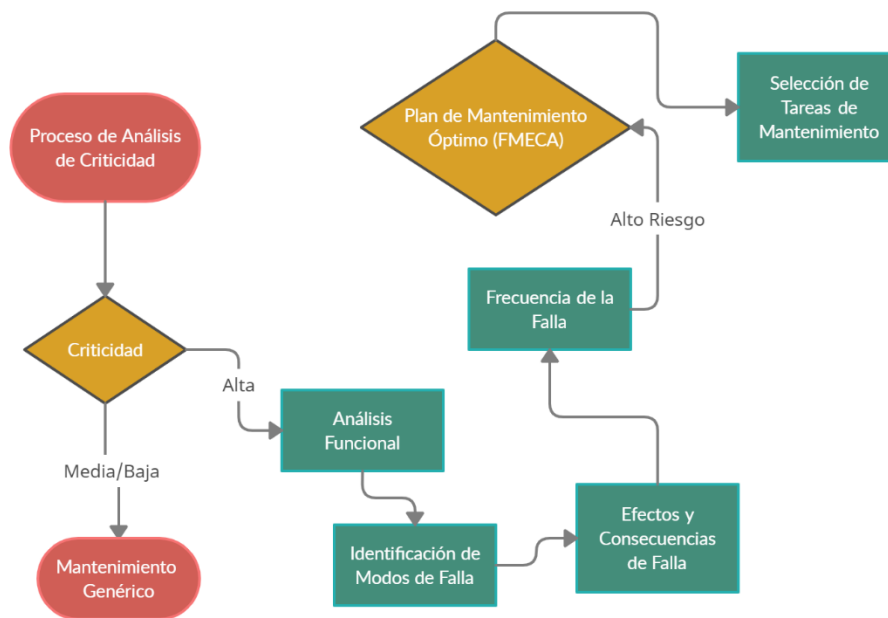
8					X	Cambio del tornillo de sacrificio. Verificación general del posicionamiento de los componentes y sensores. Verificación con modo de pruebas de la máquina.		Técnico de Mtto	6	2	12	Apagado	\$ -	\$ 75.000	\$ -	\$ 75.000
9	X					Verificación del circuito de seguridad, limpieza y eliminación de humedad en los contactos.	Mensual	Técnico de Mtto	2	2	4	Apagado	\$ -	\$ 25.000	\$ -	\$ 25.000
9					X	Verificación del funcionamiento de cada uno de los sensores. Uso de modo de pruebas del equipo.	Mensual	Técnico de Mtto	1	2	2	Encendido sin producción	\$ -	\$ 12.500	\$ -	\$ 12.500

Cuadro 7. Hoja de decisión con las actividades de mantenimiento propuestas para los sistemas de la Formadora FORMAX F - 400. Elaboración propia.																
10	X					Lubricación de los componentes del sistema de transporte, revisión de rodamientos y cambio por condición. Verificación de contactos eléctricos para descartar humedad.	Trimestral	Técnico de Mtto	3	2	6	Apagado	\$ -	\$ 37.500	\$ -	\$ 37.500
10	X					Verificación de consumo de corriente del motor eléctrico.	Trimestral	Técnico de Mtto	0,5	1	0,5	Apagado	\$ -	\$ 3.125	\$ -	\$ 3.125

6. PROPUESTA DE MANTENIMIENTO

En este apartado de la monografía de investigación desarrollada se dan a conocer las actividades de mantenimiento para la máquina formadora FORMAX F – 400 de acuerdo al análisis realizado previamente, el cual es el producto final de la investigación el cual se detalla en la ilustración 9. Dentro de esta propuesta de mantenimiento se incluyen los componentes del sistema a evaluar periódicamente, las tareas de intervención, el personal involucrado en dichas tareas y la periodicidad en la que se realizarán las tareas de mantenimiento.

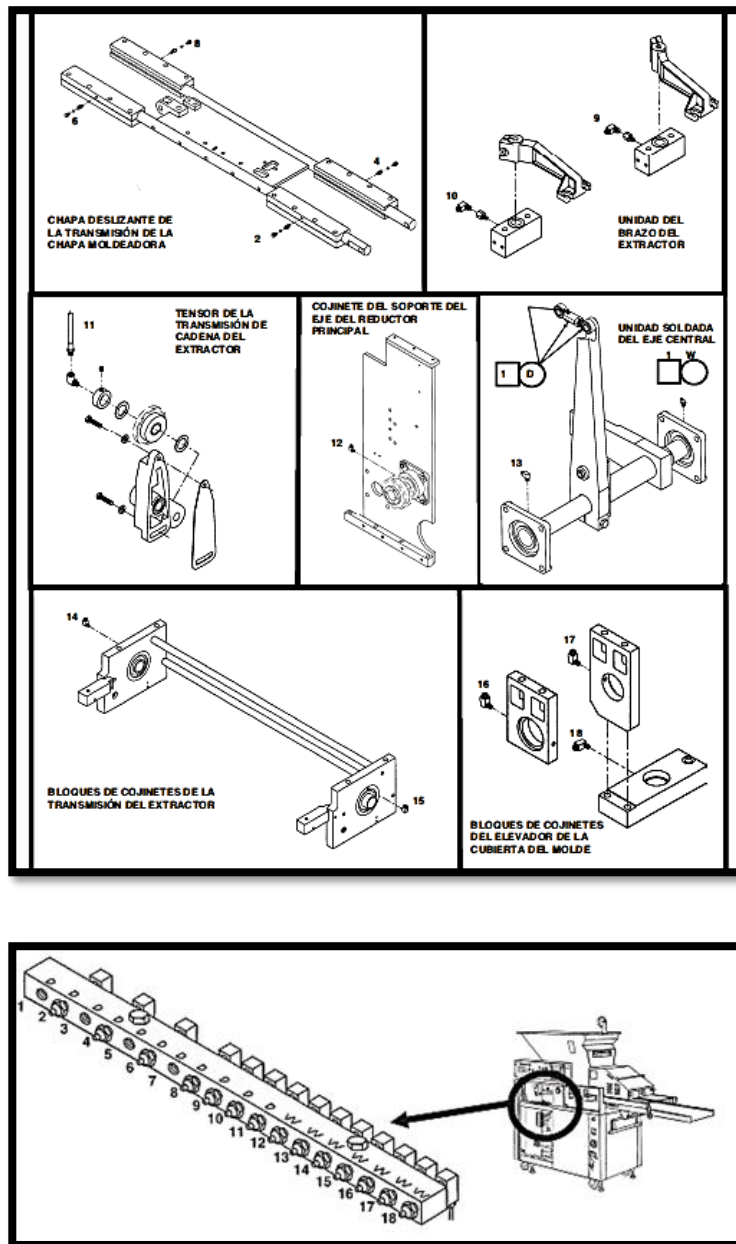
Ilustración 10. Diagrama de flujo de la Gestión Integral de Mantenimiento para la máquina FORMAX F- 400 en la empresa Calypso del Caribe S.A. Elaboración propia



En primer lugar se realiza un lineamiento que indica las necesidades de lubricación de la máquina, tratamiento que a pesar de ser básico debe tenerse en cuenta y debe ser planificado como parte del mantenimiento preventivo que se desea implementar en la planta industrial de Calypso del Caribe S.A. Estas tareas se llevarán a cabo en cada

semana o cada día según el caso. En la ilustración 11 y la tabla 8 se describen los componentes que hacen parte de este mantenimiento de lubricación.

Ilustración 11. Componentes de la formadora FORMAX F-400 que deben ser lubricados de manera periódica⁴.



Formax Inc. Máquina moldeadora de hamburguesas F - 400 Manual de instrucciones de uso y mantenimiento. Mokena: Formax Inc, 2006.

El manual de la máquina provee información adicional de los lubricantes sugeridos para llevar a cabo estas tareas y hace énfasis en que este debe ser un lubricante a base de litio para hiper-presiones de aplicación general como el lubricante Dow Corning G -4500.

Cuadro 8. Planificación del mantenimiento por lubricación de componentes de la máquina Formadora FORMAX -400. Elaboración propia

LINEAMIENTOS PARA LUBRICACION DE COMPONENTES DEL SISTEMA MECANICO A TRAVES DEL SISTEMA DE ENGRASE CENTRAL		
LUBRICANTE RECOMENDADO DOW CORNING G-4500		
NUMERO	COMPONENTE	FRECUENCIA
1		
2	Corredera de la chapa moldeadora Frontal-Lado operario	DIARIO
3		
4	Corredera de la chapa moldeadora Frontal-Lado Posterior	DIARIO
5		
6	Corredera de la chapa moldeadora Trasera-Lado operario	DIARIO
7		
8	Corredera de la chapa moldeadora Trasera-Lado Posterior	DIARIO
9	Brazo extractor lado posterior	DIARIO
10	Brazo extractor lado operario	DIARIO
11	Tensor del extractor	DIARIO
12	Cojinete del reductor de la chapa moldeadora	SEMANAL
13	Cojinete del balancín	SEMANAL
14	Eje de leva del extractor-Lado del operario	SEMANAL
15	Eje de leva del extractor-Lado posterior	SEMANAL
16	Elevador de la cubierta del molde-Cojinete exterior	SEMANAL
17	Elevador de la cubierta del molde-Cojinete interior	SEMANAL
18	Elevador de la cubierta del molde-Cojinete inferior	SEMANAL

Finalmente, se proponen una serie de actividades mensuales y semanales enfocadas en la prevención de fallos de la máquina formadora FORMAX F – 400 con el fin de evitar consecuencias graves para la operación de la empresa y los posibles sobrecostos que puedan acarrear impactado positivamente en la rentabilidad de la empresa.

Cuadro 9. Propuesta de mantenimiento periódico para a máquina formadora FORMAX F - 400. Elaboración propia.

REALIZADO POR:	Andrés Eduardo Gómez Ibáñez	Ing. Mecánico Especialista en Gerencia de Mantenimiento		VERSION	
APROBADO POR:	Andrés Felipe Torres Peña	Gerente de mantenimiento Calypso del Caribe S.A		FECHA	

COMPONENTE	TAREAS PROPUESTAS	FRECUENCIA	RESPONSABLE	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
SISTEMA HIDRAULICO	Verificación y registro de presiones de las diferentes partes del sistema hidráulico y nivel de aceite del depósito.	Mensual	Técnico Mtto																							
BOMBA HIDRAULICA	Desmontaje de bomba hidráulica, verificación de componentes internos y cambio de componentes por condición.	Semestral	Técnico Mtto																							
FILTRO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR	Inspección y limpieza del filtro del intercambiador	Semanal	Técnico Mtto																							

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1. CRITICIDAD Y RIESGOS

Inicialmente, esta monografía de investigación se basó en observaciones previas enfocadas en las líneas de producción de alimentos apanados de la empresa Calypso del Caribe S.A. las cuales suministraron información sobre puntos neurálgicos de mantenimiento en ciertos equipos y máquinas fundamentales en las operaciones de la organización. El propósito de este trabajo aplicado fue el de cuantificar, describir y analizar a fondo estos puntos críticos de mantenimiento, para los cuales fueron usadas metodologías establecidas como AMEF en función del diseño de propuestas de mantenimiento de tipo preventivo.

La cuantificación de los riesgos y la criticidad de cada una de las máquinas y equipos de dicha línea de producción condujeron el enfoque a la máquina formadora y moldeadora FORMAX F – 400. Esta máquina presenta valores de criticidad de 40 superando otras máquinas como lo son el Molino Nowiki 160 y otra formadora FORMAX F – 6. Este primer indicio traduce alta frecuencia de fallas, alto impacto operacional paralizando o ralentizando la producción teniendo en cuenta que es la máquina encargada de producir 1000Kg/H de productos apanados, los costos y tiempo de reparación son de carácter medio y el impacto de seguridad al personal, ambiente o higiene es bajo. Sin embargo, este carácter operacional se refleja tanto en pérdidas de tiempo de producción como en menor rentabilidad del proceso, ya que no sólo se acarrea con el costo de la reparación, sino, que existe un impacto en la productividad de la empresa, y esto es lo que hace que la criticidad de esta máquina requiera de una pronta intervención.

Los esfuerzos de análisis de modos y causas de falla fueron determinados por las tablas propuestas por la metodología AMEF en las que se dividió a la máquina FORMAX F – 400 en cuatro sistemas primordiales: sistema hidráulico, sistema mecánico, eléctrico y sistema de transporte. El primero de ellos el sistema hidráulico en sus subsistemas de

llenado y principal presentan fallas que repercuten principalmente en la capacidad de la presión que ejerce la formadora sobre el producto, es decir, disminuye la capacidad de formado y por consiguiente de la producción en casi un 60% producidos especialmente por fallas en el bombeo de aceite de presión o deterioro de los componentes de las bombas o válvulas que impiden su correcto funcionamiento, otros efectos de fallas son los relacionados a recalentamientos por acumulación de suciedad en los filtros las cuales impiden el flujo continuo de agua de refrigeración y fallas en los sinfines que impiden que el flujo de producto llegue en la cantidad correcta.

En lo que respecta al sistema mecánico se observan fallas de gravedad que tienen como consecuencia la paralización del equipo en su totalidad y por consiguiente, de toda la producción ya que por ejemplo, entre las causas de esta detención se encuentra una disfuncionalidad completa de la chapa moldeadora. Se producen estas detenciones debido a fracturas de componentes del sistema de transmisión (tornillo de sacrificio) por desgastes en los cojinetes y desajustes en el sistema, falta de lubricación o debido a la obstrucción del mecanismo de transmisión de la chapa moldeadora con producto congelado. Las fallas del sistema mecánico de la máquina son críticas ya que representan una pérdida total de la capacidad productiva, ya que el sistema de transmisión al fallar no permite un movimiento sincronizado de los movimientos de la chapa moldeadora y los extractores de producto a una tasa de 60 avances por minuto.

Finalmente, se presentan las fallas críticas que corresponden a los sistemas eléctricos y de transporte, en el primero de ellos puede se puede activar la alarma de seguridad del equipo y generar una paralización del equipo con pérdida total de la producción, esta falla es generada por la presencia de humedad o desajuste en los contactos eléctricos o en los sensores. En lo que se refiere al sistema de transporte se presentan detenciones en la banda transportadora que ralentizan la producción por falta de lubricación de componentes del motor. Con estos análisis de modos y causas de fallas se establecieron números de prioridad de riesgo que arrojaron que los efectos mayores en cuestiones de productividad y costos son los fallos correspondientes al sistema mecánico.

7.2. PROPUESTA DE MANTENIMIENTO

Las directrices de mantenimiento fueron determinadas posteriormente al análisis AMEF y se incluyeron en primer lugar las recomendaciones propuestas por el manual de la máquina que refieren principalmente a las lubricaciones semanales y diarias. En lo que respecta a los componentes de los sistemas analizados se tiene que en el sistema hidráulico se realizarán mensualmente verificaciones y registros de presiones de las diferentes partes del sistema hidráulico y del nivel de aceite del depósito, en la bomba hidráulica se propone semestralmente realizar un desmontaje completo verificación de componentes internos y cambio de componentes por condición, al igual que se propone con el desmontaje semestral de la válvula para verificar posibles fugas o necesidad de cambios de componentes y del acumulador hidráulico. Se proponen tareas semanales que incluyen inspecciones y limpiezas del filtro y trimestralmente se procede a realizar una verificación del accionamiento de las válvulas direccionales del sistema de llenado mediante el modo de pruebas de la máquina.

Para el sistema mecánico se proponen actividades mensuales de los componentes del mecanismo, verificación de desajustes o desgastes y cambio de componentes por condición. Trimestralmente se plantea una verificación de consumo de corriente del motor eléctrico principal, verificación y limpieza de las borneras y ajustes. Semestralmente sería necesario realizar una verificación del posicionamiento de los engranajes y sensores de posición y una reposición y verificación mediante el modo de pruebas de la máquina.

El sistema eléctrico se propone realizar mensualmente verificaciones del funcionamiento de los sensores, circuitos de electricidad y de seguridad además de esto una limpieza que permita la eliminación de la humedad presente en el sistema. Para el sistema de transporte trimestralmente se realizarían lubricaciones de los componentes del sistema de transporte, revisión de rodamientos y cambio por condición, adicionalmente se propone la verificación de contactos eléctricos para descartar humedad. En los sistemas

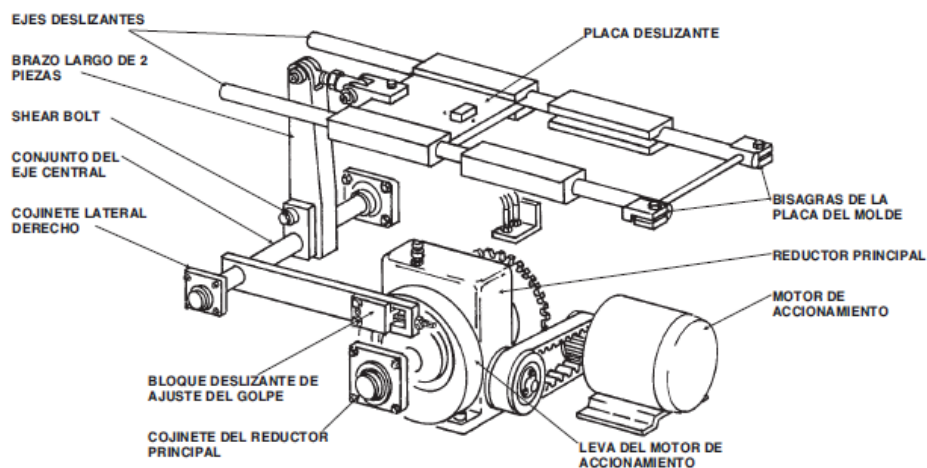
de llenado se deberá realizar semanalmente la limpieza de la chapa de llenado con una piedra de afilar y aceite mineral para eliminación de rebabas e imperfecciones en la superficie. Por ultimo en el sistema de vacío trimestralmente se plantea un desmontaje, verificación del estado de la bomba de vacío y cambio de kit de aspas a condición.

Con estas propuestas de mantenimiento preventivo para la máquina formadora FORMAX F – 400 se logra asegurar el menor riesgo e impacto de fallas, asegurando a su vez la productividad de la línea de apanados de la empresa Calypso del Caribe S.A.

7.3. REPUESTOS CRÍTICOS

El criterio que fue usado como herramienta para establecer los repuestos críticos de la máquina FORMAX F – 400 fue el resultado del análisis de modos y efectos de fallas AMEF, ya que este estudio permite que una vez identificados los sistemas y las fallas que pueden tener más riesgo e impacto, puedan ser seleccionados los repuestos asociados a prevenir dichas fallas.. Teniendo en cuenta que no se cuenta con historial de rotación de repuestos o fallas, se utilizara como base de información la suministrada por el personal de mantenimiento de la empresa Calypso del caribe S.A y el manual del fabricante.

Ilustración 12. Sistema mecánico responsable del movimiento lineal de la placa de llenado de cada una de las referencias y los expulsores de producto.



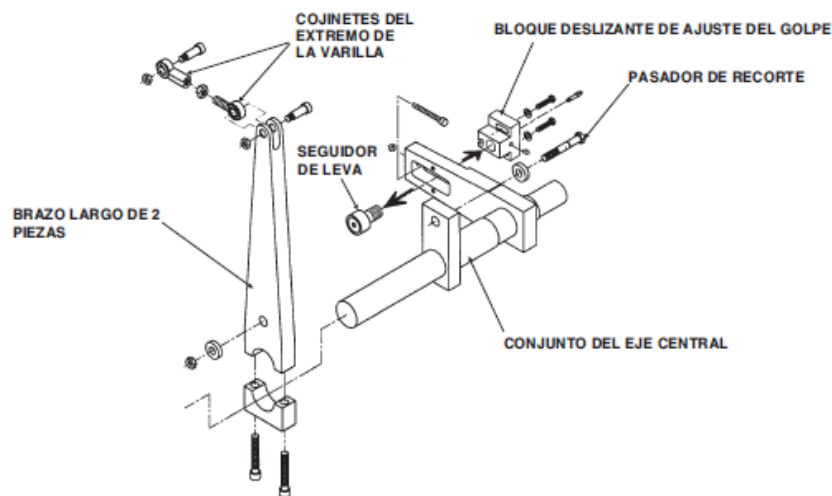
Formax Inc. Máquina moldeadora de hamburguesas F - 400 Manual de instrucciones de uso y mantenimiento. Mokena : Formax Inc, 2006.

En la figura se representa el sistema mecánico responsable del movimiento lineal de la placa de llenado de cada una de las referencias y los expulsores de producto. Este sistema mecánico es el que presenta mayor criticidad y por consiguiente, mayor riesgo e impacto en las operaciones de la empresa. Debido a esto se propone mantener un stock de repuestos que optimicen el proceso de mantenimiento. A continuación será descrito el sistema mecánico en mayor detalle.

En primer lugar es posible detallar el subsistema de accionamiento central correspondiente al motor.

Ilustración 13. Despiece del conjunto de motor de accionamiento central.

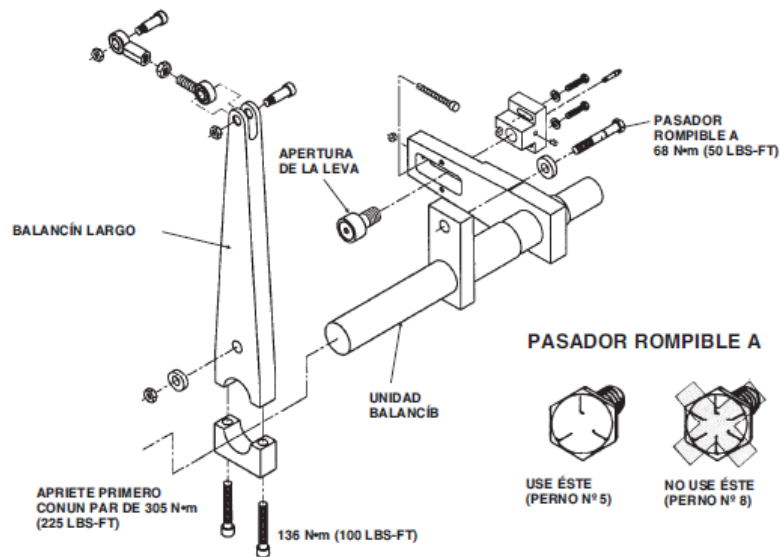
TIPO 1 – CONJUNTO DEL MOTOR DE ACCIONAMIENTO DEL EJE CENTRAL



Formax Inc. Máquina moldeadora de hamburguesas F - 400 Manual de instrucciones de uso y mantenimiento. Mokena: Formax Inc, 2006.

Seguido a esto es posible observar el detalle del montaje de los tornillos de sacrificio o pasadores de recorte especificando el tipo de tornillo y el torque apropiado para su montaje. Adicionalmente en la figura se ilustra el posicionamiento de los sensores de posicionamiento los cuales son unas piezas claves que deben incluirse en el stock de repuestos ya que son las piezas que permiten garantizar el sincronismo del mecanismo.

Ilustración 14. Tornillos de sacrificio o pasadores de recorte y sincronización del seguidor



Formax Inc. *Máquina moldeadora de hamburguesas F - 400 Manual de instrucciones de uso y mantenimiento.* Mokena : Formax Inc, 2006.

En la tabla de repuestos se contempla un stock básico de repuestos para las fallas analizadas anteriormente. Para los insumos de lubricación, el fabricante permite la homologación de dos de los lubricantes que sugiere el manual, por lo tanto se hizo el proceso de homologación con el fin de contar con un menor tiempo de entrega y costo de los mismos sin generar una afectación a los sistemas.

**Cuadro 10. Tabla de repuestos críticos para el sistema mecánico de la máquina
moldeadora FORMAX F – 400**

TABLA DE REPUESTOS PARA LA MAQUINA FORMADORA DE APANADOS FORMAX F400								
No.	SISTEMA	DESCRIPCION	TIPO DE REPUESTO	TIEMPO DE ENTREGA [Dias]	COSTO [USD]	Costo [COP]	STOCK SUGERIDO	COSTO INVENTARIO [COP]
					\$ 3.850			
1	MECANICO	Tornillo de Recorte Grado 5	LOCAL	3	N/A	\$ 50.000	4	\$ 200.000
2	MECANICO	Eje Deslizante	LOCAL	5	N/A	\$ 320.000	2	\$ 640.000
3	MECANICO	Cojinetes extremo de varilla	IMPORTACION	90	25	\$ 96.250	4	\$ 385.000
4	MECANICO	Seguidor de Leva	IMPORTACION	90	22	\$ 84.700	2	\$ 169.400
5	MECANICO	Cojinete Lateral derecho 24mm	LOCAL	5	N/A	\$ 340.000	2	\$ 680.000
6	MECANICO	Cojinete Lateral Izquierdo 24mm	LOCAL	5	N/A	\$ 340.000	2	\$ 680.000
7	MECANICO	Cojinete Lateral Izquierdo 19mm	LOCAL	5	N/A	\$ 280.000	2	\$ 560.000
8	MECANICO	Bisagras de la placa del molde	IMPORTACION	90	20	\$ 77.000	8	\$ 616.000
9	MECANICO	Placa Deslizante	IMPORTACION	90	220	\$ 847.000	1	\$ 847.000
10	MECANICO	Leva motor accionamiento principal	IMPORTACION	90	175	\$ 673.750	1	\$ 673.750
11	ELECTRICO	Conmutador de proximidad de Indice	IMPORTACION	90	23	\$ 88.550	2	\$ 177.100
12	ELECTRICO	Conmutador de proximidad de recuento	IMPORTACION	90	23	\$ 88.550	2	\$ 177.100
13	MECANICO	Correa sincronica del motor principal	IMPORTACION	90	34,5	\$ 132.825	2	\$ 265.650
14	MECANICO	Brazo largo de 2 piezas	LOCAL	8	N/A	\$ 230.000	1	\$ 230.000
15	MECANICO	Aceite sintetico para Engranajes SCH 629 Gal	IMPORTACION	90	45,5	\$ 175.175	1	\$ 175.175
16	LUBRICACION	Lubricante Dow Corning G-4500 Gal	LOCAL	7	N/A	\$ 70.000	2	\$ 140.000
17	HIDRAULICO	Aceite Hidraulico ISO 32 Gal	LOCAL	7	N/A	\$ 167.200	5	\$ 836.000
18	HIDRAULICO	Fiiltro intercambiador de calor	LOCAL	3	N/A	\$ 47.500	1	\$ 47.500
TOTAL STOCK DE REPUESTOS								\$ 7.452.175

8. CONCLUSIONES

Los planes de gestión integral de mantenimiento tienen gran utilidad en los procesos productivos de industrias que involucren manejo de máquinas en la generación de los bienes y servicios que comercialicen. Para el caso de la empresa Calypso del Caribe el plan de gestión de mantenimiento de la máquina formadora FORMAX F – 400 es un paso inicial para conocer la metodología extrapolable a las demás máquinas de la línea, y comprueba en su primera fase la necesidad que tienen cada una de estas máquinas de hacer parte de este plan de mantenimiento ya que todas presentan criticidades con mayor o menor proporción de riesgo que deben ser intervenidas con inspecciones, verificaciones, lubricaciones y cambios de componentes que aseguren su funcionalidad.

Las máquinas críticas como la formadora FORMAX F – 400 presenta la mayor criticidad y el mayor NPR del estudio, lo que indica la urgencia del mantenimiento preventivo. El análisis de modos y causas de falla permitió desglosar uno por uno los sistemas y componentes encontrando los puntos de averías con mayor impacto sobre la producción, este recurso permitió a su vez proponer las actividades que podrían mitigar dichos riesgos dándole prioridad al sistema mecánico de la máquina el cual es el que en dado caso presente alguna falla impactará a la producción con su detención completa. Igualmente, se propusieron en orden de prioridad actividades de mantenimiento para los demás sistemas que impactan ralentizando o disminuyendo la productividad de las operaciones.

Las operaciones de mantenimiento establecidas para la máquina formadora FORMAX F – 400 agrupan actividades semestrales relacionadas a desmontajes de algunos sistemas de la máquina, trimestrales y mensuales cuando se trata de verificaciones, semanales y diarias cuando se trata de lubricaciones y . Dichas actividades fueron determinadas con ayuda del manual de mantenimiento y uso de la máquina y se propusieron unas adicionales correspondientes a los análisis realizados en la gestión del mantenimiento.

El establecimiento de los repuestos críticos debe tener como base el resultado de criticidad y riesgo, es decir, en función de este resultado se determina que sistema o subsistema presenta cifras altas o muy altas por lo que exige la existencia de un stock

de repuestos para agilizar la gestión de mantenimiento del mismo. En el caso de la Máquina formadora FORMAX F – 400 los repuestos críticos corresponden al sistema mecánico, para ello se elaboró un despliegue de los componentes del sistema y un presupuesto de los mismo para tener conocimiento de la inversión.

Se considera clave establecer en las organizaciones planes de mantenimiento preventivo multidisciplinario que se basen en el funcionamiento de las máquinas, los hechos históricos de fallas y las recomendaciones de los fabricantes, ya que con el análisis y el establecimiento de estas relaciones es posible evaluar en profundidad cada punto crítico de las máquinas y de esta manera salvaguardar aspectos financieros de la empresa y la producción de los bienes comercializados por esta.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la empresa Calypso del Caribe S.A. realizar este mismo análisis para todas y cada una de las máquinas que componen la línea de producción de apanados de la organización. Con estos recursos en un futuro es posible diseñar e implementar todo un plan de gestión integral de mantenimiento que permita mejorar la productividad y rentabilidad de las operaciones generando así un mejor precio para el consumidor y de esta manera lograr posicionar la marca acercándose a la misión de la empresa.

Se recomienda de igual manera acompañar este plan de gestión integral de mantenimiento de un estudio financiero del alcance del proyecto, esto permite conocer la inversión real de las implementaciones y el tiempo de recuperación de la misma. Los datos más relevantes de estos estudios financieros pueden darse en términos de indicadores económicos como lo son el TIR, el VAR o el ROI.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO, Carolina. Desarrollo, optimización y estudio de la vida útil del nugget de pollo liviano en calorías y con calcio. Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2004.

AGUILAR, José, **TORRES**, Rocío y **MAGAÑA**, Diana. Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. 1, Saltillo, México: Tecnología, Ciencia, Educación, 2010, Vol. 25.

FORMAX INC. Máquina moldeadora de hamburguesas F - 400 Manual de instrucciones de uso y mantenimiento. Mokena: Formax Inc, 2006.

GUTIÉRREZ, Alberto y **DÍAZ**, Juan. Diagnóstico y diseño de una estrategia de mantenimiento aplicable en plantas del sector carbonífero. Cartagena de Indias: Universidad Tecnológica de Bolívar, 2011.

MÉNDEZ, Pedro. Fundamentación y propuesta de cambios a la política de mantenimiento técnico a la maquinaria agrícola de Cuba. Santa Clara: Universidad Central Mrta Abreu de las Villas, 2017.

PÉREZ, Félix. Conceptos generales de en la gestión del mantenimiento industrial. Bucaramanga: Ediciones USTA, 2021. 978-958-8477-92-3.

RIVERA, Enrique. Sistema de gestión del mantenimiento industrial. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2011.

SANMARTIN, Jhonattan y **QUEZADA**, Manuel. Propuesta de un sistema de gestión para el mantenimiento de la empresa Cerámica Andina C.A. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2014.

SERVICIO NACIONAL DE ADIESTRAMIENTO EN TRABAJO INDUSTRIAL. Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo. Lima: SNATI, 2013.

SIERRA, Gabriel. Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica Industrias AVM S.A. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2004.

STEIN. Manual La guía del procesador para rebozado, empanado, cocción y fritura. Londres : Frigoscandia, 2009.

TECHNIT. Programa: Gestión del Mantenimiento. Buenos Aires : Propymes, 2014. Vol. Módulo 1.