

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO
DEL SISTEMA DE VAPOR PARA REDUCCIÓN
DE PÉRDIDAS DE HOGAZAS EN LA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN DE PANES- PANIFICADORA
BIMBO S.A.”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO
LUIS ALEXANDER LEYTON CASTILLO**

**Callao, Diciembre, 2018
PERÚ**

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

PRESIDENTE: Dr. OSCAR TEODORO TACZA CASALLO

SECRETARIO: Dr. NAPOLEÓN JAUREGUI NONGRADOS

VOCAL: Dr. PABLO MAMANI CALLA

MIEMBRO SUPLENTE: Mg. YASSER HIPÓLITO YARIN ACHACHAGUA

ASESOR: JUAN PALOMINO CORREA

FECHA DE ACTA DE APROBACION DE TESIS:

13 de Diciembre del 2018

DEDICATORIA

A mis padres Rosa Castillo y Julio Rupay, quienes siempre me alentaron y alientan a seguir adelante para lograr mis metas y que dentro de las necesidades que pasamos siempre me apoyaron.

A mi abuelita Gloria Martínez quien fue la persona que me inculcó los valores y formación para salir adelante y poder crecer como profesional.

A mi esposa Katherinne Suarez por su comprensión y su tiempo de poder acompañarme en determinados momentos para hacer posible este logro personal.

A mis hermanas Claudia Rupay y Angie Rupay por su incondicionable apoyo moral.

AGRADECIMIENTO

A Dios, porque gracias a él estamos en este mundo y aunque a veces sentimos que son duras o muy seguidas las pruebas, él siempre está con nosotros y nos da todas las respuestas a nuestras interrogantes.

A la Universidad Nacional del Callao y en especial a nuestra Facultad de Ingeniería Mecánica por formarme académicamente.

A la empresa Panificadora Bimbo por permitir la realización de mi trabajo de grado en sus instalaciones, culminando así con los requisitos exigidos para la obtención de mi anhelado título.

INDICE

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO	II
TABLAS DE CONTENIDO	3
LISTA DE FIGURAS.....	4
LISTA DE GRAFICOS.....	5
LISTA DE ANEXOS.....	6
RESUMEN.....	7
ABSTRACT	8
INTRODUCCIÓN.....	9
I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	10
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	12
1.2.1 PROBLEMA GENERAL.	12
1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	12
1.3 OBJETIVOS.....	13
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.	13
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	13
1.4 LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	144
II MARCO TEÓRICO	14
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	14
2.2 MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	18
2.2.1 Marco teórico	18
2.2.2 Marco conceptual.....	75
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	83
III HIPÓTESIS Y VARIABLES	83
3.1 HIPÓTESIS	83
3.1.1 <i>Hipótesis general</i>	833

3.1.2	<i>Hipótesis específicas</i>	84
3.2	DEFINICIÓN DE VARIABLES	84
3.2.1	<i>Variable independiente</i>	84
3.2.2	<i>Variable dependiente</i>	84
3.3	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	85
IV	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	86
4.1	TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	86
A.	EN LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE CONSIDERÓ EL DISEÑO CUASI EXPERIMENTAL, PORQUE SE EJERCE POCO CONTROL SOBRE LAS VARIABLES, ESTE DISEÑO TIENE LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS:.....	86
4.1.1	<i>Parámetros de diseño</i>	87
4.1.2	<i>Etapas del diseño</i>	90
4.1.3	<i>Ingeniería de detalle</i>	90
4.1.4	<i>Análisis de costos</i>	98
4.2	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	101
4.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN DOCUMENTAL.	101
4.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO	102
4.5	ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	103
V	RESULTADOS	104
5.1	RESULTADOS DE PORCENTAJES DE PÉRDIDAS EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PANES	104
5.2	RESULTADOS DE EFICIENCIA DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PANES	105
5.3	RESULTADOS DE %IPFM DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PANES	105
VI	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	106
6.1	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	106
6.2	CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS CON ESTUDIOS SIMILARES	106
6.3	RESPONSABILIDAD ÉTICA	107
VII	CONCLUSIONES	107
VIII	RECOMENDACIONES	108
IX	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109

TABLAS DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS

Tabla N°1.1 Zonas de uso de vapor Panificadora Bimbo S.A	10
Tabla N°2.1 Componentes que influyen en costos	65
Tabla N°2.2 Clasificación de cámaras de fermentación	82
Tabla N°3.1 Operacionalización de variables	85
Tabla N°4.1 Modos de fallas objetivos principales	95
Tabla N°4.2 Técnicas predictivas empleadas	97
Tabla N°4.3 Comparación de costos de mantenimiento	99
Tabla N°4.4 Presupuesto por fases (valores referenciales)	100
Tabla N°4.5 Técnicas de recolección de datos	102
Tabla N°4.6 Instrumentos de recolección de datos	102
Tabla N°4.7 Parámetros medidos e instrumentos utilizados	103

LISTA DE FIGURAS

Figura N°2.1 Conceptualización de fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad	24
Figura N°2.2 Duración potencial de utilización	25
Figura N°2.3 Tiempos de paro y tiempos de reparación	26
Figura N°2.4 Relación de tiempos de buen funcionamiento con tiempos técnicos de reparación	27
Figura N°2.5 Fallas repentinas y fallas progresivas	34
Figura N°2.6 Diagrama Pareto comparativo antes y después	38
Figura N°2.7 Diagrama de Ishikawa o espina de pescado	41
Figura N°2.8 Ejemplo de Ishikawa por enumeración de causas	44
Figura N°2.9 Método de las 5M	45
Figura N°2.10 Lluvia de ideas	47
Figura N°2.11 Ciclo PDCA	52
Figura N°2.12 Diagrama de gestión interactiva de mantenimiento	56
Figura N°2.13 Modelo interactivo de mantenimiento	57
Figura N°2.14 Curva de costos	66
Figura N°2.15 Punto de equilibrio de costo por falla	66
Figura N°2.16 Moléculas de agua en estado líquido y gaseoso	69
Figura N°2.17 Vapor húmedo y seco	70
Figura N°2.18 Ejemplo de calentamiento directo de vapor	71
Figura N°2.19 Aplicaciones de calor indirecto de vapor	72
Figura N°2.20 Proceso de calentamiento de vapor	74
Figura N°4.1 Imagen inicial de Software Máximo	88
Figura N°4.2 Centro de inicio de Software Máximo	89
Figura N°4.3 Pantalla de asignación de trabajos programados	89
Figura N°4.4 Etapas de diseño	90
Figura N°4.5 Cámara de vapor de panes	93
Figura N°4.6 Caldera pirotubular Intesa 80BHP	94
Figura N°4.7 Sistema de transporte de tuberías particularizado	94
Figura N°4.8 Plano de ubicación Panificadora Bimbo S.A	103

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N°1.1 Porcentaje de pérdidas de hogazas de línea de producción de panes 2017-2018 (antes de la implementación)	11
Gráfico N°1.2 Eficiencia de la de línea de producción de panes 2017-2018 (antes de la implementación)	11
Gráfico N°1.3 IPFM mensual 2017-2018 de línea de panes (antes de la implementación)	12
Gráfico N°4.1 Proyectado de ahorro teórico al primer año	101
Gráfico N°5.1 Porcentaje de pérdidas de hogazas de línea de producción de panes (con la implementación)	104
Gráfico N°5.2 Eficiencia de línea de panes (con la implementación) ..	105
Gráfico N°5.3 IPFM de línea de panes (con la implementación)	105

LISTA DE ANEXOS

Anexo A: Matriz de consistência	111
Anexo B: Instrumentos validados	114
Anexo C: Tiempos relativos al Mantenimiento (según norma AFNOR X 60 015)	114
Anexo D: Matriz de historial de fallas de mantenimiento	116
Anexo E: Historial de fallas de caldera pirotubular y cámara de vapor ..	117
Anexo F: Formato de interrupción por falla mecánica IPFM	119
Anexo G: Ficha de inscripción de curso corto TECSUP	120
Anexo H: Plan de Mantenimiento Predictivo Bimbo Perú	121
Anexo I: Formato de reporte de intervención predictivo	122

RESUMEN

El Plan de Mantenimiento Predictivo del sistema de vapor en la línea de producción de panes para Panificadora Bimbo S.A., fue realizado en base al análisis de porcentaje existente de pérdidas de hogazas de pan, y las fallas existentes del sistema de vapor en dicha línea.

El tipo de investigación es Tecnológico, ya que tiene como propósito aplicar el conocimiento científico para solucionar los diferentes problemas, y de forma posterior se aplicaron conocimientos y métodos de gestión de mantenimiento. Con esto fuimos a la práctica que consistió en las verificaciones e inspecciones, creación del plan maestro de mantenimiento predictivo y ejecución del mismo.

El objetivo de la investigación es elaborar e implementar un plan de Mantenimiento Predictivo de la línea de panes en la empresa Panificadora Bimbo S.A. que permite volver confiable al sistema de vapor y así poder reducir las pérdidas de hogazas de pan. Los resultados obtenidos y que se van obteniendo al finalizar la implementación fueron los esperados, se tuvo en referencia a los indicadores de Mantenimiento, una reducción del 30% de fallas en la línea de Panes, lo cual conlleva a mencionar que el indicador de Mantenimiento IPFM sufrió un cambio positivo y volvió confiable al sistema de vapor. Y por parte del área productiva, los indicadores de producción también mejoraron, con la implementación los valores de pérdidas se redujeron y de igual forma la eficiencia aumentó de manera significativa.

Palabras claves:

Plan de Mantenimiento Predictivo, Hogazas de pan.

ABSTRACT

The Predictive Maintenance Plan of the steam system in the bread production line for Panificadora Bimbo S.A., was made based on the analysis of the existing percentage of bread loaf losses, and the existing faults of the steam system in that line.

The type of research is Technological, since its purpose is to apply the scientific knowledge to solve the different problems, and later knowledge and methods of maintenance management were applied. With this we went to the practice that consisted of the verifications and inspections, creation of the master plan of predictive maintenance and execution of the same.

The objective of the research is to elaborate and implement a Predictive Maintenance plan of the bread line in Panificadora Bimbo S.A. that allows to return reliable to the steam system and thus be able to reduce the losses of loaves of bread. The obtained results and that are obtained at the end of the implementation were the expected ones, it had in reference to the indicators of Maintenance, a reduction of 30% of failures in the line of Breads, which leads to mention that the indicator of maintenance IPFM underwent a positive change and returned reliable to the steam system. And on the part of the productive area, the indicators of production also improved, with the implementation the values of losses were reduced and likewise the efficiency increased significantly.

Keywords:

Predictive Maintenance Plan, Bread loaves.

INTRODUCCIÓN

Panificadora Bimbo del Perú es un grupo internacional cuya actividad económica es la elaboración de panes como producto principal, kekitos, panetones y otra diversidad de productos. La cual para su elaboración respectiva requiere del uso del vapor para los diferentes procesos. Del 100% de energéticos usados en el proceso productivo (aire, agua, gas, energía eléctrica y vapor), el vapor conforma el 30% del total de energéticos usados en las cámaras de vapor de las líneas de Panes, Bollería y Panetones, por lo cual es indispensable que el equipo generador de vapor, la caldera, sea un equipo confiable.

Es por ello que viendo la necesidad de tener equipos confiables en el proceso productivo, Panificadora Bimbo del Perú, impulsa el desarrollo del proyecto de implementación de Mantenimiento Predictivo, en donde, se presenta el análisis predictivo de equipos críticos de la planta, lo cual evitaría paradas imprevistas y disminución de pérdidas de producto procesado.

La presente tesis está estructurada de la siguiente manera:

Capítulo I que consta del planteamiento del problema, capítulo II del marco teórico que referencia los antecedentes y conceptos de la investigación, el capítulo III consta de las variables e hipótesis, el capítulo IV es la metodología de la investigación, capítulo V consta de los resultados correspondientes, capítulo VI de la discusión de los resultados obtenidos, y las respectivas conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas, y por último los anexos correspondientes que dan sustento a la presente investigación.

I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Panificadora Bimbo S.A., perteneciente al Grupo Bimbo de México, empresa dedicada a la elaboración de productos terminados, tales como pan (producto principal), bollería, panetones, entre otros, utiliza el vapor como energético principal en sus cámaras de vapor (fermentación), las cuales son abastecidas por una caldera pirotubular 80 BHP, equipo crítico de generación del Cuarto de máquinas.

Particularizando la línea de panes, el problema surge cuando la cámara de vapor sufre una parada inoportuna o cuando la cámara de vapor queda desabastecida de vapor, por una falla imprevista de la caldera pirotubular 80 BHP, generando un acumulado de pérdidas de hogazas de pan, lo cual impacta la eficiencia de dicha línea, reduciéndola hasta valores del 80%, cuando normalmente esta línea trabaja al 91%.

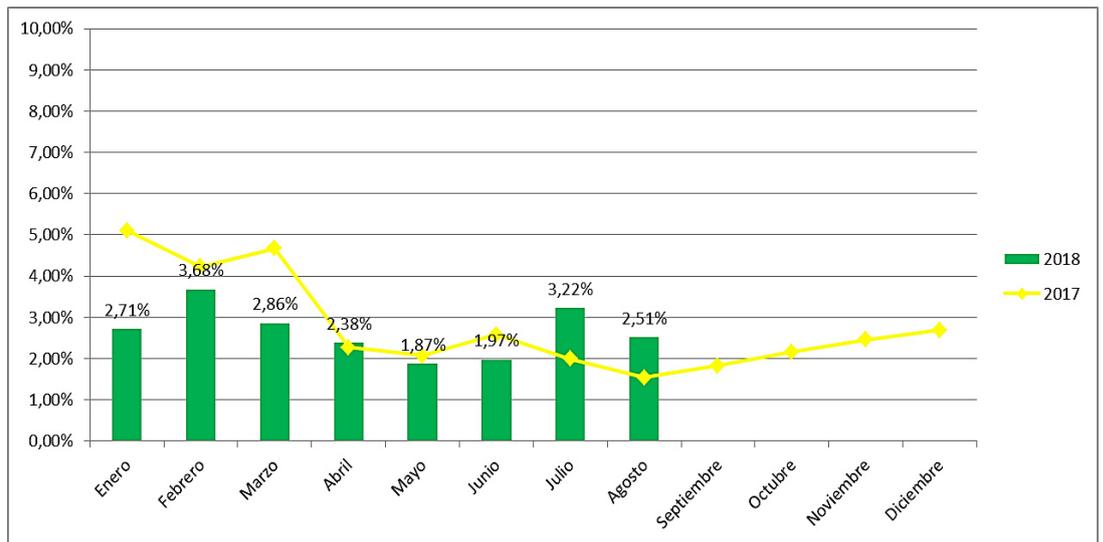
TABLA N°1.1

ZONAS DE USO DE VAPOR- PANIFICADORA BIMBO S.A

Zona de uso de vapor	Equipo o máquina
Línea de producción Panes	Cámara de vapor
Línea de producción Bollería	Cámara de vapor
Línea de producción Panquelería	Marmita de decorado
Línea de producción Panetones	Cámara de vapor
Lavado de moldes Panquelería	Lavadora de Moldes
Lavado de bandejas	Lavadora de bandejas
Lavado de moldes producción	Tinas de vapor

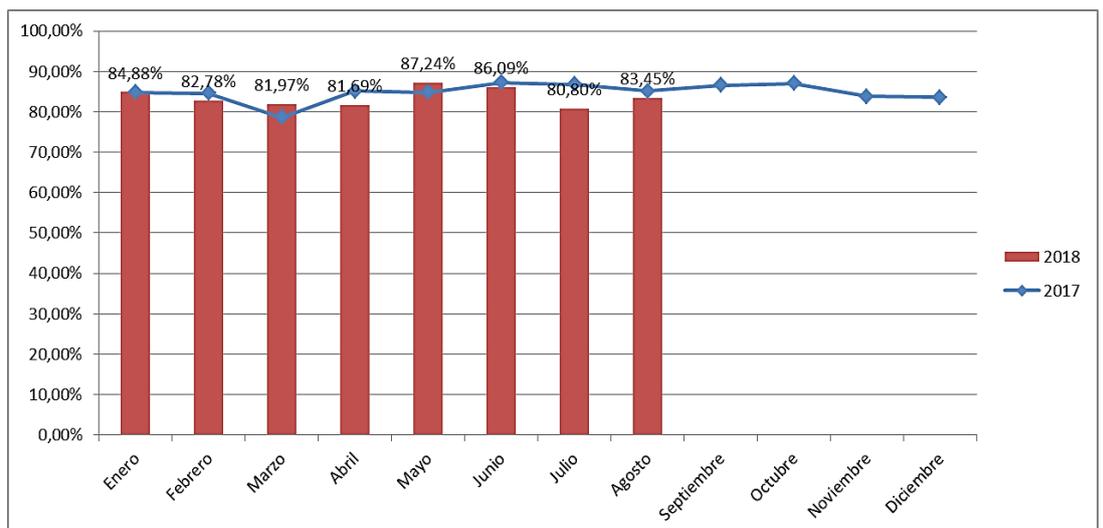
Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N°1.1
PORCENTAJE DE PÉRDIDAS DE HOGAZAS LÍNEA
PRODUCCIÓN DE PANES 2017- 2018 (antes de la
implementación)



Fuente: Área de Producción Bimbo Perú

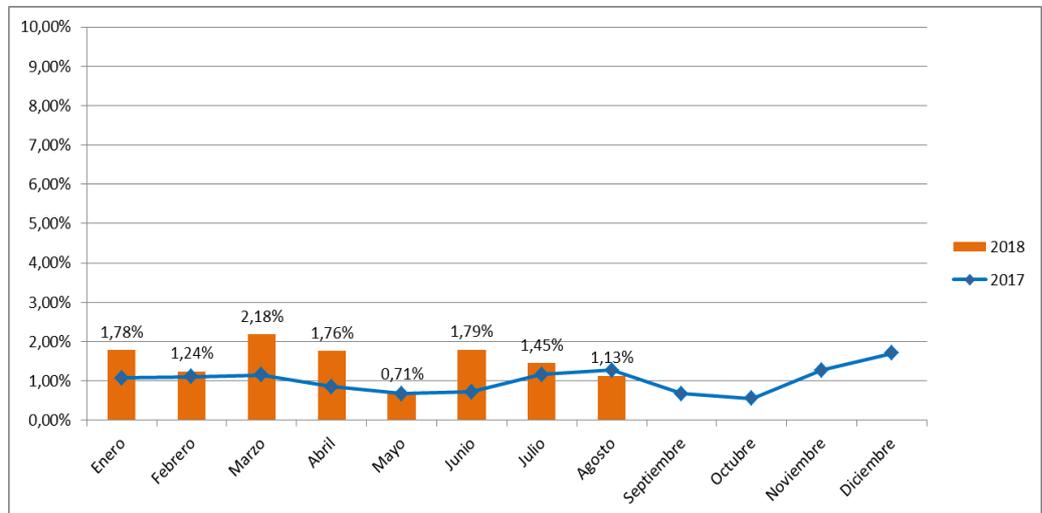
GRÁFICO N°1.2
EFICIENCIA LÍNEA PRODUCCIÓN DE PANES 2017- 2018 (antes
de la implementación)



Fuente: Área de Producción Bimbo Perú

GRÁFICO N°1.3

IPFM MENSUAL 2017- 2018 (antes de la implementación)



Fuente: Área de Ingeniería y Mantenimiento Bimbo Perú

1.2 Formulación del problema.

1.2.1 Problema general.

¿En qué medida el Plan de Mantenimiento Predictivo del sistema de vapor permite reducir las pérdidas de hogazas en la línea de producción de panes de Panificadora Bimbo S.A.?

1.2.2 Problemas específicos.

1. ¿Cómo la identificación de los modos de falla objetivos de la caldera pirotubular 80 BHP permite reducir las pérdidas de hogazas en la línea de producción de panes de Panificadora Bimbo S.A.?
2. ¿Cómo la identificación de los modos de falla objetivos de la cámara de vapor (fermentación) permite reducir las pérdidas de hogazas en la línea de producción de panes de Panificadora Bimbo S.A.?

3. ¿Cómo la identificación de los problemas potenciales del sistema de transporte vapor permite reducir pérdidas de hogazas en la línea de producción de panes de Panificadora Bimbo S.A?

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivo general.

El objetivo que enmarca todo este estudio es:

Diseñar un Plan de Mantenimiento Predictivo del Sistema de vapor que permita reducir pérdidas de hogazas en la línea de producción de panes para Panificadora Bimbo S.A.

1.3.2 Objetivos específicos.

1. Identificar los modos de falla objetivos de la caldera pirotubular 80 BHP para reducir pérdidas de hogazas en la línea de producción de panes de Panificadora Bimbo S.A.

2. Identificar los modos de falla objetivos de la cámara de vapor (fermentación) para reducir pérdidas de hogazas en la línea de producción de panes de Panificadora Bimbo S.A.

3. Identificar los problemas potenciales del sistema de transporte de vapor para eliminar fugas de vapor y condensado y así reducir las pérdidas de hogazas en la línea de producción de panes de Panificadora Bimbo S.A.

1.4 Limitación de la investigación

La limitación que afrontará el diseño del Plan de Mantenimiento Predictivo del Sistema de Vapor será:

Temporal, toda la investigación se realiza desde el mes de junio 2018 hasta fines de año, diciembre 2018, período en el cual se realizarán todas las actividades concernientes.

1.5 Justificación

Tecnológica

El abordaje de la situación actual de Panificadora Bimbo, con la identificación del problema en la línea de producción de panes, permite migrar a un sistema de Mantenimiento más confiable que permite predecir los modos de fallas objetivos de los equipos críticos.

Económica

El presente proyecto pretende mejorar la eficiencia de la línea de producción de panes de Panificadora Bimbo S.A. con lo cual se reducirán costos de reparación de fallas en el Sistema de Vapor, y se reducirán las pérdidas de hogazas de panes, lo cual representa una reducción al índice de porcentaje de bajas, el cual se ve representado por un creciente número de ganancias.

Práctica

Aunado a lo anterior, esta investigación sirve de apoyo práctico para nuevos estudios en el área de Ingeniería y Mantenimiento. Por otro lado, a través de este estudio y desde el punto de vista prospectivo, se pretende concebir futuros alternativos estratégicos.

II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Nacionales

1. Da Costa Burga, Martín; en Agosto del 2010, en la Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, en Lima, presentó la tesis para optar por el título de Ingeniero Mecánico, *“Aplicación del Mantenimiento centrado en la Confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta*

producción”, donde menciona lo siguiente: Mediante el desarrollo de la metodología a lo largo del tema se determinaron las siguientes estrategias de mantenimiento para la eliminación de las causas de las fallas identificadas:

- Optimización del Mantenimiento Preventivo*
- Implementación del Mantenimiento Predictivo*
- Optimización del cambio sistemático de componentes en función de la frecuencia de las fallas*
- Implementación de inspecciones sensoriales por parte de los operadores*
- Identificación de mejoras en las instalaciones a cargo de Ingeniería de Mantenimiento*
- Identificación de repuestos críticos*

Como resultado de la aplicación de la metodología se espera lograr incrementar la vida útil de los componentes de los equipos, así como la disponibilidad de los mismos al disminuir las fallas y sus consecuencias, incrementando así, las ventas por la recuperación del petróleo crudo a un menor costo de mantenimiento.

2. Espinoza Alvinco, Dennis Samuel; en 2014, en la Universidad César Vallejo- Trujillo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica, presentó la tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico, *“Auditoría Energética al Sistema de Transporte de vapor y a los procesos de Intercambio de calor para reducir las pérdidas de energía en la empresa Danper S.A.C- Trujillo”*, donde menciona que: *El exceso de consumo de combustible de las calderas se debe, según las condiciones de operaciones actuales a dos grandes factores:*

- Las pérdidas de energía en la red de distribución de vapor por el mal dimensionamiento del aislamiento, las tuberías tienen una*

temperatura de pared de 55°C a 60°C, siendo mayor a la temperatura recomendada de 35°C con fibra de vidrio.

- Pérdida de exergía, debido a la caída de presión en válvulas reductoras de presión, actualmente las calderas producen 10 bar absolutos y lo reducen a 3.5 bar necesarios para los procesos, perdiéndose 6.5 bar.

El estudio de la presente tesis tuvo un beneficio neto de 601724.5 N.s/año en ahorro de combustible por pérdidas energéticas en la red de tuberías y aprovechamiento de la exergía perdida para producir el 11.54% de la energía total, lo cual demuestra que haciendo enfoque al Sistema de vapor se puede lograr ahorros de gran magnitud, y que aplicando el análisis adecuado y un respectivo balance energético de las condiciones existentes, se logra un sistema de vapor de mayor confiabilidad para la empresa en mención.

3. Pasache Morales, José Gabriel; en 2017, en la Universidad César Vallejo- Lima, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, presentó la tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial, *“Plan de Mantenimiento Predictivo por análisis de vibraciones para mejorar la confiabilidad de los equipos rotativos del área de galvanizado en una empresa metalmecánica, Lima 2017”*, donde menciona que como propuesta de mejora, *el mantenimiento predictivo aplica técnicas no destructivas siendo el análisis de vibraciones una de las técnicas más usadas en las máquinas rotativas que sirve para conocer el estado de las máquinas y sus componentes con el propósito de programar las actividades de mantenimiento que se requieran para corregir cualquier desviación que se haya detectado y que el equipo sea confiable sin afectar el proceso productivo.*

Internacionales

Olea Suarez, Oswaldo José; en Julio del 2012, en la Universidad Tecnológica de Bolívar, Facultad de Ingeniería, en Cartagena de Indias, presentó la monografía: “Realización de guía de mantenimiento predictivo para calderas”, para obtener el título de Ingeniero Mecánico.

Al respecto, una de las conclusiones que menciona es:

A diferencia del mantenimiento preventivo y el correctivo, el predictivo se trata de estar constantemente inspeccionando el equipo en nuestro caso, la caldera mediante los diferentes instrumentos de medición para dicho procedimiento.

Lo cual es considerado como información relevante para poder realizar una réplica de las técnicas predictivas más importantes para Panificadora Bimbo S.A.

Guanche Ravelo, Juan Manuel; en Septiembre del 2016, en la Universidad de La Laguna, Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología, en Tenerife, España, presentó el trabajo de fin de grado: “Plan de Mantenimiento de una sala de Calderas”, para obtener el título de grado de Ingeniería Electrónica Industrial y automática; menciona: *El Mantenimiento Predictivo según la norma UNE-EN 13306:2011, se define como “el mantenimiento basado en condición que incluye una combinación de monitorización de la condición y la inspección o los ensayos, análisis y las consiguientes acciones de mantenimiento”. Consiste en emplear técnicas que predigan las averías de un elemento: termografías, análisis de vibraciones, etc.*

Este estudio toma como referencia el uso de las diversas técnicas predictivas existentes hasta la actualidad, y en base a eso poder reafirmar que las técnicas usadas son de mayor confiabilidad para poder atacar a un equipo crítico.

González Carvajal, Ramón Gabriel; en Noviembre del 2009, en la Universidad de Oriente, Núcleo de Anzoátegui, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Departamento de Mecánica en Barcelona, España, presentó el trabajo de grado: *“Implementación del Mantenimiento Predictivo basado en el análisis de vibración en los compresores de tornillo de una empresa procesadora y enlatadora de productos del mar”*, para optar al título de Ingeniero Mecánico; menciona: *El Mantenimiento Predictivo es una actividad que consiste en el seguimiento organizado con medición periódica o continua de variables de estado en un sistema, máquina o equipo y su comparación con patrones preestablecidos, para la determinación del instante en que se debe producir la intervención de mantenimiento, con el fin de corregir las fallas a tiempo y evitar la detección de la producción.*

2.2 Marco teórico y conceptual

2.2.1 Marco teórico

2.2.1.1 Conceptualización del Mantenimiento

Para poder conceptualizar de manera fina la palabra Mantenimiento, se tomó como referencia los conceptos de García Garrido, S. (2003); de su libro *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento, Manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial* (p. 1). Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos S.A., donde define:

El Mantenimiento es el conjunto de actividades destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

Y de igual forma, García Garrido, S. (2003); de su libro *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento, Manual*

práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento industrial (p. 2). Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos S.A., contextualiza la historia del mantenimiento en los siguientes párrafos de la siguiente manera:

A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la fundación mantenimiento ha pasado diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. Cuando las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos.

A partir de la Primera Guerra Mundial, y sobre todo, de la Segunda, se introduce el concepto de fiabilidad, y los departamentos de mantenimiento buscan no sólo solucionar las fallas que se producen en los equipos, sino, también y sobre todo, prevenirlas. Implica crear una nueva figura en los departamentos de mantenimiento: personal cuya función es estudiar qué tareas de mantenimiento deben realizarse para evitar las fallas. El personal indirecto, que no está involucrado directamente en la realización de las tareas, aumenta, y con él los costes de mantenimiento. Pero se busca aumentar y fiabilizar la producción, evitar pérdidas por averías y sus costes asociados. Aparece el Mantenimiento Preventivo, el Mantenimiento Predictivo, el Mantenimiento Proactivo, la Gestión de Mantenimiento asistida por Ordenador, y el Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM). El RCM como estilo de gestión de mantenimiento, se basa en el estudio de los equipos, en el análisis de los modos de fallo y en la

aplicación de técnicas estadísticas y tecnología de detección. Se puede decir que el RCM es una filosofía de mantenimiento básicamente tecnológica.

De forma paralela, a partir de los años 80, comienza a introducirse la idea de que puede ser rentable volver de nuevo al modelo inicial: que los operarios de producción se ocupen del mantenimiento de los equipos. Se desarrolla el TPM, o Mantenimiento Productivo Total, en el que algunas de las tareas normalmente realizadas por el personal de Mantenimiento son ahora realizadas por operarios de producción. Esas tareas, son trabajos de limpieza, lubricación, ajustes, reaprietes de tornillos y pequeñas reparaciones. Con esto se pretende que el operario de producción se implique más en el cuidado de la máquina, siendo el objetivo último del TPM conseguir cero averías. Como filosofía de mantenimiento, TPM se basa en la formación, motivación e implicación del equipo humano, en lugar de la tecnología.

TPM y RCM no son formas opuestas de dirigir el mantenimiento, sino que ambas conviven en la actualidad en muchas empresas. En algunas de ellas, RCM impulsa el mantenimiento, y con esta técnica se determinan las tareas a efectuar en los equipos; después, algunas de las tareas son transferidas a producción, en el marco de una política de implantación de TPM. En otras plantas, en cambio, es la filosofía TPM la que se impone, siendo RCM una herramienta más para la determinación de tareas y frecuencias en determinados equipos.

Pero actualmente, en otras muchas empresas ninguna de las dos filosofías tiene éxito. El número de empresas que dedican todos sus esfuerzos a mantenimiento correctivo y que no se plantean si

esa es la forma en la que se obtiene un máximo beneficio (objetivo último de la actividad empresarial) es muy alto. Son muchos los responsables de mantenimiento, tanto de empresas grandes como pequeñas, que creen que estas técnicas están muy bien en el campo teórico, pero que en su planta no son aplicables: parten de la idea de que la urgencia de las reparaciones es la que marca y marcará siempre las pautas a seguir en el departamento de mantenimiento.

A continuación de igual forma para poder parametrizar ciertos conceptos y puntos relevantes acerca del Mantenimiento, hemos tomado como referencia a Daniel, L. (2005) en su libro *Mantenimiento su implementación y gestión* (Segunda edición, p. 19-30). Argentina: Universitas.

Donde iniciaremos comentando acerca de la importancia del Mantenimiento, se continuará con la finalidad del Mantenimiento, tocaremos las variables del Mantenimiento, revisaremos los objetivos, fallas, su identificación y análisis y los análisis y procedimientos para analizar los problemas. Y estos conceptos irán demarcados desde el 2.2.1.2 que habla sobre la importancia del Mantenimiento hasta el 2.2.1.7 que habla sobre la identificación y análisis de fallas.

2.2.1.2 La importancia del Mantenimiento

El objetivo del Mantenimiento es conservar todos los bienes que componen los eslabones del sistema directa e indirectamente afectados a los servicios, en las mejores condiciones de funcionamiento, con un muy buen nivel de confiabilidad, calidad y al menor costo posible.

Mantenimiento no sólo deberá mantener las máquinas sino también las instalaciones de: iluminación, redes de computación,

sistemas de energía eléctrica, aire comprimido, agua, aire acondicionado, calles internas, pisos, depósitos, etc.

Se debe coordinar con recursos humanos un plan para la capacitación continua del personal ya que es importante mantener al personal actualizado.

2.2.1.3 La Finalidad del Mantenimiento

Tal como encontramos hoy a las industrias, bajo una creciente presión de la competencia, estas se encuentran obligadas a alcanzar altos valores de producción con exigentes niveles de calidad cumpliendo con los plazos de entrega. Radica justamente aquí la importancia del mantenimiento.

La finalidad del mantenimiento entonces es conseguir el máximo nivel de efectividad en el funcionamiento del sistema productivo y de servicios con la menor contaminación del medio ambiente y mayor seguridad para el personal al menor costo posible.

Lo que implica: conservar el sistema de producción y servicios funcionando con el mejor nivel de fiabilidad posible, reducir la frecuencia y gravedad de las fallas, aplicar las normas de higiene y seguridad del trabajo, minimizar la degradación del medio ambiente, controlar, y por último reducir los costos a su mínima expresión.

El mantenimiento debe seguir las líneas generales determinadas con anterioridad, de forma tal que la producción no se vea afectada por las roturas o imprevistos que pudieran surgir.

2.2.1.4 Variables del Mantenimiento

Para poder interpretar la forma en la que actúa el mantenimiento, se hace necesario que veamos y analicemos distintas variables de significación que repercuten en el desempeño de los sistemas.

Podemos mencionar las siguientes:

Fiabilidad, la fiabilidad es la probabilidad de que las instalaciones, máquinas o equipos, se desempeñen satisfactoriamente sin fallar, durante un periodo determinado, bajo condiciones específicas.

Recordemos que la probabilidad puede variar entre 0 (indica la certeza de falla) y 1 (indica la certeza de buen desempeño).

Por lo tanto la probabilidad de falla esta necesariamente unida a la fiabilidad. El análisis de fallas constituye otra medida del desempeño de los sistemas, para ello se utiliza lo que denominamos la tasa de falla, que es el cociente del número de fallas sobre el total de horas de operación del equipo.

Disponibilidad, la disponibilidad es la proporción de tiempo durante la cual un sistema o equipo estuvo en condiciones de ser usado.

Entonces la disponibilidad depende de:

La frecuencia de las fallas, el tiempo que nos demande reanudar el servicio. Por supuesto que no están comprendidos en el tiempo de paradas aquellas que se producen por problemas de huelgas, o suspensión de la producción por caída en la demanda.

Mantenibilidad, la mantenibilidad, es la probabilidad de que una máquina, equipo o un sistema pueda ser reparado a una condición especificada en un periodo de tiempo dado, en tanto su mantenimiento sea realizado de acuerdo con ciertas metodologías y recursos determinados con anterioridad.

La mantenibilidad es la cualidad que caracteriza una máquina, equipo o sistema en cuanto a su facilidad a realizarle mantenimiento, depende del diseño y pueden ser expresados en términos de frecuencia, duración y costo.

Calidad, debemos destacar el lugar primordial que ocupa la calidad. El mantenimiento debe tratar de evitar las fallas, reestablecer el sistema lo más rápido posible, dejándolo en condiciones óptimas de operar a los niveles de producción y calidad exigida.

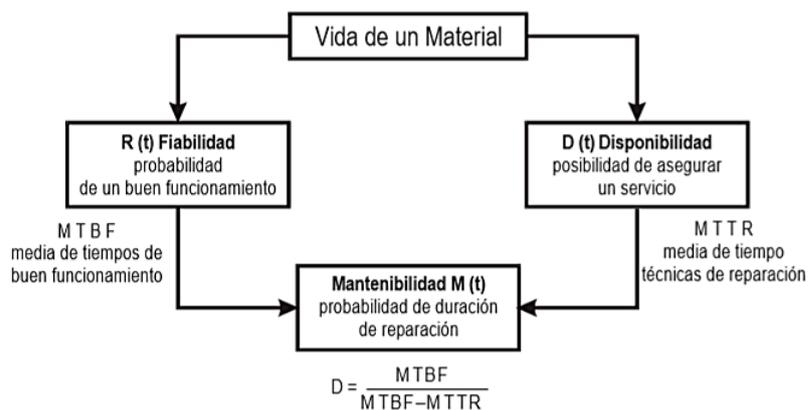
Seguridad, la seguridad, está referida al personal, instalaciones, equipos, sistemas y máquinas, no puede ni debe dejársela a un costado, con miras a dar cumplimiento o demandas pactadas.

Costo, la competencia nos obliga a bajar permanentemente los precios, por lo que se deben optimizar los procesos

Entrega / Plazo, el tiempo de entrega y el cumplimiento de los plazos previstos son variables que tienen también su importancia, en el mantenimiento, el tiempo es un factor preeminente.

Fiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad

FIGURA N°2.1
CONCEPTUALIZACIÓN DE FIABILIDAD, DISPONIBILIDAD Y MANTENIBILIDAD



- $\lambda(t)$ tasa de fallo instantáneo (a veces notadas $Z(t)$ o $h(t)$)
- λ tasa de fallo constante
- M.T.B.F. Media de los tiempos de buen funcionamiento
- M.T.T.R. Media de los tiempos técnicos de reparación (t: media aritmética de los tiempos de intervención)
- M.T.A. Media de los tiempos de paro T.A N.T.
- $M(t)$ función "mantenibilidad"
- $\mu(t)$ tasa de reparación

Fuente: Daniel, L. (2005) *Mantenimiento su implementación y gestión* (Segunda edición, p. 21). Argentina: Universitas.

Estos tres conceptos se pueden enfocar de forma provisional (antes del uso) o de manera operacional (durante o después del uso).

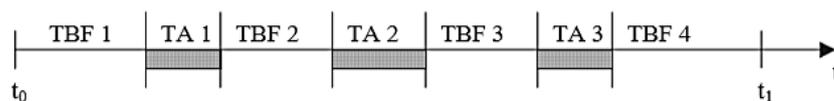
Las tres funciones precedentes, llamadas respectivamente $R(t)$, $M(t)$, $D(t)$, son funciones de tiempo.

En mantenimiento es indispensable precisar la noción de tiempo de acuerdo con la Norma X 60-015 (revisar Anexo C).

La vida de una máquina

Comprende una alternativa de paros y de “buen funcionamiento”, durante su duración potencial de utilización (=tiempo requerido= t_0 , $t_1=T O$).

FIGURA N°2.2
DURACIÓN POTENCIAL DE UTILIZACIÓN

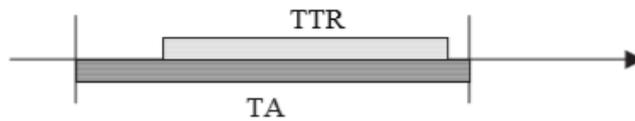


Fuente: Daniel, L. (2005) *Mantenimiento su implementación y gestión* (Segunda edición, p. 22). Argentina: Universitas.

Estas duraciones pueden ser observadas o estimadas.

Una parte variable de los TA (tiempos de paro) está constituida por los TTR (tiempos técnicos de reparación).

FIGURA N°2.3
TIEMPOS DE PARO Y TIEMPOS DE REPARACIÓN



Fuente: Daniel, L. (2005) *Mantenimiento su implementación y gestión* (Segunda edición, p. 22). Argentina: Universitas.

Indicador de disponibilidad

$$D = \frac{TO - \sum TA}{TO}$$

TO= Tiempo requerido

MTBF y MTTR

La MTBF, o media de los tiempos de buen funcionamiento , es el valor medio entre paros consecutivos, para un período dado de la vida de un dispositivo:

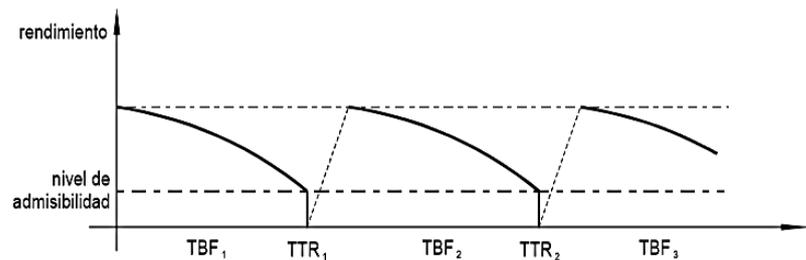
$$MTBF = \frac{\sum_0^n TBFi}{n}$$

De la misma forma, la MTTR (o media de los tiempos técnicos de reparación) será:

$$MTTR = \frac{\sum_0^n TTRi}{n}$$

Estos valores pueden ser calculados (después de observaciones), estimados, prefijados o extrapolados.

FIGURA N°2.4
RELACIÓN DE TIEMPOS DE BUEN FUNCIONAMIENTO CON
TIEMPOS TÉCNICOS DE REPARACIÓN



Fuente: Daniel, L. (2005) *Mantenimiento su implementación y gestión* (Segunda edición, p. 23). Argentina: Universitas.

2.2.1.5 Objetivos del Mantenimiento

Los objetivos de mantenimiento deben alinearse con los de la empresa y estos deben ser específicos y estar presentes en las acciones que realice el área.

Estos objetivos serán los que mencionamos a continuación:

Máxima producción:

Asegurar la óptima disponibilidad y mantener la fiabilidad de los sistemas, instalaciones, máquinas y equipos.

Reparar las averías en el menor tiempo posible.

Mínimo costo:

Reducir a su mínima expresión las fallas.

Aumentar la vida útil de las máquinas e instalaciones.

Manejo óptimo de stock.

Manejarse dentro de costos anuales regulares.

Calidad requerida:

Cuando se realizan las reparaciones en los equipos e instalaciones, aparte de solucionar el problema, se debe mantener la calidad requerida.

Mantener el funcionamiento regular de la producción sin distorsiones.

Eliminar las averías que afecten la calidad del producto.

Conservación de la energía:

Conservar en buen estado las instalaciones auxiliares.

Eliminar paros y puestas de marcha continuos.

Controlar el rendimiento de los equipos.

Conservación del medio ambiente:

Mantener las protecciones en aquellos equipos que pueden producir fugas contaminantes.

Evitar averías en equipos e instalaciones correctoras de poluciones.

Higiene y seguridad:

Mantener las protecciones de seguridad en los equipos para evitar accidentes.

Adiestrar al personal sobre normas para evitar los accidentes.

Asegurar que los equipos funcionen en forma adecuada.

Implicación del personal:

Obtener la participación del personal para poder implementar el TPM.

Implicar a los trabajadores en las técnicas de la calidad.

2.2.1.6 Las Fallas

Toda instalación destinada a producir un bien o un servicio, debe ser mantenida en condiciones que le permitan seguir en funcionamiento, logrando un producto de determinada calidad, y a un costo lo más bajo posible. Quien se dedique al mantenimiento de cualquier tipo de instalación debe ofrecer la reparación de los desperfectos que surjan y las modificaciones necesarias para que estos no aparezcan.

Para lanzar un nuevo producto se hacen los estudios de mercado (clientes y sus preferencias) y también se estudia el proceso productivo más adecuado. Mantenimiento debe conocer las posibles averías que se pueden producir en las instalaciones, maquinas o equipos y estudiar los procesos para evitarlas o, si es necesario, repararlas.

No podemos conformarnos con detectar una falla y repararla, lo importante es descubrir el origen del desperfecto y prever que no se repita en el futuro. Es una tarea de aprendizaje, utilizando la experiencia propia y ajena, que nos va permitiendo predecir cualquier inconveniente en la producción.

Definimos **Falla** como: El deterioro o desperfecto en las instalaciones, máquinas o equipos que no permite su normal funcionamiento.

La experiencia nos demuestra que no existen instalaciones, máquinas o equipos que estén libres de fallas a lo largo de vida útil, y que con una adecuada gestión de mantenimiento es posible reducir a un mínimo los perjuicios que ocasiona algún desperfecto.

En la industria se suele considerar como “avería” a cualquier anomalía que impida mantener los niveles de producción. Pero el concepto es aún más amplio y debe tener en cuenta la falta de calidad del producto, la falta de seguridad, el mal aprovechamiento de la energía disponible y la contaminación ambiental.

Las instalaciones, máquinas o equipos son diseñados para alcanzar ciertos niveles de producción, y también deben entregar un producto con una calidad esperada. Cualquier circunstancia que haga descender el nivel de calidad debe ser considerada también una “avería”.

Es importante tener en cuenta que si el estado de algún equipo pone en riesgo la seguridad de personas o el buen funcionamiento de la instalación, también estamos ante una falla.

El ambiente es esencial para cualquier actividad humana, y mantenerlo descontaminado debe ser un objetivo que en un proceso de fabricación no se puede perder de vista.

Es por ello que consideramos también una avería a cualquier polución que de alguna manera ponga en peligro el normal desarrollo de la vida humana. Es responsabilidad de quien realice el mantenimiento de una instalación asegurar que éstas cumplan con las normativas vigentes destinadas a proteger el ambiente.

Todo lo dicho anteriormente completa y ayuda a comprender mejor la definición de una avería o falla. El normal funcionamiento de una instalación implica mantener el nivel productivo, la calidad del producto, la seguridad de las personas y la calidad del medio ambiente.

Clasificación

Los distintos aspectos que una actividad productiva implica, nos permiten clasificar las fallas de la siguiente manera:

1. Fallas que afectan a la **producción**.
2. Fallas que afectan a la **calidad del producto**.
3. Fallas que comprometen **la seguridad de las personas**.
4. Fallas que **degradan el ambiente**.

Las dos primeras afectan directamente al producto sea en su cantidad y/o calidad, las otras dos afectan al entorno.

En la realidad se producen fallas que combinan algunos de los casos de ésta primera clasificación, y también se pueden hacer muchas otras clasificaciones si tomamos diferentes conceptos como parámetro.

Para comenzar trataremos de **analizar el origen de las fallas**:

- a. Mal diseño o error de cálculo en las máquinas o equipos: Se dan casos en que el propio fabricante, por desconocer las condiciones en que trabajará, realiza un diseño no adecuado de estas máquinas o equipos. Se puede estimar éste error en un 12% del total de las fallas. Este tipo de situación es muy difícil de revertir, y es probable que tengamos que asumir un alto índice de desperfectos.
- b. Defectos de fabricación de las instalaciones, máquinas o equipos: Si en la fabricación se descuida el control de la calidad de los materiales, o de los procesos de fabricación de las piezas componentes, las máquinas e instalaciones pueden poseer defectos que se subsanan reemplazando la pieza defectuosa. Este tipo de error se puede encontrar en un 10.45% del total de las fallas.

- c. Mal uso de las instalaciones, máquinas o equipos: Es la más frecuente de los casos de fallas, y se producen por falta de conocimiento del modo de operarlas, o por usarlas para realizar trabajos para los cuales fueron diseñadas. Alcanzan al 40% del total de las fallas.
- d. Desgaste natural o envejecimiento por el uso: Debido al paso del tiempo y al trabajo cotidiano de las instalaciones, máquinas o equipos estos alcanzan niveles de desgaste, de abrasión, de corrosión, etc. A este tipo de falla la estimamos en el 10.45%.
- e. Fenómenos naturales y otras causas: Las condiciones atmosféricas pueden influir en el normal funcionamiento de las instalaciones, máquinas o equipos, y junto con otro tipo de fallas pueden ocasionar roturas y paradas espurias de la producción. Las suponemos en un 27% de las fallas totales.

Esta clasificación es importante desde el punto de vista de la producción, desde la perspectiva del mantenimiento, pueden ser interesantes otros tipos de clasificaciones.

Una de las clasificaciones son aquellas que se hacen:

- a. En **función de la capacidad de trabajo** o de la instalación.
- b. En **función de la forma de aparecer** la falla.

En **función de la capacidad de trabajo**, podemos distinguir, a su vez, **averías totales y fallas parciales**. Las totales son aquellas que ponen fuera de servicio a todo el equipo y las parciales sólo a una parte de él. Dependiendo, la aparición de una o de otra, de la organización de la producción (en paralelo o en serie), y del grado de complejidad de la instalación.

Cuando en un motor encendido por chispa se avería la bobina encargada de elevar la tensión que alimenta a la bujía, estamos ante una falla total, porque el motor no puede seguir funcionando y es imprescindible reemplazar el elemento para que el sistema pueda seguir operando. Si la falla fuera sólo en una bujía, el motor podría seguir entregando energía, aunque no con la potencia normal, porque los otros cilindros que funcionan en paralelo, siguen en marcha, en este caso estamos ante una falla parcial.

Según **la forma en que aparece el problema** se puede encontrar **fallas repentinas y fallas progresivas**.

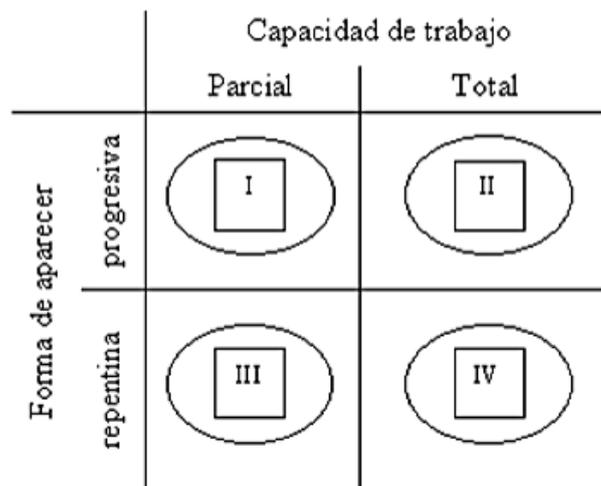
Las repentinas aparecen sin mediar un evento que pudiera anunciar la aparición de una falla, están asociadas a roturas de piezas o componentes de la instalación antes de lo previsto, o a una suma de circunstancias que no se pueden predecir. Las progresivas tienen generalmente su origen en el desgaste paulatino de algún elemento, en la abrasión, en la falta de ajuste, etc. Este tipo de falla da muchas señales antes de producirse, avisan la proximidad de una avería, y con un seguimiento se puede determinar con mucha exactitud el momento en que se producirá el desperfecto.

Siguiendo con el ejemplo del motor de combustión interna una falla repentina sería la rotura de la tapa del distribuidor, y una falla progresiva cuando se desgasta el platino. Esta es una falla que se puede detectar mucho antes de que se produzca inspeccionando el desgaste que presenta el platino, además se puede estimar la duración del elemento y programar su

recambio antes de que su estado pueda ocasionar algún inconveniente.

En un diagrama de cuatro cuadrantes podemos combinar estas dos clasificaciones.

FIGURA N°2.5
FALLAS REPENTINAS Y FALLAS PROGRESIVAS



Fuente: Daniel, L. (2005) *Mantenimiento su implementación y gestión* (Segunda edición, p. 27). Argentina: Universitas.

En el primer cuadrante ubicamos aquellas fallas que aparecen progresivamente y que no afectan a la línea de producción completa. En principio este tipo de avería es la más leve, porque con un seguimiento se puede detectar y corregir el problema antes de que se extienda a otros sectores de la instalación. Por las características del desperfecto contamos con un cierto tiempo para encontrar la solución, pero este tiempo no se debe extender mucho porque las consecuencias pueden ser cada vez peores.

En el segundo cuadrante colocamos las fallas que si bien son progresivas afectan a la instalación entera. Son más serias que las anteriores y requieren un tratamiento más urgente. En los cuadrantes siguientes, el III y el IV, va creciendo el grado de dificultad para detectar y remediar el desperfecto, como así también la urgencia con que debe ser abordado y terminado el problema.

Son muy útiles también otros tipos de clasificación de las fallas, como por ejemplo:

- a. Aquella que las distingue según la técnica que debemos aplicar para subsanarla, eléctrica, mecánica, instrumental, electrónica, etc.
- b. La que toma en cuenta si la originó otro fallo o no, distinguiendo así fallas dependientes o independientes.
- c. O bien según el tiempo que dura la falla, se clasifica en continua, intermitente o errática.

2.2.1.7 Identificación y análisis de las fallas

Es importante identificar las fallas para luego poder encarar su análisis y en base a esto solucionar los problemas, no siempre es fácil realizar ésta tarea por lo que se han desarrollado numerosas técnicas para identificar y analizar las fallas. Estas técnicas no sólo se aplican en mantenimiento, son también de utilidad para los diversos aspectos donde se implementa el mejoramiento continuo: calidad de procesos, diseño y desarrollo de productos, control de inventarios, etc. Por la facilidad de uso y funcionalidad, las técnicas gráficas son las más difundidas.

Normalmente el estudio de las fallas requiere de la identificación y análisis del problema. A continuación se desarrollan los métodos que pueden ser utilizados para tal fin.

1. Análisis de la Prioridad de Reparación

Para establecer la importancia entre los diferentes equipos y poder determinar la prioridad que será requerida por cada máquina, es conveniente estudiar cada equipo con respecto al conjunto de instalaciones con que cuenta la empresa.

Este análisis conviene realizarlo según los siguientes factores;

a. Influencia sobre Producción:

- Porcentaje de tiempo de uso del equipo.
- Equipo duplicado o posibilidad de recuperar la producción con otro equipo.
- Influencia sobre los otros elementos productivos.

b. Importancia sobre la calidad:

- Pérdidas por no cumplir requisitos de calidad.
- Influencia del equipo en la calidad final del producto.

c. Influencia sobre el Mantenimiento:

- Frecuencia o costo de las averías.
- Número de horas paradas por mes.
- Grado de especialización del equipo y personal para atenderlo.

d. Importancia sobre Costos de Mantenimiento:

Estos valores dependerán del tipo de maquinaria de la planta.

e. Según Medio Ambiente:

- Influencia importante.
- Influencia relativa

f. Según la seguridad:

- Riesgo de las personas.
- Riesgo de los equipos.

2. Procedimientos para analizar los Problemas

Antes de investigar un problema, es fundamental asegurarse de que se lo comprende perfectamente. Esto supone definir los síntomas del problema y comprender el proceso que lo provoca, así se evita desperdiciar esfuerzos innecesariamente. Cuando se comprende y define un problema se ha avanzado bastante en su resolución.

a. El Diagrama de Pareto

Frecuentemente el personal técnico de mantenimiento y producción debe enfrentarse a problemas que tienen varias causas o son la suma de varios problemas. El Diagrama de Pareto permite seleccionar por orden de importancia y magnitud, las causas o problemas que se deben investigar hasta llegar a conclusiones que permitan eliminarlos de raíz.

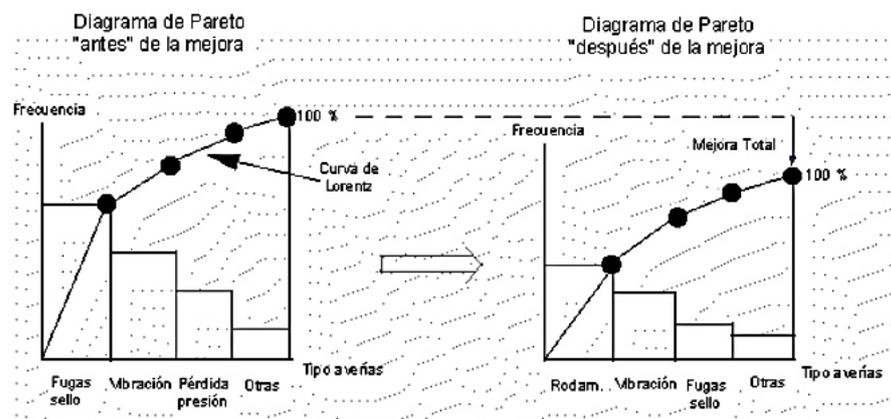
La mayoría de los problemas son producidos por un número pequeño de causas, y estas son las que interesan descubrir y eliminar para lograr un gran efecto de mejora. A estas pocas causas que son las responsables de la mayor parte del problema se las conoce como causas vitales. Las causas que no aportan en magnitud o en valor al problema, se las conoce como causas triviales.

Las causas triviales aunque no aporten un valor a la mejora, no significan que se deban dejar de lado o

descuidarlas. Se trata de ir eliminando en forma progresiva las causas vitales. Una vez eliminadas éstas, es posible que las causas triviales se lleguen a transformar en vitales.

El Diagrama de Pareto es un instrumento que permite graficar por orden de importancia, el grado de contribución de las causas que estamos analizando o el conjunto de problemas que queremos estudiar. Se trata de clasificar los problemas y/o causas en vitales y triviales.

FIGURA N°2.6
DIAGRAMA PARETO COMPARATIVO ANTES Y DESPUÉS DE LA MEJORA



Fuente: Daniel, L. (2005) *Mantenimiento su implementación y gestión* (Segunda edición, p. 31). Argentina: Universitas.

Para construir el diagrama de Pareto se pueden seguir los siguientes pasos:

Paso 1, en el primer paso se decide la clase de problema que será investigado. Se define el cubrimiento del análisis, si se realiza a una máquina completa, una línea o un sistema de cierto equipo. Se decide que datos serán

necesarios y la forma de clasificarlos. Este punto es fundamental, ya que se pretende preparar la información para facilitar su estratificación posterior.

Paso 2, preparar una hoja de recogida de datos. Si la empresa posee un programa informático para la gestión de los datos, se preparará un plan para realizar las búsquedas y la clasificación de la información que se desea. Es en este punto cuando se puede realizar la estratificación de la información sugerida anteriormente.

Paso 3, clasificar en orden de magnitud la información obtenida. Se recomienda indicar con letras (A, B, C,...) los temas que se han ordenado.

Paso 4, dibujar dos ejes verticales (izquierda y derecha) y otro horizontal.

Eje vertical.

- a. En el eje vertical a la izquierda se marca una escala desde 0 hasta el total acumulado.
- b. En el eje vertical de la derecha se marca una escala desde 0 hasta 100%.

Eje vertical.

Se divide este eje en un número de intervalos de acuerdo al número de clasificaciones que se pretende realizar. Es allí donde se escribirá el tipo de avería que se ha presentado en el equipo que se estudia.

Paso 5, construir el diagrama de barras.

Paso 6, marcar con un punto los porcentajes acumulados y unir comenzando desde cero cada uno de estos puntos con líneas rectas obteniendo como resultado la curva acumulada. A esta curva se le conoce como la curva de Lorentz.

Paso 7, escribir notas de información del diagrama como título, unidades, nombre de la persona que elaboró el diagrama, periodo comprendido y número total de datos.

Resumiendo, un diagrama de Pareto es el primer paso para eliminar las averías importantes del equipo. En todo estudio los siguientes aspectos se deben tener en cuenta:

- Toda persona involucrada deberá colaborar activamente.
- Concentrarse en la variable que mayor impacto produzca en la mejora.
- Establecer una meta para la mejora.

Con la cooperación de todos se podrán obtener excelentes resultados. Uno de los objetivos del Diagrama de Pareto es el de mostrar a todas las personas, las áreas prioritarias en que se deben concentrar todas las actividades y el esfuerzo del equipo.

El Diagrama de Pareto presenta claramente la magnitud relativa de los problemas y suministra a los técnicos una base de conocimiento común sobre la cual trabajar. Una sola mirada basta para detectar cuáles son las barras del diagrama que componen el mayor porcentaje de los problemas. La experiencia demuestra que es más fácil

reducir a la mitad una barra alta, que reducir una barra de poca altura a cero.

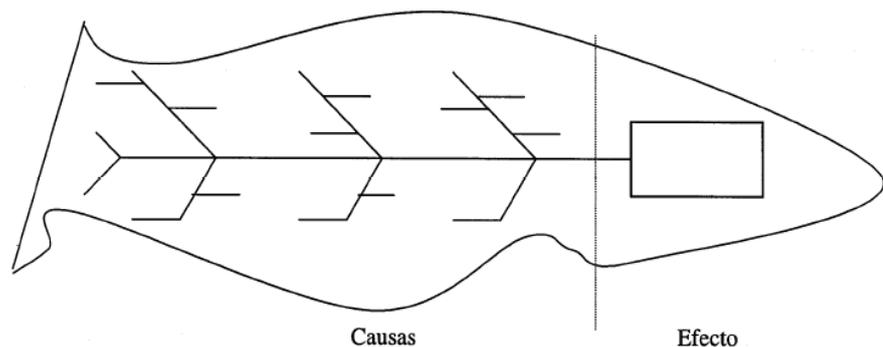
b. El Diagrama Causa – Efecto

Este diagrama se utiliza para representar la relación entre algún efecto y todas las causas posibles que lo pueden originar.

Todo tipo de problemas, como el funcionamiento de un motor o una lámpara que no enciende, puede ser sometido a éste tipo de análisis.

Generalmente, se lo presenta con la forma del espinazo de un pez, de donde toma el nombre alternativo de Diagrama de espina de pescado. También se lo llama como Diagrama de Ishikawa que es quien lo impulsó.

FIGURA N°2.7
DIAGRAMA DE ISHIKAWA O ESPINA DE PESCADO



Fuente: Daniel, L. (2005) *Mantenimiento su implementación y gestión* (Segunda edición, p. 39). Argentina: Universitas.

Los diagramas de causa efecto se construyen para ilustrar con claridad cuáles son las posibles **causas** que producen

el problema. U eje central se dirige al **efecto**. Sobre el eje se disponen las posibles causas. El análisis causa-efecto, es el proceso mediante el cual se parte de una definición precisa del efecto que se desea estudiar. Posteriormente, se disponen todas las causas que pueden provocar el efecto. A las causas conviene agruparlas por tipos, al modo de ejemplo las originadas por motivos eléctricos, otras por elementos mecánicos, hidráulicos, etc. Cada grupo se dispone en un subeje.

El análisis causa – efecto puede dividirse en tres etapas:

- Definición del efecto que se desea estudiar.
- Construcción del diagrama causa – efecto.
- Análisis causa-efecto del diagrama construido.

La definición del efecto que se desea estudiar representa la base de un eficaz análisis. Efectivamente, siempre es necesario efectuar una precisa definición del efecto objeto de estudio. Cuanto más definido se encuentre éste, tanto más directo y eficaz podrá ser el análisis de las causas. Así si el motor del automóvil no arranca, ¿Cuáles puede ser las causas de la falta de arranque? Evidentemente las causas posibles pueden ser múltiples.

Si se definiera el efecto como, el motor no arranca cuando está muy frio y el vehículo se encuentra a la intemperie, en este caso el análisis será más preciso y estamos eliminando una serie de causas que no corresponden a la situación del vehículo. Invirtiendo el razonamiento se puede decir que cuando más indefinido se exprese el efecto que se desea estudiar, tanto más amplio e indeterminado será

el diagrama causa-efecto y por lo tanto, más vago y de mayor complejidad el análisis y resolución del problema.

Cuando se tiene bien definido el efecto que se desea estudiar, se puede proceder a las dos fases sucesivas si se tiene la prudencia de separar la fase segunda- construcción del diagrama- de la fase tercera- análisis y valoración de las diversas causas.

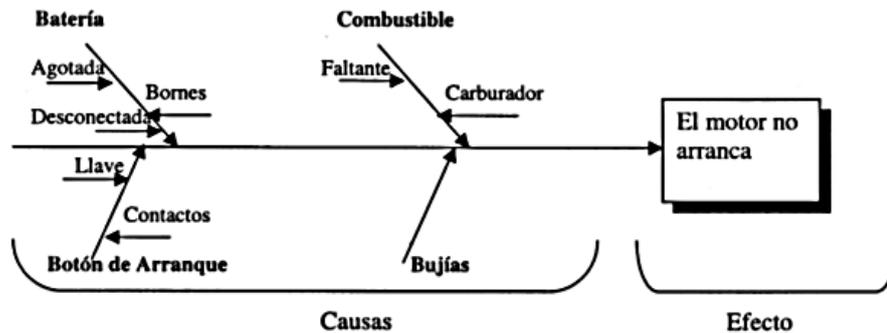
De este modo es posible garantizar que la definición de las posibles causas sea innovadora y creativa, mientras que el análisis crítico de las causas debe ser lo más realista posible. En realidad cuanto más ideas y sugerencias contenga el diagrama causa- efecto, tanto más eficaz será para la determinación de la causa o las causas (ya que el problema puede ser originado por más de una).

Construcción de Diagrama Causa- Efecto

La construcción del diagrama causa-efecto se inicia escribiendo el efecto que se desea estudiar en el lado derecho de una hoja de papel. A ello debe seguir la búsqueda de todas las posibles causas que sobre él influyen. Para esa búsqueda se pueden seguir tres métodos, que se diferencian por la forma en que se realizan. Son los siguientes:

1. Método por Clasificación de las Causas
2. Método por Fases del Proceso
3. Método por Enumeración de las Causas

FIGURA N°2.8
EJEMPLO DE ISHIKAWA POR ENUMERACIÓN DE CAUSAS



Fuente: Daniel, L. (2005) *Mantenimiento su implementación y gestión* (Segunda edición, p. 40). Argentina: Universitas.

c. Método de las 5M

Conforme al presente método se procede a analizar el problema y a definir las posibles causas, generalmente este proceso se realiza con el grupo de trabajo encargado de la resolución del problema.

Para la aplicación de este método se sigue un orden para considerar las causas de los problemas, partiendo de la premisa que estas, están agrupadas según cinco criterios y por ello se denomina de las 5M.

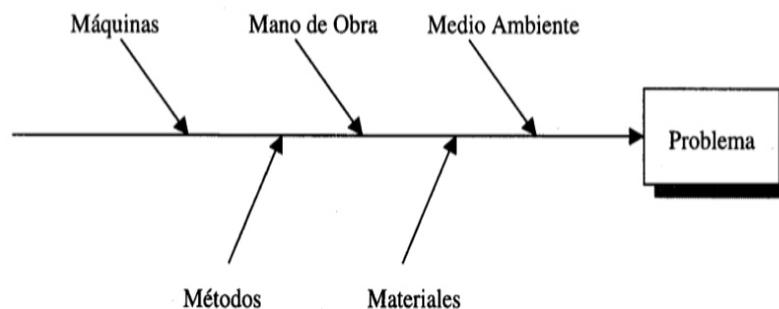
Las M corresponden a:

1. Máquinas
2. Mano de Obra
3. Métodos
4. Materiales
5. Medio Ambiente

Las 5 M suelen ser generalmente un punto de referencia que abarca casi todas las principales causas de un problema, por lo que constituyen los brazos principales del diagrama causa-efecto.

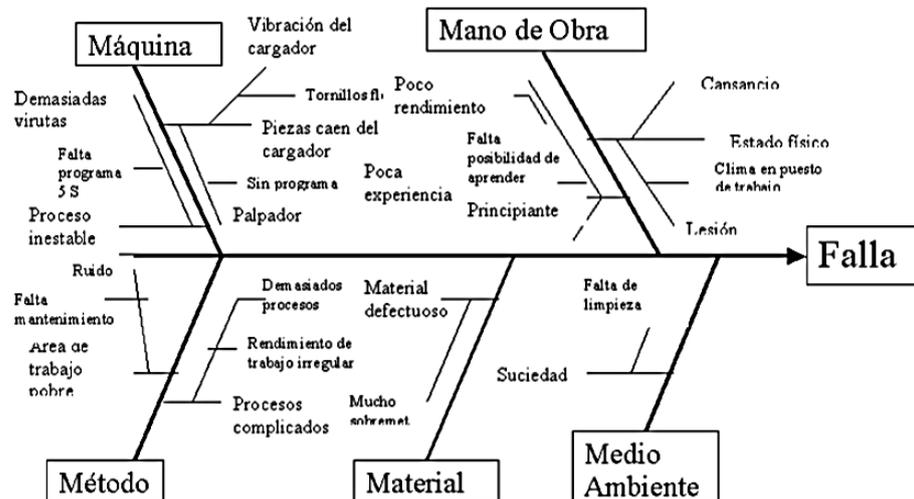
La estructura básica de las 5M procede de una “Lluvia o Tormenta de Ideas” (Brainstorming), que consiste en generar tantas ideas como sea posible dejando que el pensamiento creativo de cada persona del grupo las exponga libremente. Las subdivisiones en base a las 5 M, además de organizar las ideas, estimulan la creatividad. En ésta fase quienes intervienen deben liberarse de preconceptos, en caso contrario se puede condicionar la búsqueda a las soluciones que ya se han propuesto o probado y que no han aportado la solución. Las causas sugeridas se incluyen situándolas en el brazo correspondiente.

FIGURA N°2.9
MÉTODO DE LAS 5M



Fuente: Daniel, L. (2005) *Mantenimiento su implementación y gestión* (Segunda edición, p. 42). Argentina: Universitas

FIGURA N°2.10
LLUVIA DE IDEAS



Fuente: Daniel, L. (2005) *Mantenimiento su implementación y gestión* (Segunda edición, p. 42). Argentina: Universitas.

d. Método Brainstorming

Este método Brainstorming que traducido a nuestro idioma significa "Tormenta de Ideas" consiste básicamente en que todos los participantes expongan sus ideas, que las mismas sean anotadas, luego comentadas, para finalmente llegar a conclusiones.

Para llevar a cabo ésta actividad es conveniente establecer un orden de prioridades, y continuar con los siguientes pasos:

Nombrar a un moderador del grupo, quien debe asegurar que todos comprendan el problema. Será el encargado de observar que se anoten las ideas que se propongan en un lugar visible, preferentemente construyendo el diagrama.

1. Antes de iniciar la propuesta de ideas, dar 5 a 6 minutos en silencio pensando en el problema en forma individual.
2. Por turnos, cada miembro enuncia una idea. No se permiten comentarios ni críticas. En ésta etapa sólo pueden intervenir el encargado de anotar las ideas y a quien le corresponde el turno.
3. Cuando alguno de los participantes no tenga idea para sugerir, el moderador esperará poco tiempo y pasará al turno de quien continua. Cuando las ideas hayan comenzado a agotarse aproximadamente a los 30 minutos, el grupo analiza y discute las ideas anunciadas. Las ideas duplicadas o relacionadas se agrupan. Se pueden descartar las ideas que no tienen fundamento serio, siempre sin realizar críticas.
4. De todas las ideas se analizan cuáles pueden ser las más probables. Se puede aplicar el diagrama de Pareto y sobre las causas que concentran la atención, realizar un relevamiento de datos.

En algunos casos la causa puede estar en más de alguna categoría, según la decisión del grupo se la dispone por mayoría en las distintas categorías o en la que se considere más indicada. La revisión directa del diagrama puede impulsar al grupo a decidir una profundización de la investigación en un área determinada.

A continuación de igual forma para poder clasificar los tipos de Mantenimiento, hemos tomado como referencia a González Carvajal, Ramón Gabriel (2009)

Implementación del Mantenimiento Predictivo basado en el análisis de vibración en los compresores de tornillo de una empresa procesadora y enlatadora de productos del mar (p. 24). Barcelona. Y estos conceptos serán abarcados por el punto 2.2.1.8 que a continuación detallamos:

2.2.1.8 Tipos de mantenimiento

1. Mantenimiento Correctivo, es una actividad que se realiza después de la ocurrencia de una falla. El objetivo de este tipo de mantenimiento consiste en llevar a los equipos después de una falla a sus condiciones originales, por medio de restauración o reemplazo de componentes o partes de equipos, debido a desgaste daños o rotura.

2. Mantenimiento Preventivo, es una actividad planificada en cuanto a inspección, detección y prevención de fallas, cuyo objetivo es mantener los equipos bajo condiciones específicas de operación. Se ejecuta a frecuencias dinámicas, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, las condiciones operacionales y al historial de falla de los equipos.

3. Mantenimiento Predictivo, es una actividad que consiste en el seguimiento organizado con medición periódica o continua de variables de estado en un sistema, máquina o equipo y su comparación con patrones preestablecidos, para la determinación del instante en que se debe producir la intervención de mantenimiento, con el fin de corregir la fallas a tiempo y evitar detención de la producción.

a. Ventajas del mantenimiento predictivo

- Determinación, óptima del tiempo para realizar el mantenimiento preventivo, aprovechamiento máximo de la reserva de uso de piezas y equipos, mejor gestión del inventario de repuestos y reducción al mínimo de las emergencias correctivas.
- Ejecución sin interrumpir ni alterar el normal funcionamiento de instalaciones y equipos.
- Mejora del conocimiento sobre el funcionamiento y estructura del sistema.
- Mejora de las condiciones de higiene y seguridad en la planta (control de ruido, vibraciones, emisiones tóxicas, etc)
- Mejora del control de fiabilidad de los elementos y contribuye a la consecución de información suplementaria para los fabricantes.

b. Desventajas el mantenimiento predictivo

- Limitaciones a la hora de elegir las instrumentaciones de medida y diagnóstico, derivadas de la necesidad de no apartar a la máquina de su funcionamiento normal durante el proceso de análisis.
- Mayores inversiones iniciales ya que la amortización de un sistema de mantenimiento predictivo resulta inicialmente costosa y debido a la incorporación de los equipos de medida y recolección de datos.
- Necesidad de un nivel de formación para los técnicos de mantenimiento, pues deben de estar familiarizados con el manejo de equipos de alto nivel tecnológico y conocer a profundidad tanto el funcionamiento de las máquinas como las disciplinas relacionada con ella.

c. Limitaciones en la aplicación del mantenimiento predictivo

- No se aplica a aquellos sistemas en los que existen reglamentos o normas que estipulan el número máximo de horas de funcionamiento de las instalaciones o máquinas; en este caso se aplica el mantenimiento preventivo programado según dichos intervalos.
- Tampoco se aplica en aquellos sistemas en los que la detección de avería es costosa y/o poco fiable, ni en aquellos en los que la reposición se puede realizar a bajo costo y de forma inmediata.

Ahora de igual forma para poder continuar con la parametrización de conceptos y puntos relevantes acerca del Mantenimiento, seguimos con la referencia de Daniel, L. (2005) en su libro *Mantenimiento su implementación y gestión* (Segunda edición, p. 221-239). Argentina: Universitas.

Estos conceptos irán demarcados desde el 2.2.1.9 que habla sobre la Gestión del Mantenimiento hasta el 2.2.1.16 que habla sobre la gestión de almacén.

2.2.1.9 Gestión de Mantenimiento

El desempeño de la gestión de mantenimiento se basa en actuar sobre todos los aspectos de importancia para el óptimo funcionamiento de la empresa.

El departamento de mantenimiento no debe limitarse solamente a la reparación de las instalaciones, sino también debe pilotear los costos de mantenimiento, recursos humanos y almacenes a fin de desarrollar una óptima gestión de mantenimiento.

2.2.1.10 Implementación de la Gestión en Mantenimiento

La implementación de la gestión en mantenimiento, tiene como primera fase **definir un plan directriz de actuación.**

este plan debe establecer la descripción de las diferentes etapas que se llevarán a cabo para la implementación definitiva de la gestión de mantenimiento, que deberá guardar coherencia con el plan estratégico de la empresa.

2.2.1.11 Análisis de la Situación

Para la elaboración del plan es necesario realizar un análisis de la situación de la empresa y de su entorno, las características de funcionamiento y los recursos con que cuenta. En esta etapa descubrimos que es lo que realmente estamos haciendo, y cómo lo estamos desarrollando.

Nos interesa conocer cuáles son las instalaciones de la empresa, sus características particulares, el estado de situación del almacén de repuestos y sus recursos, como así también los recursos humanos.

2.2.1.12 El Plan de Mantenimiento

Para realizar el plan es conveniente aplicar el método por fases denominado P.D.C.A. que se basa en la aplicación de un proceso de acción cíclica que consta de cuatro fases fundamentales, indicadas en el siguiente esquema.

P.D.C.A. significa:

P = Plan = Planificar

D = Do = Ejecutar

C = Check = Controlar

A = Act = Actuar

En base a este proceso se desarrolla el plan directriz de actuación que consta de las siguientes etapas:

Planificar: en base a la situación actual y los recursos de que se disponen, debemos definir los objetivos que queremos cumplir con la gestión de mantenimiento y realizar el plan de mantenimiento, fijar los objetivos, e ir avanzando y asegurando cada uno de ellos, cuanto más concreto sea el objetivo a cumplir, será más fácil alcanzarlo.

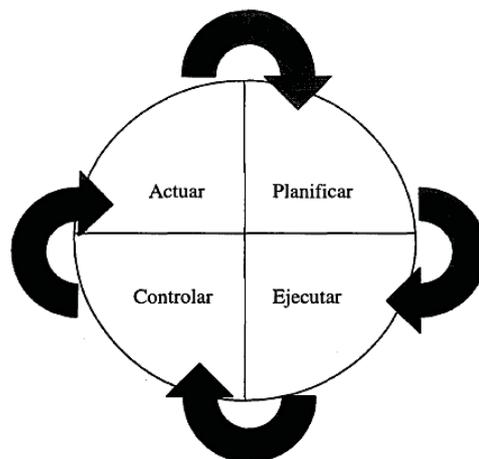
Ejecutar el plan: una vez fijado el punto de partida y los objetivos a los que se quiere llegar, debemos gestionar los recursos disponibles para lograrlos.

Controlar: es necesario evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos marcados, el control de los resultados se realizará en comparación con las metas prefijadas.

Actuar: si existen desviaciones entre el modelo prefijado y los resultados, se debe proceder a corregir actuando sobre la planificación y la ejecución, estableciéndose así la retroalimentación al sistema.

FIGURA N°2.11

CICLO PDCA



Fuente: Daniel, L. (2005) *Mantenimiento su implementación y gestión* (Segunda edición, p. 224). Argentina: Universitas

2.2.1.13 El tablero de a Bordo

El tablero de a bordo es la exposición dinámica del diagnóstico del servicio de mantenimiento.

Es un conjunto de informaciones seleccionadas y ordenadas que caracterizan el estado y evolución del servicio de mantenimiento.

De allí que el tablero de a bordo es el producto final de un sistema integrado de información para el control de gestión, su función es informar a la dirección, a través de ratios, la marcha de la gestión, el grado de cumplimiento de los objetivos estratégicos, tácticos y operativos.

1. Metodología para la Definición del Tablero de a Bordo

Para la elaboración de un tablero de a bordo es necesario seguir un método adecuado y es por ello que proponemos cumplir con los peldaños que a continuación proponemos:

- Conocer y entender cuál es la principal actividad, comprender la visión, la misión, la estrategia, los recursos humanos, técnicos, financieros e infraestructura.
- Detectar las áreas importantes donde se realizará el diagnóstico y reconocer: áreas de éxito, aquellas que crean ventajas competitivas y áreas de riesgo que son aquellas en las que se encuentran las debilidades.
- Establecer la dirección y sentido de las tendencias de los indicadores.
- Presentar gráficos y cuadros que muestren la información de manera que su lectura resulte rápida y de comprensión directa.
- Establecer los medios de validación de la información básica primaria.

2. Análisis del tablero de a bordo

De su análisis se podría deducir:

- Si el trayecto en general de la misión se mantiene dentro de un rumbo prefijado.
- Si los resultados de las técnicas implementadas son los esperados o se han salido fuera de tolerancia.
- Qué objetivos deberían ser revisados o cambiados.
- Quién o quiénes han tenido un desempeño por encima o por debajo de lo previsto.

Logrado el primer objetivo del control de gestión que consiste en definir la información, será necesario asegurar el mantenimiento y validación permanente de esa información.

Para esto el control de gestión debe procederse a convertir ese cúmulo de información simple en información secundaria, más pulida, más apropiada para la toma de decisiones tanto tácticas como estratégicas.

La información secundaria es lo que reside en el tablero de a bordo.

A fin de administrar y ordenar la información, podemos dividirla en tres etapas:

- La primera etapa consiste en crear y mantener la información básica.
- La segunda consiste en el manipuleo y cruzamiento de los índices y evaluaciones. En él, se exponen los sensores encargados de vigilar la marcha de la organización, brindando en tiempo y forma las mediciones necesarias para contar con el adecuado diagnóstico de la situación.
- La tercera etapa cuyas conclusiones también integran el tablero de a bordo, implica una tarea mucho más compleja y comprometida: consiste en aplicar una suma de conocimientos, experiencia e idoneidad, para extraer

conclusiones válidas y certeras acerca del significado de los indicadores obtenidos.

Si tenemos en cuenta las **variables, índices y evaluaciones** es conveniente referirse a **tres perspectivas de tiempo** fundamentales:

- a. La historia ¿Cómo ha evolucionado la situación de los índices y variables través del tiempo, antes del presente?
- b. El presente. ¿Cuál es la situación real de hoy?
- c. La tendencia hacia el futuro ¿Cómo se piensa que evolucionarán esos mismos indicadores y variables en el futuro?

3. Ratios de mantenimiento

Un ratio es un indicador del tablero de a bordo formado por la relación de dos dimensiones cuantificadas que puede ser de naturaleza diferentes.

$$\text{Ejemplo} = \frac{\text{Gasto total de Mantenimiento}}{\text{Unidades de producción}}$$

El indicador permite la comparación de datos externos o internos.

2.2.1.14 Control de Gestión

El control de gestión es el conjunto de indicadores que señalan oportunamente la necesidad de ajustar la acción a través de decisiones extraordinarias o ajustar los planes vigentes.

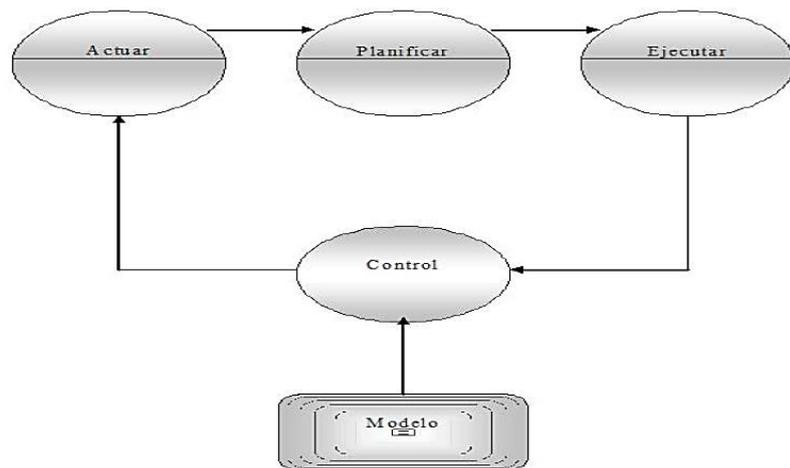
1. Los objetivos del control de gestión

- Garantizar que las acciones y decisiones correspondan a los objetivos de mantenimiento y no a intereses sectoriales o personales.

- Proporcionar una rápida visión de conjunto integral.
- Verificar el cumplimiento de los objetivos planificados.
- Ayudar a la toma de decisiones de acción y replanteamiento.
- Utilización eficiente de recursos.
- Encaminar los esfuerzos en forma coherente en dirección a los objetivos de la organización.
- Optimizar los sistemas de comunicación.
- Coordinación eficiente de tareas y procedimientos.
- Promover el estilo de dirección participativo.

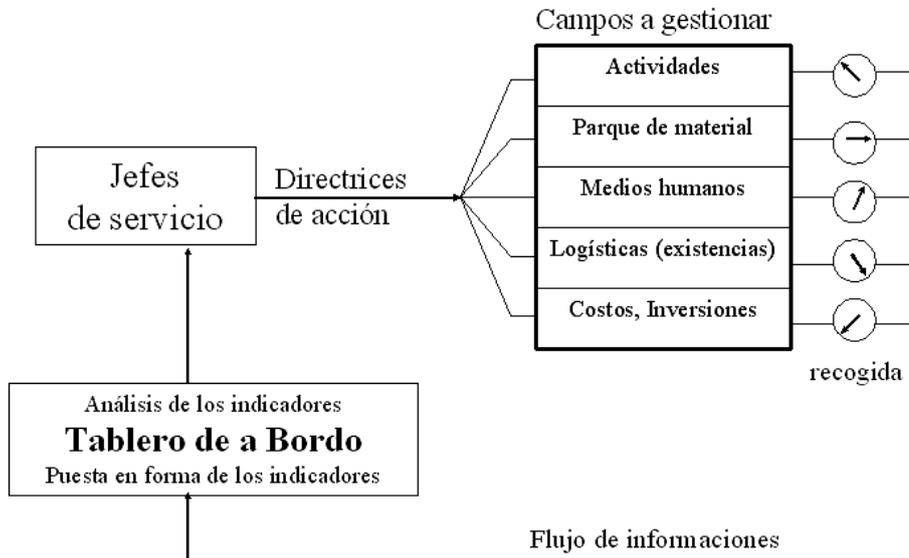
En el siguiente diagrama de gestión interactiva se indica la etapa de control, el siguiente esquema muestra su aplicación a mantenimiento.

FIGURA N°2.12
DIAGRAMA DE GESTIÓN INTERACTIVA DE
MANTENIMIENTO



Fuente: Daniel, L. (2005) *Mantenimiento su implementación y gestión* (Segunda edición, p. 232). Argentina: Universitas.

FIGURA N°2.13
MODELO INTERACTIVO DE MANTENIMIENTO



Fuente: Daniel, L. (2005) *Mantenimiento su implementación y gestión* (Segunda edición, p. 233). Argentina: Universitas.

2. Factores que inciden en un Sistema de Control de Gestión

Los factores que inciden en un sistema de control de gestión están ligados al ritmo del cambio e innovaciones, al tiempo que es necesario para conocer la reacción ante una determinada acción y a la variedad y cantidad de centros de responsabilidad.

Los ámbitos de aplicación de control son los centros de costos, los de beneficios y aquellos en que por el tipo de empresa, sean relevantes.

En estos sistemas es importante, la eficacia del sistema de contabilidad como instrumento de dirección, la subsistencia de incentivos como base motivacional, la identificación de

puntos clave de control, la selección de indicadores adecuados, la definición de parámetros de comparación y la asignación de atributos para cada indicador.

3. Instrumentos de un Sistema de Control de Gestión

Dentro de los más útiles y frecuentes podemos mencionar al diagrama de proceso, flujo, forma y procedimientos, el diagrama de disposición de máquinas, el cuestionario de eficiencia operativa, el de estudio de tiempos y métodos y el de validación de controles por técnicas de muestreo.

4. Conclusiones

El control de la gestión, es la herramienta que la dirección necesita, importante para encarar con posibilidad de éxito y luchar por la competitividad, la rentabilidad y la eficiencia.

El informe de la gestión, se nutre a partir de los datos presentes en el sistema de información, ofrece el tablero de control como elemento fundamental para el diagnóstico y la toma de decisiones.

2.2.1.15 Costos de Mantenimiento

Tenemos que descartar la importancia que tiene en mantenimiento conseguir que los costos sean lo más bajo posible.

El costo de mantenimiento en las reparaciones es un componente entre otros del precio del producto, independientemente de la gestión del mantenimiento, por lo tanto siempre existirán gastos que se deben asumir, y veremos cómo influyen los gastos de mantenimiento en los costos generales de la empresa.

Los costos de mantenimiento de un producto se sitúa sobre el 5 – 12% del total.

1. Los Costos y su División

Los costos de mantenimiento según los diferentes aspectos, podemos agruparlos en cuatro bloques:

CFJ: Costos Fijos

CV: Costos Variables

CFN: Costos Financieros

CFA: Costo por Falla

2. Costos Fijos

La principal característica de estos costos es que no dependen del volumen de la producción y de las ventas.

Dentro de estos costos podemos destacar el personal administrativo, el de limpieza, la mano de obra indirecta, las amortizaciones, los alquileres y el propio de mantenimiento, entre otros.

Estos costos fijos de mantenimiento están compuestos, principalmente, por la mano de obra y materiales necesarios para realizar el mantenimiento preventivo.

Este gasto tiende a asegurar el estado de la instalación a medio y largo plazo. La disminución del presupuesto y recursos destinados a este gasto fijo, limita la cantidad del mantenimiento preventivo aunque en un primer momento supone un ahorro para la empresa. Este ahorro implica un menor índice de fiabilidad en el estado de las máquinas, equipos, instalaciones y sistemas.

3. Costos Variables

Estos costos son proporcionales a la producción realizada, es decir que son costos que como su nombre lo indica varían conforme a la producción.

Dentro de estos costos se encuentran los de embalaje, materias primas, energía, etc. Y los costos variables de mantenimiento, como por ejemplo la mano de obra directa necesaria para el mantenimiento correctivo. Este mantenimiento puede producirse por consecuencia de las averías imprevistas o por las reparaciones que debemos realizar por indicación de los otros tipos de mantenimiento.

Resulta difícil reducir este tipo de erogación en mantenimiento, ya que está directamente ligado a la necesidad de efectuar una reparación para poder seguir produciendo, no obstante se puede reducir este tipo de gasto evitando que se produzcan averías en forma inesperada.

4. Costos Financieros

Los costos financieros referidos al mantenimiento son los que surgen tanto del valor de los repuestos como también las amortizaciones de las máquinas que se encuentran en reserva para asegurar la producción.

Los costos del almacenamiento de los repuestos en el almacén, necesarios para poder realizar las reparaciones implican un desembolso de dinero para la empresa, que limita su liquidez. Si los repuestos son utilizados con cierta frecuencia nos encontramos con un costo financiero bajo, dado que esta inversión contribuye a mantener la capacidad

productiva de la instalación. Sin embargo, cuando las piezas de recambios tardan mucho tiempo en ser utilizados, estamos frente a un costo financiero alto, ya que no produce ningún beneficio para la empresa.

Dentro de estos costos financieros debe tenerse en cuenta el costo que supone tener ciertas instalaciones o máquinas duplicadas para obtener una mayor fiabilidad, para ello es necesario montar en paralelo una máquina o instalación similar que permita la reparación de una de ellas, mientras que la otra sigue funcionando. El costo de esta duplicidad suele no tenerse en cuenta a la hora de los cálculos de los costos de mantenimiento.

5. Costo por Falla

Estos costos generalmente implican una mayor significación pecuniaria, premisa que se cumple tanto para empresas productivas como para empresas de servicios.

El costo por falla se refiere al costo o pérdida de beneficio que la empresa tiene por causas relacionadas directamente con mantenimiento.

a. Empresas Productivas

En este tipo de empresas los costos de falla se deben fundamentalmente a:

- Pérdidas de materia prima.
- Descenso de la productividad de la mano de obra como consecuencia de la realización de reparaciones por parte de mantenimiento.

- Pérdidas de energía por malas reparaciones o por no realizarlas, como ejemplo podemos citar las fugas de vapor, aislamientos térmicos defectuosos, etc.
- Rechazos de productos por falta de calidad adecuada.
- Producción perdida durante la reparación no programada.
- Contaminación del medio ambiente, debido a reparaciones realizadas en forma defectuosa o por no haberlas realizado, estas implican desembolsos importantes de dinero para la empresa.
- Averías que pongan en riesgo a las personas o a las instalaciones.

A los costos que pueden generar estos hechos se les debe adicionar el importe de las reparaciones para volver a la normalidad. En muchos casos el costo directo de la reparación puede ser pequeño frente al costo por falla que se puede originar.

El costo de falla en empresas productivas será mayor en la medida que mayor sea la automatización y la amortización de la instalación. En una situación más comprometida respecto de estos costos, se encontrarán las empresas que trabajan con el método Just in Time, cero stock.

Se podría calcular en forma simplificada el costo por falla, sumando los costos fijos durante el tiempo de la reparación más el beneficio que se deja de obtener la empresa en este mismo periodo.

b. Empresas de Servicios.

En estos casos es difícil cuantificar el costo de la falla, no obstante pueden tomarse indicadores como el tiempo necesario para realizar las reparaciones y el tipo de avería, cuantificándolas.

En este tipo de empresa la falta de producción no será un factor dominante del costo de falla, sin embargo puede tener efectos indirectos como por ejemplo: si en una confitería falla continuamente la iluminación o se rompe con frecuencia la cafetera o la caja registradora, el costo por falla puede originar la pérdida de clientela e imagen.

Otro ejemplo representativo puede ser una empresa de transporte de carga, a la cual no se le realiza el correspondiente mantenimiento preventivo, y por tal motivo los medios de carga (camiones, aviones, barcos) sufren fallas periódicas, lo que ocasiona el retraso en las entregas de las mercaderías, no permitiendo cumplir con los contratos, teniendo que pagar multas y perdiendo clientela.

6. Costo Total de Mantenimiento

Si sumamos estos costos: fijos, variables, financieros y los que se producen por falla, obtendremos el Costo Total de Mantenimiento, este costo nos dará una idea global de la gestión de mantenimiento.

CTT = Costo Total de Mantenimiento

CTT = CFJ + CV + CFN + CFA

7. Costo óptimo o de equilibrio

La Gestión de Mantenimiento debe realizar un control integral de los costos que contemple todos los aspectos relacionados con la empresa, no resulta suficiente conseguir disponibilidades altas o costos bajos.

Este control debe estar dirigido a todos los aspectos que de una u otra manera pasan por sus manos y que afectan el desarrollo de la empresa y la obtención del máximo beneficio posible.

Si recordamos los costos del mantenimiento que hemos visto anteriormente vemos que estos no son independientes entre sí, sino que se relacionan directa o inversamente.

Incrementaremos los costos financieros cuando dispongamos de instalaciones, sistemas, máquinas o equipos duplicados, pero reduciremos los costos por falla. Si aumentamos los costos en mantenimiento preventivo, las fallas reducirán su frecuencia y gravedad, por lo que también lo hará el costo del mantenimiento correctivo. El aumento de los costos del mantenimiento preventivo tiende a disminuir los del correctivo pero en proporciones diferentes. Los costos del correctivo no pueden estimarse con antelación, mientras que los preventivos parten de una planificación.

Un exceso en la realización del mantenimiento preventivo acaba por hacer descender la disponibilidad al necesitar que el equipo esté fuera de servicio más de lo necesario.

También habrá que analizar la posibilidad de realizar mantenimiento predictivo, ya que este ayudará también a reducir el mantenimiento correctivo. Este tipo de mantenimiento reduce su costo en la medida que aumentan las máquinas y equipos a controlar.

Es menester establecer un equilibrio en los costos para llegar a un costo óptimo. La gestión propia de mantenimiento debe buscar el punto de menor costo y adecuar la aplicación de los distintos tipos de mantenimiento para mantenerse en un punto.

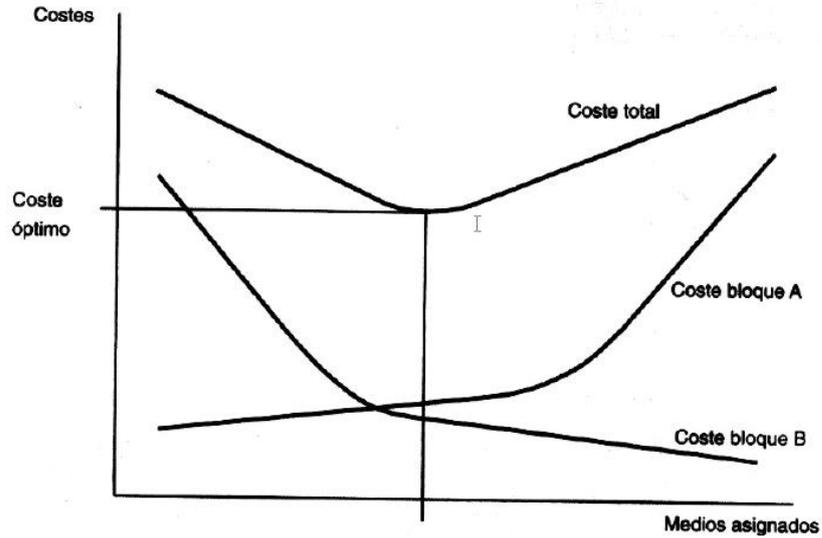
Para encontrar este costo óptimo se pueden desagregar sus componentes, realizar una tabla, graficarlos y de esta forma encontrar el punto de menos valor sobre la curva de costos totales; este será entonces el costo óptimo o de equilibrio.

TABLA N°2.1
COMPONENTES QUE INFLUYEN EN COSTOS

Bloque A	Bloque B
Mano de obra mantenimiento preventivo.	Mano de obra mantenimiento correctivo por averías.
Mano de obra mantenimiento programad.	Repuestos para averías.
Repuestos programados.	
Mano de obra indirecta.	Costes de fallo
Pinturas, lubricantes, etc.	
Costes financieros	Costes energéticos
Paradas para mantenimiento preventivo	Costes ambientales

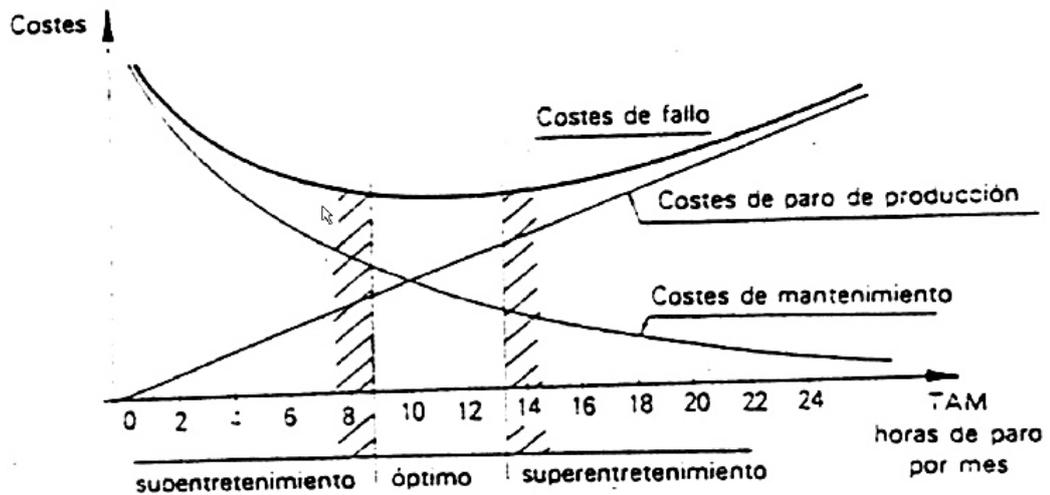
Fuente: Daniel, L. (2005) *Mantenimiento su implementación y gestión* (Segunda edición, p. 237). Argentina: Universitas.

FIGURA N°2.14
CURVAS DE COSTOS



Fuente: Daniel, L. (2005) *Mantenimiento su implementación y gestión* (Segunda edición, p. 238). Argentina: Universitas.

FIGURA N°2.15
PUNTO DE EQUILIBRIO COSTO POR FALLA



Fuente: Daniel, L. (2005) *Mantenimiento su implementación y gestión* (Segunda edición, p. 238). Argentina: Universitas.

2.2.1.16 Gestión de Almacén

Generalmente el departamento de compras es el encargado de gestionar el almacén que suministra elementos a distintos secretos. Bajo el punto de vista de este departamento, se intentará tener un almacén con el mínimo valor posible, en tanto que al departamento de mantenimiento le interesará tener un almacén completo con todas las piezas y repuestos para realizar las distintas actividades de mantenimiento que pudiesen surgir, esto traerá aparejado contar con un stock elevado, surgiendo así una oposición de intereses entre los distintos sectores de una misma empresa.

Para gestionar el almacén con eficiencia tenemos que tener presente los siguientes criterios:

- a. Tener un mínimo de stock sin movilizar en el almacén.
- b. Fijar un valor máximo de rotura de los stocks.

1. Stocks

Se define como Stock aquella cantidad de materia prima, materiales y elementos en general que se almacenan, para su posterior empleo.

Este uso futuro puede destinarse a:

- Alimentación de una línea de producción.
- Ventas por mayor y menor.
- Mantenimiento de máquinas y equipos.
- Abastecimientos de elementos de consumo desde un depósito central.

En cualquiera de los casos sería necesario disponer de una gran capital y de hecho esto provoca escasez del mismo para efectuar otras inversiones, además de la necesidad de contar

con grandes locales para almacenamiento, corriendo con el riesgo del deterioro del material u obsolescencia del mismo. Por lo tanto, es necesario analizar y encontrar un punto de equilibrio entre las desventajas ya mencionadas y las ventajas de tener artículos siempre que se los necesite a un costo menos de adquisición, no sólo por hacerlo en cantidad, sino también por los gastos directos que ocasiona el acto de comprar.

A continuación de igual forma para poder conceptualizar puntos sobre vapor y condensado, hemos tomado como referencia [TLV Compañía Especialista en vapor]. (s.f.). Recuperado de <https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/>.

Estos serán abarcados en los puntos 2.2.1.17 que nos habla sobre los fundamentos de vapor y el 2.2.1.18 sobre el condensado.

2.2.1.17 Fundamentos de vapor

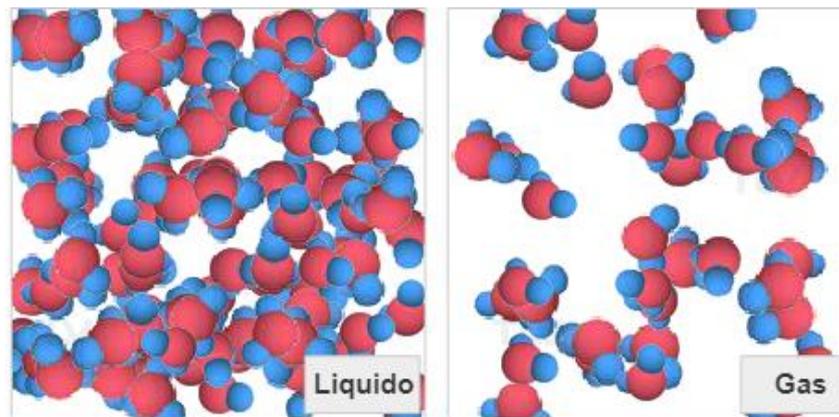
El vapor de agua es el gas formado cuando el agua pasa de un estado líquido a uno gaseoso. A un nivel molecular esto es cuando las moléculas de H₂O logran liberarse de las uniones (ej. Uniones de hidrógeno) que las mantienen juntas.

1. Vapor de agua

En el agua líquida, las moléculas de H₂O están siendo unidad y separadas constantemente. Sin embargo, al calentar las moléculas de agua, las uniones que conectan a las moléculas comienzan a romperse más rápido de lo que pueden formarse. Eventualmente, cuando suficiente calor es suministrado, algunas moléculas se romperán libremente. Estas moléculas

“libres” forman el gas transparente que nosotros conocemos como vapor, o más específico vapor seco.

FIGURA N°2.16
MOLÉCULAS DE AGUA EN ESTADO LÍQUIDO Y GASEOSO



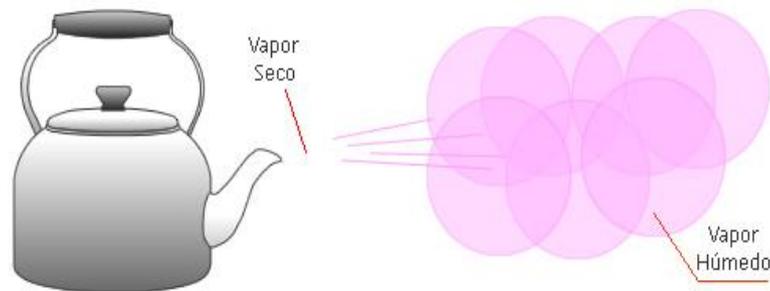
Fuente: [Fundamentos de vapor]. (s.f.). Descargado de <https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/what-is-steam.html>

2. Vapor húmedo vs. Vapor seco

En las industrias usuarias de vapor, existen dos términos para el vapor los cuales son, vapor seco (también conocido como “vapor saturado”) y vapor húmedo.

- Vapor seco aplica a vapor cuando todas sus moléculas permanecen en estado gaseoso.
- Vapor húmedo aplica cuando una porción de sus moléculas de agua han cedido su energía (calor latente) y el condensado forma pequeñas gotas de agua.

FIGURA N°2.17
VAPOR HÚMEDO Y VAPOR SECO



Fuente: [Fundamentos de vapor]. (s.f.). Descargado de <https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/what-is-steam.html>

3. Vapor como fuente de energía

El vapor jugó un papel importante en la era de la revolución industrial. La modernización del motor de vapor a principios del siglo 18 llevó a mayores descubrimientos tales como la invención de la locomotora de vapor y el barco a vapor, por no mencionar el horno y el martillo de vapor. Este último sin hacer referencia golpe de ariete, el cual se puede presentar en la tubería de vapor, si más bien a un martillo impulsado por vapor que se utilizaba para dar forma a fundiciones.

Hoy en día, sin embargo, los motores de combustión interna y la electricidad prácticamente han reemplazado al vapor como fuente de energía. Sin embargo, el vapor es ampliamente usado en las plantas de generación eléctrica y para aplicaciones industriales de gran tamaño.

4. El vapor como fuente de calor

El vapor es mayormente conocido por sus aplicaciones en calentamiento, tanto como fuente directa e indirecta de calor.

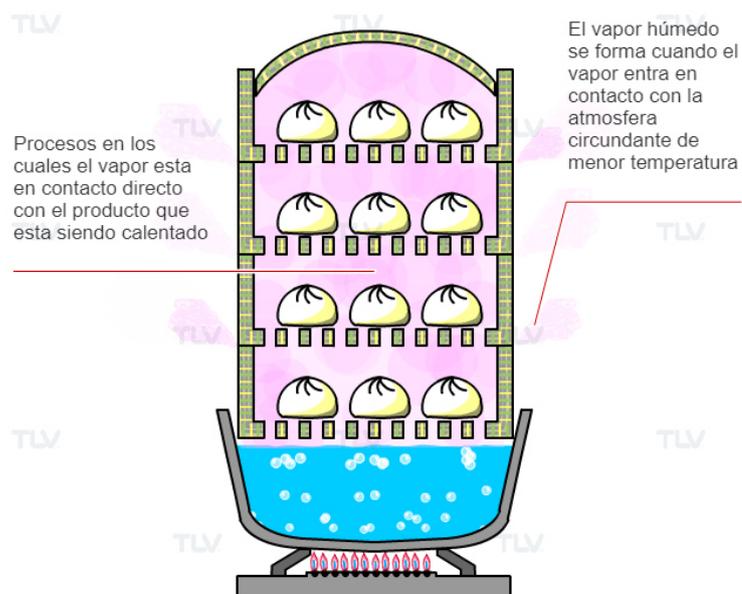
a. Calentamiento directo de vapor

El método de calentamiento directo de vapor se refiere al proceso en el cual el vapor está en contacto directo con el producto que está siendo calentado.

El ejemplo que se muestra en la parte inferior se pueden observar que la botana china está siendo calentada por el vapor. Una canasta de vapor es situada sobre una olla con agua hirviendo, conforme el agua continua hirviendo, el vapor se eleva hacia la canasta y cocina la comida, en esta configuración, la caldera (olla) y el recipiente de vapor (canasta) son combinadas.

FIGURA N°2.18

EJEMPLO DE CALENTAMIENTO DIRECTO DE VAPOR



Fuente: [Fundamentos de vapor]. (s.f.). Descargado de <https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/what-is-steam.html>

b. Calentamiento indirecto de vapor

El calentamiento indirecto de vapor se refiere a los procesos en donde el vapor no entra en contacto directo con el producto a calentar. Es ampliamente utilizado en la industria ya que provee un calentamiento rápido y parejo. Este método generalmente utiliza un intercambiador de calor para calentar el producto.

FIGURA N°2.19
APLICACIONES DE CALENTAMIENTO INDIRECTO DE VAPOR



Fuente: [Fundamentos de vapor]. (s.f.). Descargado de <https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/what-is-steam.html>

La ventaja que ofrece este método sobre el calentamiento directo de vapor es que las gotas de agua formadas durante el calentamiento no afectaran al producto. Por lo tanto el vapor puede ser usado en una variedad de aplicaciones tales como secado, derretimiento, hervimiento, etc.

El calentamiento indirecto de vapor es usado en un gran rango de procesos como la preparación de alimentos y bebidas, neumáticos, papel, cartón, combustibles como la gasolina y para medicinas por solo nombrar algunos.

5. Aplicaciones principales para el vapor de agua

El vapor es usado en un gran rango de industrias, las aplicaciones más comunes para el vapor son por ejemplo, procesos calentados por vapor en fábricas y plantas, y turbinas impulsadas por vapor en plantas eléctricas, pero el uso del vapor se extiende más allá de las antes mencionadas.

Algunas de las aplicaciones típicas del vapor para las industrias son:

- Esterilización/calentamiento
- Impulso/movimiento
- Motriz
- Atomización
- Limpieza
- Hidratación
- Humidificación

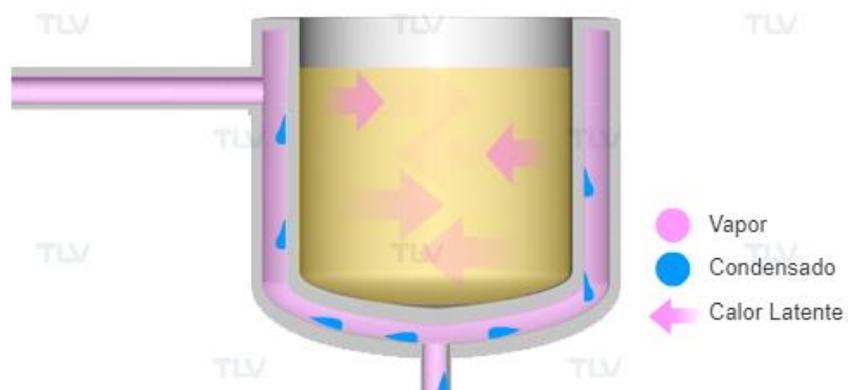
2.2.1.18 Recuperación de condensado

1. Condensado

Condensado es el líquido formado cuando el vapor pasa de fase gas a líquida.

En un proceso de calentamiento, el condensado es el resultado del vapor que transfirió parte de su energía calorífica, conocida como calor latente, al producto, línea o equipo que debe ser calentado.

FIGURA N°2.20
PROCESO CALENTAMIENTO DE VAPOR



Fuente: [Introducción a la recuperación de condensado]. (s.f.).

Descargado de <https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/introduction-to-condensate-recovery.html>

2. Recuperación de condensado

Si 1 ton/h de vapor se suministra a un equipo para un proceso de calentamiento, entonces la misma cantidad de condensado (1 ton/h) necesita ser descargada del equipo. La recuperación del condensado es un proceso que reutiliza el agua y el calor sensible contenidos en el condensado descargado. Recuperar el condensado, en lugar de tirarlo, conlleva ahorros significativos de energía, tratamiento químico y agua fresca.

El condensado puede ser reusado de varias formas distintas, por ejemplo:

- Como agua caliente de alimentación, cuando el condensado caliente se regresa al deareador de la caldera.
- Como precalentamiento, en algún sistema de calentamiento compatible.
- Como vapor, si se utiliza el vapor flash.

- Como agua caliente para limpieza de equipos u otras aplicaciones

2.2.2 Marco conceptual

A continuación de igual forma para poder conceptualizar puntos relevantes del Mantenimiento Predictivo, hemos tomado como referencia [Preditec GRUPO ÁLAVA]. (s.f.). Recuperado de <http://www.preditec.com/mantenimiento-predictivo/>.

Estos serán abarcados en los puntos 2.2.2.1 sobre definiciones previas del Predictivo hasta el 2.2.2.4 que habla sobre las técnicas predictivas usadas en la industria del Mantenimiento. A continuación se detalla:

2.2.2.1 Definición y principios básicos del Mantenimiento Predictivo

El Mantenimiento Predictivo es un conjunto de técnicas instrumentadas de medida y análisis de variables para caracterizar en términos de fallos potenciales la condición operativa de los equipos productivos.

La mayoría de los fallos en máquinas aparecen en un grado en que es posible su detección antes que el mismo se convierta en un hecho consumado con repercusiones irreversibles tanto en la producción como en los costos de mantenimiento. Se precisa para ello establecer un seguimiento de aquellos parámetros que nos pueden avisar del comienzo de un deterioro.

Los parámetros a controlar y las formas de hacerlo depende de factores económicos como:

Importancia de la máquina en el proceso productivo

Instrumentación necesaria para el control

Las ventajas que aporta este tipo de mantenimiento son que, al conocerse en todo momento el estado de los equipos, permite detectar fallos en estado incipiente, lo que impide que éste alcance proporciones indeseables. Por otra parte permite aumentar la vida útil de los componentes.

2.2.2.2 Parámetros para control de estado

Los parámetros utilizados para el control de estado de los equipos son aquellas magnitudes físicas susceptibles de experimentar algún tipo de modificación repetitiva en su valor, cuando varía el estado funcional de la máquina.

Existen muchos parámetros que se pueden utilizar con este fin, siempre que se cumplan las condiciones expresadas:

- Que sea sensible a un defecto concreto
- Que se modifica como consecuencia de la aparición de alguna anomalía
- Que se repite siempre de la misma forma

Así las distintas técnicas utilizadas para el Mantenimiento Predictivo se pueden clasificar en:

- Técnicas directas: se inspeccionan directamente los elementos sujetos a fallo, entre ellas cabe mencionar la inspección visual, inspección por líquidos penetrantes, etc.
- Técnicas indirectas: mediante la medida y análisis de algún parámetro con significación funcional relevante. Entre ellos el más usado es el análisis de vibraciones, el análisis de lubricantes, de ruidos, de impulsos de choque, etc.

2.2.2.3 Establecimiento de un sistema de Mantenimiento Predictivo

El fundamento del Mantenimiento Predictivo es la medida y valoración periódica de una serie de variables de estado

(parámetros de control) lo que implica el manejo de una ingente cantidad de datos que requieren medios: físicos (hardware), de gestión (software), humanos.

La implantación del sistema requiere unos pasos sucesivos:

- a. Preparación inicial, la que supone desarrollar una definición de las características e importancia de cada máquina en el proceso productivo.
- b. Implantación, supone, una vez realizada toda la preparación, llevar a cabo las medidas periódicas acordadas, con las rutas y frecuencias previstas.
- c. Revisión de resultados, una vez implantado todo el sistema se deberá llevar a cabo periódicamente un análisis crítico de resultados.

2.2.2.4 Técnicas de Mantenimiento Predictivo

Detallaremos de manera puntual las siguientes técnicas:

- a. Líquidos penetrantes, básicamente para poder visualizar fisuras en equipos y o revelar un proceso de soldadura realizado.
- b. Partículas magnéticas
- c. Inspección radiográfica
- d. Ultrasonidos, estudia las ondas sonoras de alta frecuencia producidas por algunos equipos e instalaciones, las cuales no son audibles para el oído humano.
- e. Análisis de lubricantes, básicamente hace referencia al análisis de estado de aceites que se usan en componentes críticos, para ver la criticidad con la que se encuentran.
- f. Análisis de vibraciones, técnica está basada en la detección de fallas de equipos rotativos, por medio de niveles de vibración.

De forma posterior se obtiene un espectro de vibraciones con el cual se realizan los diferentes análisis para determinar el estado del equipo o componente.

- g. Termografía, se basa en que todo equipo emite energía desde su superficie, y esta se emite en forma de ondas electromagnéticas que se transportan a la velocidad de la luz a través de cualquier medio, es decir, es una forma de producir una imagen a partir de la radiación infrarroja invisible para el ojo humano, emitida por los diferentes objetos dependiendo de su temperatura superficial.

2.2.2.5 Caldera

Para poder conceptualizar lo referente a términos de caldera hemos tomado como referencia el trabajo de Olea Suarez, O. (2012) *Realización de guía de mantenimiento predictivo para calderas* (p. 19-26). Cartagena de Indias. Y será visto en todo el punto 2.2.2.5, donde primero iniciaremos conceptualizando lo que es una caldera, luego veremos los tipos de caldera y por último los componentes. A continuación se detalla:

Es un recipiente a presión diseñado para generar vapor de agua, absorbiendo el calor liberado en la combustión de un combustible o también gases calientes provenientes de un proceso externo o de elementos eléctricos.

A. Tipos de Calderas

- Calderas Piro tubulares

En las calderas piro tubulares los gases calientes circulan por dentro de los tubos y el agua por fuera de ellos. Este tipo de calderas es muy usada en aplicaciones industriales pequeñas. Los primeros diseños de calderas piro tubulares

fueron sencillamente un tambor de agua a presión, con una línea de agua de alimentación y una salida del vapor producto, montados sobre un marco de ladrillos, el calor que se liberaba era aplicado directamente en la parte inferior, y su vez esto permitía que los gases fueran expulsados por la chimenea, a través de un haz de tubos con agua. Más adelante los diseñadores de estos equipos se dieron cuenta que calentar una gran masa de agua en un recipiente era muy ineficiente, a causa de la fricciones internas producto de la circulación por convección dentro del depósito. Para corregir esta ineficiencia dirigieron los gases de la combustión dentro del recipiente de la caldera donde se hallaba el agua, con el fin de lograr una óptima transferencia. Esto dio origen a las calderas pirotubulares.

- Calderas Acuotubulares

Estas calderas se definen así, ya que el fluido circula por el interior de los tubos. El origen de estas calderas fue a finales del siglo XVIII, por lo cual el modelo original varía mucho con los de hoy en día. Este tipo de calderas básicamente está compuesta por tambores acumuladores de agua y de tubos por los cuales circula el vapor y el agua, encerrando los contornos (hogar) de la caldera con paneles de tubos para formar el horno. Las características de los tubos por los cuales circula el agua y/o vapor, están hechos de acero carbón mientras que los tubos por los cuales circula el vapor sobrecalentado o recalentado, deben tener una aleación austenítica (acero + metal tenaz). Estos tubos de vapor sobrecalentado son de menor diámetro que los de agua-vapor, llamados tubos de vapor saturado.

B. Descripción de los Componentes de una Caldera

- Hogar

Es el lugar de la caldera donde se lleva a cabo la combustión y la transferencia de calor por radiación. Este se encuentra construido por una gran cantidad de tubos, además en su interior se sitúan los quemadores de combustible los cuales están ubicados en el mismo plano de una pared del horno, para grandes unidades de generación de potencia.

- Quemadores

Es una de las partes más importante de la caldera ya que en ellos se produce la combustión. Su diseño permite que se mezclen de forma adecuada el combustible y el aire para lograr una combustión completa.

- Sobrecalentadores

Su objetivo es aumentar la temperatura del vapor saturado para asegurar que esté totalmente seco, y para llevar el vapor a la temperatura de trabajo de las turbinas. Se usan aceros aleados para su construcción, para resistir las altas temperaturas de operación. El sobrecalentador se encuentra dividido en múltiples secciones, para hacer más fácil el control de la temperatura del vapor y también para optimizar la recuperación de vapor.

- Tambor de Vapor

El tambor de vapor o domo principal es un cilindro cuya función es recibir agua, que generalmente ha pasado por el economizador y ha ganado temperatura, para que después esta se vaya evaporando gradualmente hasta obtener los volúmenes de vapor necesarios para el proceso requerido.

La capacidad de producción de vapor de la caldera depende directamente del volumen del domo superior. Otras funciones del tambor de vapor son las siguientes:

- Propiciar el espacio suficiente para facilitar la separación agua – vapor en la evaporación.
- Mantener el volumen adecuado de agua para garantizar un flujo de vapor constante.

- Economizador

El economizador es un intercambiador de calor, el cual recupera la energía residual de los gases producto de la combustión, aguas debajo del sobrecalentador y del recalentador, para incrementar la temperatura del agua que llega al tambor de vapor o domo superior. El banco tubular contiene los tubos en serpentín horizontales paralelos, con el flujo de agua por el interior de los tubos, en contracorriente con el flujo de gases calientes.

- Chimenea

Es un conducto vertical cuya función en la caldera es de transportar los gases producto de la combustión fuera de la caldera. En las primeras calderas fabricadas los gases salían al exterior por simple efecto chimenea (diferencia de presión), pero a medida que estos equipos fueron siendo más complejos (economizadores, sobrecalentadores, etc.) se tuvo la necesidad de usar equipos auxiliares (ventiladores) para evacuar con mayor rapidez los gases de la combustión.

A continuación de igual forma para poder conceptualizar el punto de cámaras de fermentación, hemos tomado como referencia [Asesoría técnica en panificación]. (s.f.). Recuperado de

<http://www.franciscotejero.com/tecnicas/funcionamiento-de-las-camaras-de-fermentacion/>.

Este será abarcado en el punto 2.2.2.6, su concepto y clasificación respectiva.

2.2.2.6 Cámaras de fermentación

Las Cámaras de vapor fermentan los productos con masa bajo temperaturas y humedad controlada antes del horneado. Hay varios sistemas de temperatura y de humedad para elegir. Los equipos estándares están diseñados para fermentar solo la masa. Las cámaras de fermentación, según su aplicación, las podemos clasificar de la siguiente forma: Cámara de fermentación tradicional, Cámara de fermentación controlada, Cámara para bloquear la fermentación y Cámara para la fermentación global retardada. Cada una de ellas tiene unas aplicaciones y desarrollos de la fermentación bien diferentes que debemos saber. Veamos esas características.

TABLA N°2.2
CLASIFICACIÓN DE CÁMARAS DE FERMENTACIÓN

Clasificación de las Cámaras de Fermentación	
Fermentación Tradicional	Se aplica calor y humedad.
Fermentación Controlada	Se aplica calor, humedad y frío.
Bloqueo de la Fermentación	Se aplica frío.
Fermentación Global Retardada	Se aplica calor, humedad y frío.
Fuente: Página Web de asesoría técnica en panificación.	

2.3 Definición de términos básicos

- **Caldera Pirotubular**

Como su nombre lo indica en esta caldera, el humo y los gases calientes circulan por el interior de los tubos y el agua se encuentra por el exterior.

- **Confiabilidad**

La confiabilidad se refiere a la probabilidad de que un sistema o componente pueda funcionar correctamente fuera de falla, por un tiempo específico. Más sencillamente confiabilidad es la probabilidad de que un sistema o producto funcione.

- **Hogaza**

Es la masa del pan sin hornear, que se ubican en los moldes para el ingreso a la cámara de fermentación.

- **Mantenimiento Predictivo**

Es una serie de acciones que se toman y técnicas que se aplican con el objetivo de detectar posibles fallas y defectos de maquinaria en las etapas incipientes para evitar que estos fallos se manifiesten en uno más grande durante su funcionamiento, evitando que ocasionen paros de emergencia.

III HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis general.

Con el desarrollo del Plan de Mantenimiento Predictivo del Sistema de Vapor, se reducen las pérdidas de hogazas en la línea de producción de panes para Panificadora Bimbo S.A.

3.1.2 Hipótesis específicas

Tenemos las siguientes:

1. Con la identificación de modos de falla objetivos de la caldera pirotubular 80 BHP, se logra dar solución a las fallas de manera más rápida y de igual forma aumenta la confiabilidad del equipo.
2. Con la identificación de modos de falla objetivos de la cámara de vapor (fermentación), se logra dar solución a las fallas de manera más rápida y de igual forma aumenta la confiabilidad del equipo.
3. Con la identificación de problemas críticos en el sistema de transporte de vapor, se logra eliminar fugas de vapor y condensado y mejora su estado actual.

3.2 Definición de variables

3.2.1 Variable independiente.

Plan de Mantenimiento Predictivo del Sistema de vapor

El Plan de Mantenimiento Predictivo del Sistema de Vapor es el elemento en el modelo de gestión de activos que define los programas de mantenimiento predictivo a los activos, tales como: la caldera pirotubular 80 BHP, la cámara de vapor de panes y el sistema de transporte de vapor, con el objetivo de mejorar la efectividad de estos, con tareas necesarias y oportunas, y con frecuencias determinadas y procedimientos para cada actividad.

3.2.2 Variable dependiente.

Pérdidas de hogaza de pan

Las pérdidas de hogazas de panes, hace referencia al pan crudo, que se pierde ante una falla del sistema de vapor, y que por consecuencia de esta falla, las pérdidas se incrementan en la línea de panes, disminuyendo la eficiencia de línea.

3.3 Operacionalización de variables

TABLA N°3.1
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable de investigación	Dimensión	Indicadores
V. Independiente: Plan de Mantenimiento Predictivo del Sistema de Vapor	Caldera pirotubular 80 BHP	Cantidad de IPFM IPFM=Interrupción por falla mecánica
	Cámara de vapor de línea de panes	Cantidad de IPFM IPFM=Interrupción por falla mecánica
	Sistema de transporte de vapor	Estado de tuberías, aislamiento, trampas
V. Dependiente: Pérdidas de hogazas de pan	Producción de hogazas de pan	Porcentaje de pérdidas de hogazas de panes, eficiencia de línea de panes

Fuente: Elaboración propia

IV METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

4.1 Tipo y diseño de la investigación.

a. En la presente investigación se consideró el Diseño Cuasi experimental, porque se ejerce poco control sobre las variables, este diseño tiene las siguientes características:

Es un diseño de un solo grupo con medición previa (antes) y de forma posterior (después) de la variable dependiente.

Esquema del diseño: G O1 X O2

Donde:

X = Variable independiente (Plan de Mantenimiento Predictivo)

O1= Medición previa (antes de la implementación) de la variable dependiente (pérdidas de hogazas de pan)

O2 = Medición posterior (después de la implementación) de la variable dependiente

Se tomó de referencia el libro “Metodología de la investigación” de César A. Bernal.

b. Tipo de la investigación : Aplicada tecnológica transversal, ya que se interesa en la aplicación de los conocimientos teóricos a la situación actual.

c. Nivel de la investigación : Descriptivo simple, ya que se utiliza el método de análisis, se logra caracterizar un objeto de estudio, y en base a eso se definen las características y propiedades.

4.1.1 Parámetros de diseño

a. Cantidad de interrupciones por falla mecánica (IPFM) de caldera pirotubular 80 BHP

La cantidad de interrupciones representan las fallas existentes de la caldera pirotubular 80 BHP, que se dan en el día a día del proceso productivo, para el presente estudio se tomó de referencia el historial de fallas desde el año 2017 hasta la fecha.

b. Cantidad de interrupciones por falla mecánica (IPFM) de la cámara de vapor de panes (fermentación)

La cantidad de interrupciones representan las fallas existentes de la cámara de vapor de panes, que se dan en el día a día del proceso productivo, para el presente estudio se tomó de referencia el historial de fallas desde el año 2017 hasta la fecha.

c. % IPFM, tiempos de fallas mecánicas de la caldera pirotubular 80 BHP con respecto a las horas de producción

Es el porcentaje de interrupción a la línea de producción de panes, que genera la caldera pirotubular 80 BHP, cuando sufre una falla, este puede ser representado de manera diaria, semanal y mensual.

d. % IPFM, tiempos de fallas mecánicas de la cámara de vapor de panes con respecto a las horas de producción

Es el porcentaje de interrupción a la línea de producción de panes, que genera la cámara de vapor de panes, cuando sufre una falla, este puede ser representado de manera diaria, semanal y mensual.

e. % de bajas, son las toneladas o kg de pérdidas de hogazas de pan, que se pierden en el área de cámara de vapor (Ton perdidas/Ton producidos)

Es el porcentaje de pérdidas que se genera en la línea de producción de panes, debido a una falla de la caldera o falla de la cámara de vapor de panes, este puede ser representado de manera diaria, semanal y mensual.

f. Software Máximo 7.5, para poder establecer frecuencias en el Plan de Mantenimiento Predictivo del Sistema de Vapor

Es un programa del área de Ingeniería y Mantenimiento, que permite cargar e implementar planes de Mantenimiento, para que de forma posterior estos sean administrados a través de Órdenes de trabajos (OTs) y sean asignadas por los Jefes de Mecánicos responsables. De igual forma este software permite crear solicitudes de servicios y/o repuestos para alguna intervención que se tenga que realizar, en base a los mantenimientos programados o algún evento que pueda darse.

**FIGURA N°4.1
IMAGEN INICIAL DE SOFTWARE MÁXIMO**



Fuente: Área de ingeniería y Mantenimiento Bimbo Perú

FIGURA N°4.2

CENTRO DE INICIO DE SOFTWARE MÁXIMO

Tabla de anuncios

Asunto	Mensaje	Fecha de publicación	Fecha de vencimiento	Visualizado
				N

Actualmente no hay ningún mensaje de tablón de anuncios para ver.

Bandeja de entrada / Asignaciones

Descripción	Aplicación	Asignación	Fecha de inicio	Ruta
Validar la documentación de la OT 142134202	QUICKREP	4.139.930	30/08/2017 08:05 AM	
Validar la documentación de la OT 142134203	QUICKREP	4.141.555	30/08/2017 12:42 PM	
Validar la documentación de la OT 142134704	QUICKREP	4.187.910	08/09/2017 08:03 AM	
Validar la documentación de la OT 142120429	QUICKREP	2.172.977	22/08/2016 03:53 PM	
Validar la documentación de la OT 142120668	QUICKREP	2.189.914	25/08/2016 12:28 PM	
Validar la documentación de la OT 142120715	QUICKREP	2.197.859	28/08/2016 08:39 PM	
Validar la documentación de la OT 142121397	QUICKREP	2.258.920	07/09/2016 08:38 PM	
Validar la documentación de la OT 142124013	QUICKREP	2.559.392	04/11/2016 04:07 PM	
Validar la documentación de la OT 142124782	QUICKREP	2.674.480	25/11/2016 09:56 AM	
Validar la documentación de la OT 142124808	QUICKREP	2.880.771	26/11/2016 10:30 AM	

Fuente: Área de ingeniería y Mantenimiento Bimbo Perú

FIGURA N°4.3

PANTALLA DE ASIGNACIÓN DE TRABAJOS PROGRAMADOS

Listado de trabajo

Orden de trabajo	Tarea	Referencia Anterior #	Activo	Descripción	Mano de obra	Especialidad	Fecha programada	Horas de mano c
142154535			P322-70007	MP Inspección CMQ Equipo Refrigeración MYCOM #4	9338472	MEC IND	19/11/2018 06:00 AM	1:05
142154538			P787-70004	MP MDM Soplador de Transporte REIMELT-Bomba Tuthill	9338472	MEC IND	19/11/2018 07:05 AM	0:50
142154539			P322-70030	MP Inspección MDM Productor de hielo #2	9338472	MEC IND	19/11/2018 07:55 AM	1:00
142154540			P206-70001	MP Inspección SGR Secadora Centrífuga de Charolas Colussi	9338472	MEC IND	19/11/2018 08:55 AM	1:00
142154541			P831-70055	MP SGR Tablero eléctrico Lavadora de charolas Colussi Ermes	9338472	MEC IND	19/11/2018 09:55 AM	2:00
142154542			P584-70020	MP Inspección CMQ Bomba 2 para Agua Helada Intercambiador	120168	MEC IND	19/11/2018 12:40 PM	1:20
142154543			P584-70016	MP Inspección CMQ Bomba de Agua Normal #1	9167815	MEC IND	19/11/2018 12:00 PM	1:50
142154544			P584-70022	MP Inspección CMQ Bomba para agua a caldera Apin #1	120168	MEC IND	19/11/2018 06:00 AM	1:50

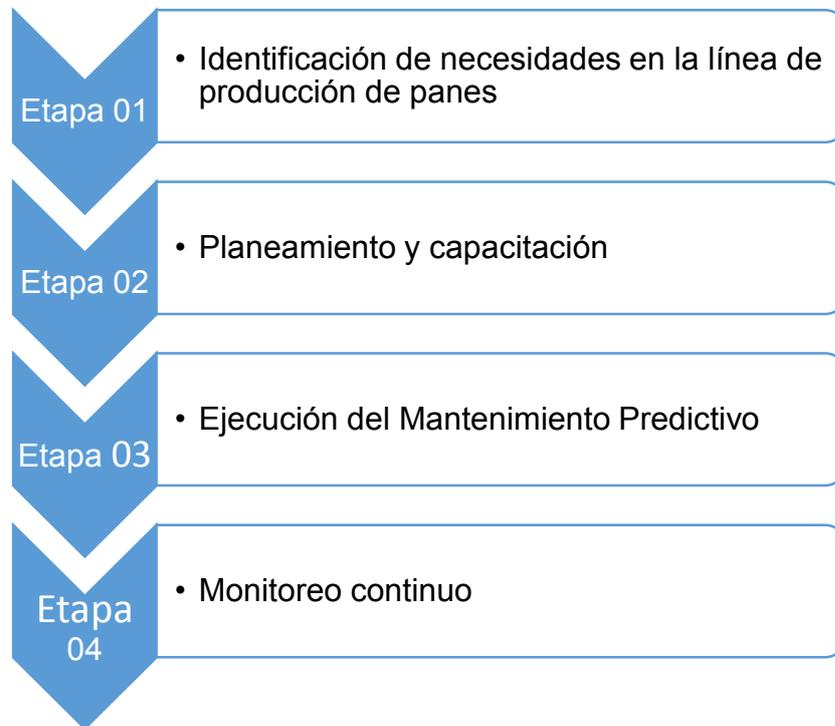
Mano de obra

Mano de obra	Nombre	Especialidad	Supervisor	Nivel de habilidades	Descripción	Distribuidor	Work Loc	Turno	19/11/2018	20/11/2018
9202270	DE LA CRUZ REYES HUBER	MEC IND	120870		Mecánico de Mantenimiento Planta			ROL1 MNT	3:35	8:00
1000498	SALCEDO ARMAS JHON YURI	MEC IND			Mecánico de Mantenimiento Planta	1421		ROL1 MNT	3:35	8:00
9338473	VICTOR LUIS ALMANZA BALDOCEDA VICTOR LUIS	MEC IND			Mecánico de Mantenimiento Planta			ROL2 TMN	8:00	8:00
120043	ACOSTA VILCA PEDRO EDUARDO	MEC IND			Mecánico de Mantenimiento Planta			ROL1 MNT	3:35	8:00

Fuente: Área de ingeniería y Mantenimiento Bimbo Perú

4.1.2 Etapas del diseño

FIGURA N°4.4
ETAPAS DEL DISEÑO



Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Ingeniería de detalle

A continuación, se detalla todo el procedimiento utilizado para dar cumplimiento a los objetivos planteados en la realización del proyecto, se explican detalladamente las etapas del proyecto para su desarrollo.

Etapa 01: Identificación de necesidades en la línea de producción de panes

Esta es la etapa inicial que consta de la identificación de problemas y necesidades existentes en la línea de producción de panes. Como se comentó inicialmente se logró identificar una serie de problemas que los detallaremos puntualmente, ya que

estos fueron descritos en parte del problema general y específicos.

1. Porcentaje alto pérdidas de hogazas en la línea de producción de panes
2. Fallas electromecánicas de la cámara de vapor de la línea de producción de panes
3. Fallas electromecánicas de la caldera pirotubular 80 BHP (equipo que suministra vapor a toda la planta)
4. Deficiencias del sistema de transporte de vapor (tuberías de vapor, tuberías de retorno de condensado, trampas de vapor, válvulas termodinámicas)

Estas necesidades ocurrentes de la línea de producción de panes, surgió del análisis siguiente:

- a. Seguimiento continuo al proceso productivo del día a día, por parte de las áreas de Producción y de Ingeniería y Mantenimiento.
- b. Reuniones diarias (juntas lean) de 30 min, con todas las áreas de Manufactura de la planta de producción (Gestión de Calidad, Aseguramiento de Calidad, Investigación y Desarrollo, Seguridad Alimentaria, Materias Primas, Capacitación, Producción e Ingeniería y Mantenimiento) en las cuales se determinó que los indicadores de porcentaje de bajas de pan estaban en incremento, de igual forma la eficiencia de la línea de panes estaba con valores bajos, y el porcentaje de interrupción por falla mecánica (IPFM) estaba de igual forma elevado.

- c. Juntas de Ingeniería y Mantenimiento-Producción, para poder realizar y generar un plan de acción determinante frente a estas necesidades que se presentaban.
- d. Coordinaciones de Jefe de Mecánicos de línea de Producción de Panes, Jefe de Mecánicos de Cuarto de Máquinas, Técnicos de Mantenimiento, con Jefatura de Mantenimiento para poder dar aprobación al plan de acción determinante que minimizaría en su totalidad las necesidades existentes, el cual será la Implementación del Plan de Mantenimiento Predictivo.

Etapas 02: Planeamiento y capacitación

1. Listado de activos y registro de datos técnicos necesarios Como se comentó en la etapa 01, se lograron identificar las necesidades existentes en la línea de producción de panes, y el punto importante es poder atacar las fallas potenciales de los equipos mencionados a continuación, en los cuales detallaremos un poco más de la función que cumplen en la línea de producción de Panes:
 - a. Cámara de Vapor de panes, es llamada también Cámara de Fermentación de panes, es un equipo fundamental, es en esta parte del proceso donde la masa que proviene del mezclado y dividido, fermenta, y empieza a tomar las características que le permitirán llegar hasta la zona de horneado, donde se producirá la cocción y se convertirá en pan de molde. Entraremos a detallar la parte técnica, a lo cual está centrado el punto de investigación de este trabajo, básicamente la cámara de vapor consta de tres componentes críticos:

1. Turbina
2. Radiador
3. Tablero de control

FIGURA N°4.5
CÁMARA DE VAPOR DE PANES



Fuente: Área de ingeniería y Mantenimiento Bimbo Perú

- b. Caldera pirotubular 80 BHP, es el equipo generador de vapor, que distribuye el vapor a las tres cámaras de vapor existentes en la planta de producción.

Básicamente la caldera consta de 03 componentes críticos:

1. Quemador de caldera
2. Tren de gas
3. Estructura mecánica de caldera

FIGURA N°4.6
CALDERA PIROTUBULAR INTESA 80 BHP



Fuente: Área de ingeniería y Mantenimiento Bimbo Perú

- c. Sistema de transporte de vapor, consta del recorrido de tuberías de vapor, tuberías de retorno de condensado, válvulas termodinámicas y trampas de vapor.

FIGURA N°4.7
SISTEMA DE TRANSPORTE DE TUBERÍAS PARTICULARIZADO



Fuente: Área de ingeniería y Mantenimiento Bimbo Perú

2. Identificación de los modos de falla objetivos

Para la identificación de los modos de falla objetivos, se elabora la siguiente tabla, en base al historial de fallas que se encuentra en la Matriz principal de fallas de Mantenimiento de todos los equipos de la línea de producción y de Cuartos de máquinas (revisar Anexo D). La extracción se realizó del historial de fallas del año 2017 hasta la fecha (Anexo E)

Estas fallas se registran de forma diaria en el formato diario de Interrupción por falla mecánica (IPFM, revisar Anexo F) Se tiene la siguiente tabla:

TABLA N°4.1
MODOS DE FALLAS OBJETIVOS PRINCIPALES

Área o línea de producción	Equipo o activo	Componente crítico	MODOS DE FALLAS OBJETIVOS													
			Desbalance	Desalineación	Solturas	Daño en rodaje	Engrane	Tomillo	Falta de lubricación	Daño mecánico en rodajes	Rozamiento/partes sueltas	Fricción	Problemas eléctricos	Presencia de agua y fugas	Partículas ferromagnéticas (désgaste)	
Cuarto de máquinas	Caldera pirotubular 80 BHP	Quemador		X	X	X					X	X	X	X		
Servicios generales	Sistema de transporte de vapor	Tuberías, trampas de vapor, válvulas termodinámicas														x
Pan	Cámara de vapor	Turbina	X	X	X	X				X	X	X	X	X		

Fuente: Mantenimiento Predictivo Bimbo Perú

En base a la identificación dada de los modos de falla objetivos de los equipos, ya podemos dar inicio al siguiente paso importante de la implementación del Mantenimiento Predictivo, que sería la

capacitación del personal a cargo, que formará parte de este proyecto de Bimbo Perú.

3. Capacitación del personal de Ingeniería y Mantenimiento

En esta parte del proceso, como parte del plan de aprendizaje para poder adquirir nuevos conocimientos, y afianzar las bases del Mantenimiento Correctivo y Preventivo, se tomó una decisión muy importante entre Jefatura de Mantenimiento, Jefes de Mecánicos y los Técnicos de Mantenimiento, se optó llevar un Curso corto de Técnicas de Mantenimiento Predictivo, la duración de este curso fue de un mes, y se llevó a cabo en TECSUP. La participación fue de 8 integrantes del grupo de Ingeniería y Mantenimiento de Bimbo Perú, los cuales estaban integrados por 3 Jefes de Mecánicos, y los 5 restantes fueron los Técnicos de Ingeniería y Mantenimiento de las 3 líneas de producción Panes, Panquelería y Cuartos de Máquinas (revisar Anexo G).

Cabe resaltar que la Capacitación de Técnicas de Mantenimiento Predictivo, cumple un papel importante dentro del grupo de Mantenimiento Predictivo, ya que es la base inicial del forjado de conocimientos teóricos para poder llevarlos dentro del campo productivo del día a día, y el cual volverá analistas predictivos de alto nivel con la práctica diaria.

4. Selección de las técnicas Predictivas a emplear

En base a los modos de falla objetivos identificados previamente con la matriz de falla, y con la adquisición de conocimientos de Mantenimiento Predictivo, ya podemos definir las técnicas que utilizaremos de aquí en adelante, en base a la siguiente tabla.

TABLA N°4.2
TECNICAS PREDICTIVAS EMPLEADAS

Área o línea de producción	Equipo o activo	Componente crítico	TÉCNICAS PREDICTIVAS						
			Análisis por ultrasonido	Análisis vibracional	Análisis acústico	Análisis de aceite	Análisis termográfico	Líquidos penetrantes	Análisis de gases de escape
Cuarto de máquinas	Caldera pirotubular 80 BHP	Quemador		x	x				
		Componentes internos					X	X	
Servicios generales	Sistema de transporte de vapor	Tuberías, trampas de vapor, válvulas termodinámicas					x		
Pan	Cámara de vapor	Turbina	x	x	x				

Fuente: Mantenimiento Predictivo Bimbo Perú

5. Determinación de los períodos de monitoreo

Para la determinación de los períodos de monitoreo se planteó la creación de la sábana de Mantenimiento Predictivo o Plan de Mantenimiento Predictivo, el cual se detalla de mejor manera en el anexo H.

Esta creación resultó de la verificación de frecuencias de fallas que se revisó del historial de la Matriz de Mantenimiento y es conveniente que se ejecuten mediciones de pruebas que permitan la relación de

técnico con equipo, la optimización de puntos de medición y direcciones.

Estos análisis serán tratados de acuerdo a la criticidad de los resultados.

6. Creación de formatos de reporte

Para poder cumplir con el cumplimiento de frecuencia del Mantenimiento Predictivo, se tuvieron que crear formatos de reporte de verificación de cada equipo, que como se mencionó en el paso anterior se revisarán de acuerdo a los parámetros analizados y tomados en campo (Anexo I).

Etapa 03: Ejecución del Mantenimiento Predictivo

Para la ejecución del Mantenimiento Predictivo, como se mencionó anteriormente, se maneja el software Máximo 7.5, a través del cual se realizó la carga de la sábana de Mantenimiento del Sistema de Vapor, y en base a esto poder generar las órdenes de trabajo de acuerdo a frecuencia establecida.

Etapa 04: Monitoreo continuo

La etapa del monitoreo es una etapa más fina que en base al seguimiento diario, semanal y mensual de los indicadores de producción y de mantenimiento, podemos visualizar resultados a favor o en contra.

4.1.4 Análisis de costos

Los costos del Mantenimiento Correctivo y Preventivo que se realizan con una frecuencia determinada ascienden a valores de 1300 USD y están divididos de la siguiente manera:

Básicamente constan en el cambio de repuestos como rodamientos, ejes, fajas, sellos mecánicos, mecanizados y fabricaciones, entre otros; estos tipos de mantenimientos realizados son muy costosos ya que algunos de los componentes en la mayoría de casos no ha cumplido su vida útil.

Con la implementación del Mantenimiento Predictivo se ha logrado mejorar de manera significativa la reducción de dichos gastos, en base al uso de las nuevas herramientas adquiridas y una de las medidas de mayor uso para evitar que temas de desalineación, vibración o desajustes mecánicos lleguen a dañar algún rodamiento interno de un motor o genere una falla de mayor calibre, fue el balanceo dinámico, y en base a esto se pudo reducir en un 79%.

TABLA N°4.3
COMPARACIÓN DE COSTOS DE MANTENIMIENTO

Equipo o activo	Costo de Mantenimiento Correctivo y Preventivo (USD)	Costo de Mantenimiento Predictivo (USD)
Caldera pirotubular	8200	1096
Cámara de vapor	4500	1500
Sistemas de tuberías de vapor	300	100
Total	13000	2696

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se reflejaron de manera puntual los costos de preventivos versus los costos de mantenimiento predictivo, se generó un ahorro de 10304 USD que significa un ahorro del 79%.

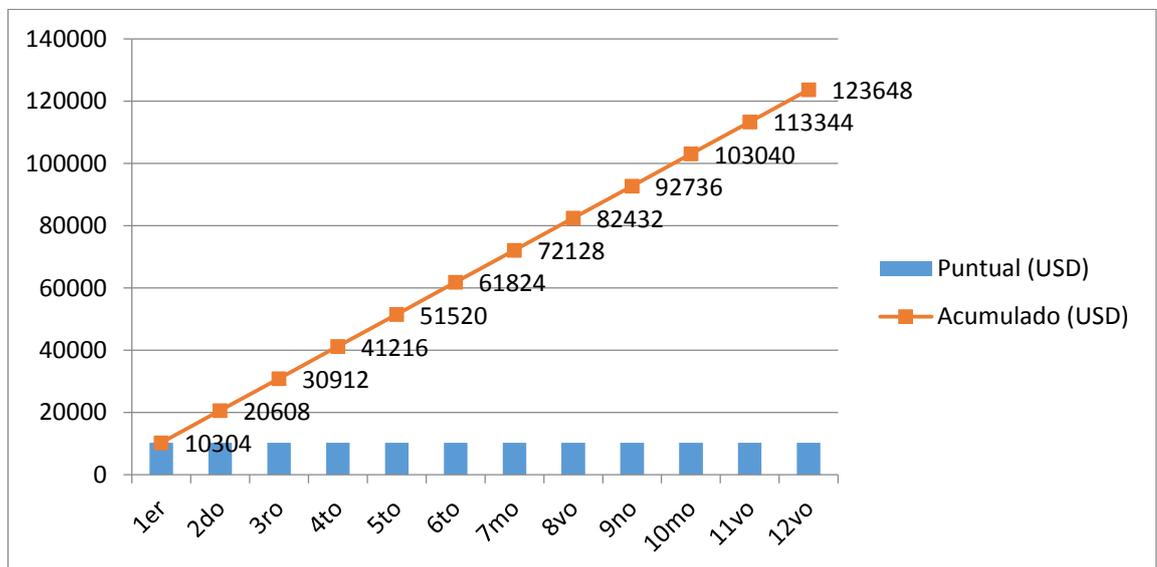
TABLA N°4.4
PRESUPUESTO POR FASES (VALORES REFERENCIALES)

Actividad	Responsable	Inversión aproximada (USD)
Capacitación de personal de Ingeniería y Mantenimiento para uso de técnicas de Mantenimiento predictivo	Jefe de Mantenimiento, Jefes de Mecánicos y Administrativo de Logística	3000
Compra de herramientas de análisis Predictivo	Jefe de Mantenimiento, Jefes de Mecánicos, Mecánicos de Mantenimiento y Administrativo de Logística	95000
Sistema de monitoreo de Mantenimiento Predictivo	Jefe de Mantenimiento, Jefes de Mecánicos y Administrativo de Logística	256000
TOTAL		354000
Fuente: Área de Ingeniería y Mantenimiento Bimbo Perú		

En la tabla anterior se plasmó el monto total de la inversión de la implementación que fue de 354000 USD, pero este monto total fue proyectado para aplicar el Mantenimiento Predictivo de toda la planta de Bimbo Perú, por lo cual haciendo cálculos, tendríamos lo siguiente, que el ahorro teórico proyectado por 3 equipos es de 10304 USD de manera mensual, lo cual quiere decir que el total

de la inversión sería recuperado en 3 años aproximadamente, pero si este fuera proyectado a todos los equipos de la planta, estaríamos hablando de un tiempo de retorno de inversión menor a un año, con lo cual los ahorros generados son proyectados a mejoras de diseño e ingeniería y se estaría hablando de escalar al siguiente nivel, Mantenimiento Proactivo.

GRÁFICO N°4.1
PROYECTADO DE AHORRO TEORICO AL PRIMER AÑO



Fuente: Elaboración propia

4.2 Población y muestra

No aplica, la población es igual a la muestra, por ser una investigación específica.

4.3 Técnicas e instrumentos de recolección de la información documental.

La presente investigación fue realizada utilizando documentación recopilada durante el proceso productivo de la línea de Pan, antes

y después de la implementación, tanto del área de Producción y el área de Ingeniería y Mantenimiento de Bimbo Perú.

**TABLA N°4.5
TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Técnica	Instrumentos
Análisis documental	Fichas técnicas de equipos Matriz de fallas (Reporte integrado de Ingeniería y Mantenimiento)

Fuente: Elaboración propia

4.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información de campo

**TABLA N°4.6
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Técnica	Instrumentos
Técnicas de Mantenimiento Predictivo	Analizador de vibraciones Fluke 805 FC, Analizador de vibraciones SKF CMAS 100SL, Equipo ultrasonido ultraprobe 401 DGCH, Cámara termográfica Fluke Ti450, Lámpara ultravioleta para tintes penetrantes Magnaflux, Analizador de aceites Oilcheck Monitor TMEH 1, Alineador de poleas TKBA 40, Alineador de ejes TKSA 51

Fuente: Elaboración propia

TABLA N°4.7
PARÁMETROS MEDIDOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS
(los más resaltantes del estudio)

Equipo de análisis predictivo	Parámetros medidos
Cámara termográfica Fluke Ti450	Gradientes de temperatura de superficies de objetos (°C)
Analizador de vibraciones SKF CMAS 100SL	Niveles de velocidades (mm/seg), valores de aceleración (Ge)

Fuente: Elaboración propia

4.5 Análisis y procesamiento de datos

El proyecto se elabora en gabinete (oficina de proyectos) con la toma de datos reales del Sistema de Vapor de Panificadora Bimbo S.A., en base a los monitoreos continuos.

FIGURA N°4.8
PLANO DE UBICACIÓN DE PANIFICADORA BIMBO S.A.



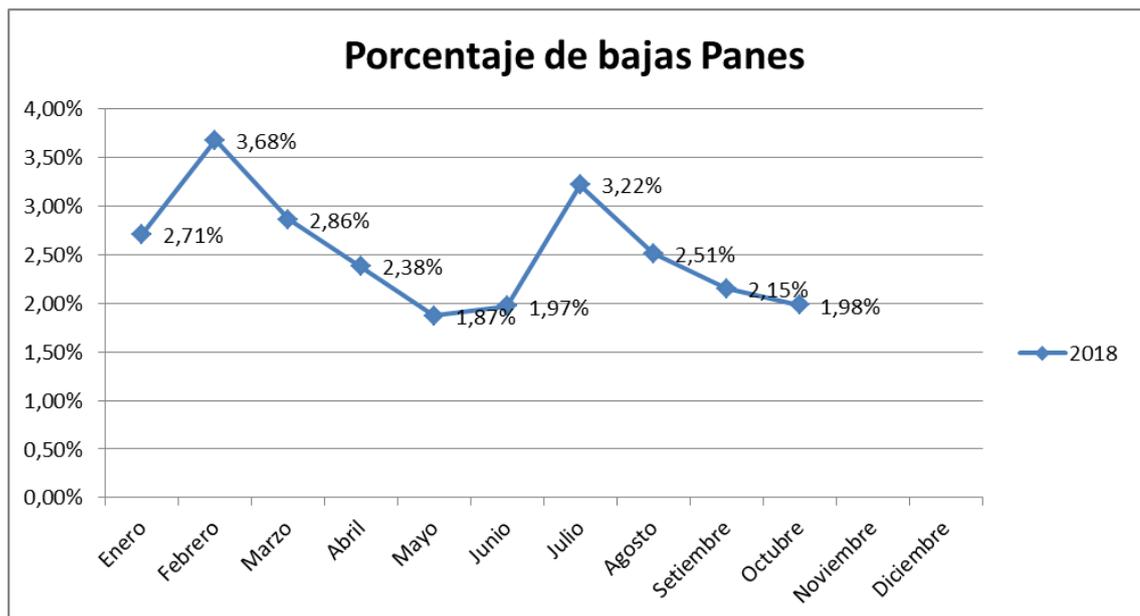
Fuente: Google Maps

V RESULTADOS

Luego de evaluar todos los registros e información, de forma posterior de la implementación del Plan de Mantenimiento Predictivo, se obtuvieron los siguientes resultados:

5.1 Resultados de porcentajes de pérdidas en línea de producción de panes

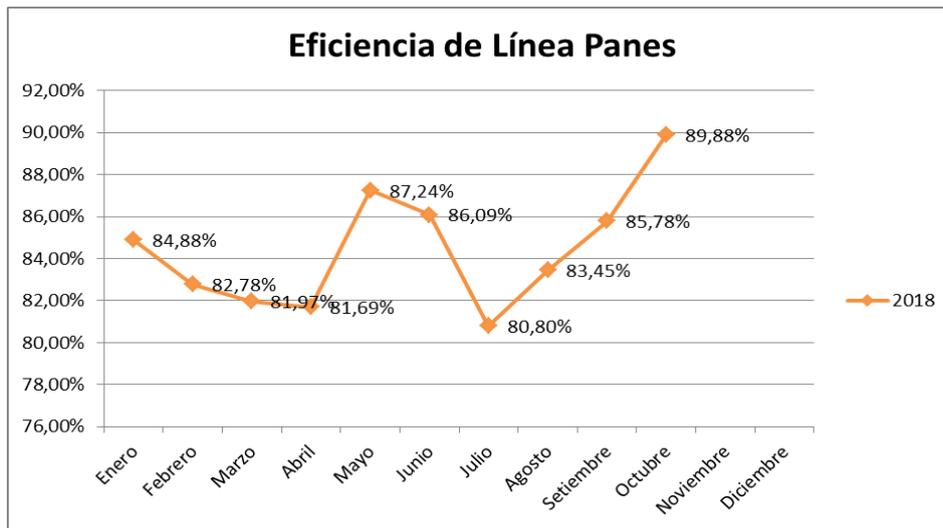
GRÁFICO N°5.1
PORCENTAJE DE PÉRDIDAS DE HOGAZAS DE LÍNEA DE PANES (con la implementación)



Fuente: Área de Producción Bimbo Perú

5.2 Resultados de eficiencia de línea de producción de panes

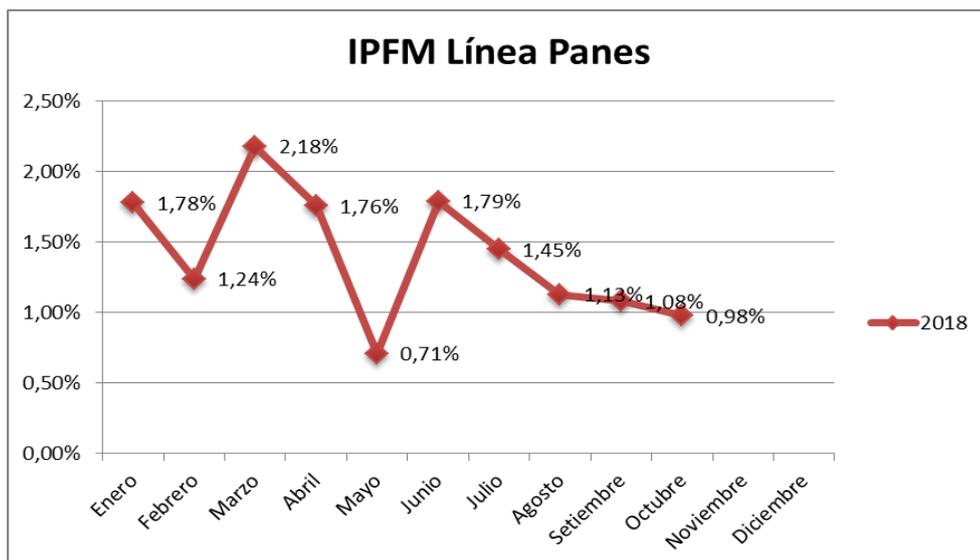
GRÁFICO N°5.2
EFICIENCIA DE LÍNEA PANES (con la implementación)



Fuente: Área de Producción Bimbo Perú

5.3 Resultados de %IPFM de la línea de producción de panes

GRÁFICO N°5.3
IPFM DE LÍNEA PANES (con la implementación)



Fuente: Área de Ingeniería y Mantenimiento Bimbo Perú.

VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contrastación de la hipótesis

Los resultados obtenidos con la implementación del Plan de Mantenimiento Predictivo en Panificadora Bimbo S.A. nos demuestran que:

- a. Se disminuyó el porcentaje de pérdidas de hogazas de la línea de producción de panes, de valores del 3% de pérdidas totales, se redujeron a valores del 1.90% (tendencia a la baja).
- b. Se disminuyó las incidencias en la caldera pirotubular 80 BHP y de igual forma en la cámara de vapor de panes, el porcentaje de interrupción por falla mecánica (IPFM) descendió de 1.8% hasta 0.98% (tendencia a la baja), además de brindar confiabilidad a la operación.
- c. Al identificar los problemas críticos del sistema de transporte de vapor, mediante las técnicas de Mantenimiento Predictivo con el personal técnico, se logra erradicar al 90% los problemas existentes (fugas de vapor, pérdidas de condensado, entre otros) en el Sistema de transporte de vapor.

6.2 Contrastación de los resultados con estudios similares

Como lo mencionado en la parte del marco teórico, Antecedentes de la investigación, también se realizaron estudios similares, con la diferencia de que la presente Tesis analiza el impacto de forma posterior a la Implementación del Mantenimiento Predictivo, para poder determinar el porcentaje de reducción de pérdidas en la línea de producción de panes.

6.3 Responsabilidad ética

La presente investigación está comprometida a respetar la veracidad de los resultados, que tanto los datos suministrados por la empresa y recopilados por el investigador son totalmente confiables y de igual forma la identidad de los individuos que participan en el estudio, de igual forma el investigador no puede inventar datos de estudios para conseguir los resultados esperados.

VII CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye que:

- 1.** Las pérdidas de hogazas de la línea de producción de panes, alcanzaban valores del 3% sin la implementación y esto se puede ver reflejado en los valores mensuales bajos al no estar dentro de meta, asimismo al implementar el Plan de Mantenimiento Predictivo logra arrojar valores con tendencia a la baja, y esto concluye que resulta efectiva la implementación.
- 2.** Al igual los porcentajes de IPFM de la caldera pirotubular 80 BHP y cámara de vapor de panes, alcanzaban valores de 1.98% sin la implementación, asimismo al implementar el Plan de Mantenimiento Predictivo se arrojan valores con tendencia a la baja, y esto concluye que resulta efectiva la implementación.
- 3.** Por tanto, al haber obtenido resultados satisfactorios para ambos indicadores se concluye que la implementación del Plan de Mantenimiento Predictivo mejoró la reducción de pérdidas de hogazas de la línea de producción de panes.

VIII RECOMENDACIONES

- 1.** A fin de seguir mejorando el proceso productivo de la línea de panes, se recomienda continuar con el monitoreo de las frecuencias establecidas de la caldera pirotubular 80 BHP y de la cámara de vapor, ya que estos valores pueden variar de acuerdo a la condición del proceso.
- 2.** Las capacitaciones al personal de Ingeniería y Mantenimiento sobre temas y técnicas de Mantenimiento Predictivo deben ser constantes para poder afianzar los conocimientos básicos que se tienen y por ende tener un criterio técnico desarrollado.
- 3.** Este proyecto se puede tomar como base para otras investigaciones que puedan surgir de manera posterior.

IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN SOCIETY OF HEATING (1997) *Refrigerating and Air Conditionig Engineers*, AS (Author Institutional). ASHRAE HVAC Fundamentals Handbook.
- Armstrong, I. (1998). *Guía para la conservación de vapor en el drenado de condensados-Manual N101S 5M*. Michugan-E.U.A.
- Cengel, Y. (2004) *Transferencia de calor* (Segunda edición). México: McGraw-Hill.
- Centro de escritura Javeriano (Ed.). (2013) Normas APA. Cali, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado de: <https://portales.puj.edu.co/ftpcentroescritura/Recursos/Normasapa.pdf>
- Cimbala, J. (2006) *Mecánica de fluidos. Fundamentos y aplicaciones*. McGraw-Hill.
- Da Costa Burga, M. (2010) *Aplicación de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción*. Perú.
- Daniel, L. (2005) *Mantenimiento su implementación y gestión* (Segunda edición). Argentina: Universitas.
- Gonzáles, R. (2009) *Implementación del mantenimiento predictivo basado en el análisis de vibración en los compresores de tornillo de una empresa procesadora y enlatadora de productos del mar*. Barcelona, España.
- Guanche, J. (2016) *Plan de Mantenimiento de una sala de Calderas*. España.
- Olea, O. (2012) *Realización de guía de mantenimiento predictivo para calderas*. Colombia.
- Pasache, J. (2017) *Plan de Mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones para mejorar la confiabilidad de los equipos rotativos del área de galvanizado en una empresa metalmecánica*. Lima, Perú.

- Sistema de información de Eficiencia Energética y Energías Alternativas (en línea). Colombia: Bogotá, D.C. 2007. Disponible en internet: <http://www.si3ea.gov.co/Eure/5/inicio.html>
- SPIRAX SARCO (en línea). 2016-2017. Disponible en internet: <http://www.spiraxsarco.com/es/products-services/products/steam-traps.asp>
- TLV Compañía especialista en vapor (en línea). Disponible en internet: <https://www.tlv.com/global/LA/>
- Zampieri, H., Collado, F., Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (quinta edición). México: McGraw-Hill.

Anexo A: Matriz de consistencia.

PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DEL SISTEMA DE VAPOR PARA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS DE HOGAZAS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PANES-PANIFICADORA BIMBO S.A.							
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA			HIPÓTESIS Y VARIABLES		TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN: Cuasiexperimental	
Descripción de la realidad problemática	Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables		Tipo de la investigación	Nivel de la investigación
Panificadora Bimbo S.A., perteneciente al Grupo Bimbo de México, empresa dedicada a la elaboración de productos terminados, tales como pan (producto principal), bollería, panetones, entre otros. Utiliza el vapor como energético principal en sus cámaras de vapor (fermentación), las cuales son abastecidas por una caldera pirotubular 80 BHP. Particularizando la línea de panes, el problema surge cuando la cámara de vapor sufre una parada inoportuna o cuando la cámara de vapor queda desabastecida de vapor, por una falla imprevista de la caldera pirotubular 80 BHP, generando un acumulado de pérdidas de hogazas de pan, lo cual impacta la eficiencia de dicha línea,	Problema general ¿En qué medida un Plan de Mantenimiento Predictivo del Sistema de Vapor permite reducir las pérdidas de hogazas en la línea de producción de panes de Panificadora Bimbo S.A.?	Objetivo general Desarrollar un Plan de Mantenimiento Predictivo del Sistema de Vapor para reducir pérdidas de hogazas en la línea de producción de panes para Panificadora Bimbo S.A.	Hipótesis general Con el desarrollo de un Plan de Mantenimiento Predictivo del Sistema de transporte de Vapor, se reducen las pérdidas de hogazas en la línea de producción de panes de Panificadora Bimbo S.A.	Variable independiente Plan de Mantenimiento Predictivo del Sistema de vapor	Cantidad de Interrupciones por fallas mecánicas de cámara de vapor y caldera pirotubular 80 BHP (semanal y mensual), extraído de la Matriz de fallas de Mantenimiento.	Aplicada Tecnológica Transversal	Descriptivo simple
				Variable dependiente			
				Pérdidas de hogazas de pan			

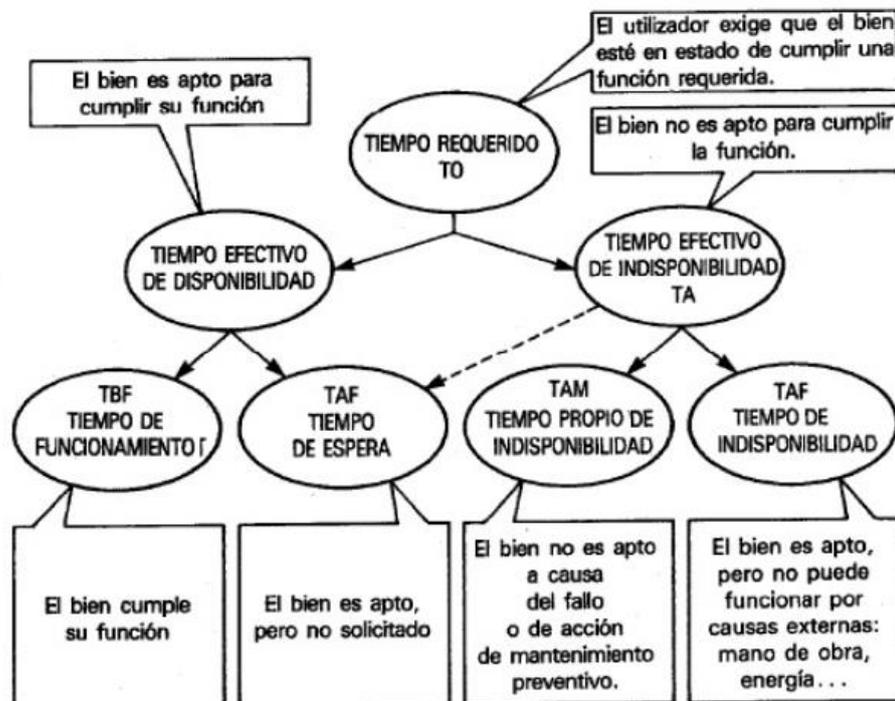
reduciéndola hasta valores del 80%, cuando normalmente esta línea trabaja al 91%.					extraído de Row del área de Producción	Parámetros de diseño
	Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas			Cantidad de interrupciones por falla mecánica (IPFM) de caldera pirotubular 80 BHP
	¿Cómo la identificación de los modos de falla objetivos de la caldera pirotubular 80 BHP permite reducir pérdidas de hogazas en la línea de producción de panes de Panificadora Bimbo S.A.?	Identificar los modos de falla objetivos de la caldera pirotubular 80 BHP para reducir pérdidas de hogazas en la línea de producción de panes de Panificadora Bimbo S.A.	Con la identificación de modos de falla objetivos de la caldera pirotubular 80 BHP, se logra dar solución a las fallas de manera más rápida y de igual forma aumentar su eficiencia.			Cantidad de interrupciones por falla mecánica (IPFM) de la cámara de vapor (fermentación)
						% IPFM, tiempos de fallas mecánicas de la caldera pirotubular 80 BHP con respecto a las horas de producción
						% IPFM, tiempos de fallas mecánicas de la cámara de vapor con respecto a las horas de producción
						% de bajas, son las toneladas o kg de pérdidas de hogazas de pan, que se pierden en el área de cámara de vapor (Ton pérdidas/Ton producidos)

	<p>¿Cómo la identificación de los modos de falla objetivos de la cámara de vapor (fermentación) permite reducir las pérdidas de hogazas en la línea de producción de panes de Panificadora Bimbo S.A.?</p>	<p>Identificar los modos de falla objetivos de la cámara de vapor (fermentación) para reducir pérdidas de hogazas en la línea de producción de panes de Panificadora Bimbo S.A.</p>	<p>Con la identificación de modos de falla de la cámara de vapor (fermentación), se logra dar solución a las fallas de manera más rápida y de igual forma aumentar su eficiencia.</p>			
	<p>¿Cómo la identificación de los problemas potenciales del sistema de transporte de vapor permite reducir pérdidas de hogazas en la línea de producción de panes de Panificadora Bimbo S.A.?</p>	<p>Identificar los problemas potenciales del sistema de transporte de vapor para reducir pérdidas de hogazas en la línea de producción de panes de Panificadora Bimbo S.A.</p>	<p>Con la identificación de problemas críticos en el sistema de transporte de vapor, se logra eliminar fugas de vapor y condensado y mejorar su estado actual.</p>			<p>Software Máximo 7.5, para poder establecer frecuencias en el Plan de Mantenimiento Predictivo del Sistema de Vapor</p>

Anexo B: Instrumentos validados

Instrumentos de Mantenimiento predictivo
Analizador de vibraciones Fluke 805 FC
Analizador de vibraciones SKF CMAS 100SL
Equipo ultrasonido ultraprobe 401 DGCH
Cámara termográfica Fluke Ti450
Lámpara ultravioleta para tintes penetrantes Magnaflux
Analizador de aceites Oilcheck Monitor TMEH 1
Alineador de poleas TKBA 40
Alineador de ejes TKSA 51

Anexo C: Los tiempos relativos al Mantenimiento (según la norma AFNOR X 60 015)



En el marco de la gestión del Mantenimiento, se distinguen los tiempos de paro TA imputables al mantenimiento, que se llaman TAM, y los no imputables al mantenimiento TAF (F de “fabricación”).

Por la forma de recogida de los tiempos, los tiempos de espera serán imputados a la fabricación (TAF). En efecto, los contadores horarios que afectan a una máquina totalizan solamente los TBF.

Entonces la codificación puede distinguir, para cada paro, el tiempo de espera de los diferentes tiempos de indisponibilidad.

Se llamará T O al “tiempo requerido” de la norma, con referencia al “tiempo de apertura” término utilizado corrientemente en las cadenas de producción.

$$T O = \sum TBF + \sum TAM + \sum TAF$$

Anexo D: Matriz de historial de fallas de Mantenimiento

REP	# REPORT	SEMANA	FECHA	IPFM LINEA (MIN)	IPFM EQUIPO (MIN)	TURN	HORA INICIO	¿INVOLUCRA SERVICIOS GENERALES?	LINEA	JEFE MECANICOS	MAQUINA / EQUIPO
196		11	10-mar.-18	22		TARDE	17:13	CUARTO MAQUINAS	PRE PIZZA	LUIS LEYTON	Caldera Intesa

SUBTOTAL DEL FILTRO APLICADO		
MINUTOS	HORAS	# FALLAS
22	0	1

Anexo E: Historial de fallas de Caldera y cámara de vapor



Peru
Callao
Año 2018

NUEVO REPORTE

SUBTOTAL DEL FILTRO APLICADO		
MINUTOS	HORAS	# FALLAS
245	4	13

REG	# REPORT	SEMANA	FECHA	PFMLINEA (MIN)	PFMEQUIPO (MIN)	TURNO	HORA INICIO	¿INVOLUCRA SERVICIOS GENERALES?	LINEA	JEFE MECANICOS	MAQUINA/EQUIPO	PROBLEMA
21	142138980	2	8-ene-18	10		MAÑANA	10:15		BOLLERIA	PABLO PERALTA	Camara de vapor	Caída de presión de vapor
51	143139283	3	15-ene-18	25		NOCHE	5:20	CUARTO MAQUINAS	PAN	LUIS LEYTON	Camara de vapor	Caída de temperatura de vapor
143		7	9-feb-18	24		NOCHE	22:15	CUARTO MAQUINAS	PAN	LUIS LEYTON	Camara de vapor	Caída de temperatura de vapor
144		7	10-feb-18	32		NOCHE	22:15	CUARTO MAQUINAS	BOLLERIA	LUIS LEYTON	Camara de vapor	Caída de temperatura de vapor
196		11	10-mar-18	22		TARDE	17:13	CUARTO MAQUINAS	PRE PIZZA	LUIS LEYTON	Caldera Intesa	Falta de vapor
213		12	15-mar-18	25		NOCHE	3:30	CUARTO MAQUINAS	PAN	LUIS LEYTON	Camara de vapor	Masa caliente
243		13	23-mar-18	5		NOCHE	3:26		PAN	PABLO PERALTA	Camara de vapor	Variación de temperatura de masa
338	142143938	17	23-abr-18	7	20	MAÑANA	10:05		PAN	PABLO PERALTA	Camara de vapor	Caída de temperatura
349		17	20-abr-18	10	67	MAÑANA	9:37		BOLLERIA	PABLO PERALTA	Camara de vapor	Se baja temperatura
617		33	11-ago-18	20	20				PAN	PABLO PERALTA	Camara de vapor	Falta de humedad en la camara
799		40	1-oct-18	38	240	MAÑANA	10:58		PANETONES	JOSE TIPE	Camara de vapor	Temperatura demasiada alta
851		42	12-oct-18	12	109	NOCHE	23:29		PAN	PABLO PERALTA	Camara de vapor	Temperatura por debajo del set point
915		44	26-oct-18	15	15	NOCHE	1:45	CUARTO MAQUINAS	PAN	LUIS LEYTON	Camara de vapor	



Peru
Callao
Año 2017

NUEVO REPORTE

SUBTOTAL DEL FILTRO APLICADO		
MINUTOS	HORAS	# FALLAS
88	1	7

REC	# REPORTE	SEMANA	FECHA	PFMLINEA (MIN)	PFMEQUIPO (MIN)	TURNOS	HORA INICIO	¿INVOLUCRA SERVICIOS GENERALES?	LINEA	JEFE MECANICOS	MAQUINA/EQUIPO	PROBLEMA
72	142126821	5	27-ene-17	13		NOCHE	20:22		PAN	PABLO PERALTA	Camara de vapor	bulbo seco se baja camara
92	142127060	6	3-feb-17	50		MAÑANA	13:44		PAN_PITA	JOSE TIPE	Camara de vapor	camara de vapor en falla por baja temperatura
106		6	1-feb-17	1		MAÑANA	6:39		PAN	PABLO PERALTA	Camara de vapor	fuga de agua de camara de vapor
113		6	1-feb-17	4		NOCHE	1:40		PAN	PABLO PERALTA	Camara de vapor	fuga de agua
115	142126853	6	1-feb-17	2		NOCHE	23:33		PAN	PABLO PERALTA	Camara de vapor	fuga de agua
494		29	13-jul-17	8		NOCHE	20:34		PANETONES	JOSE TIPE	Camara de vapor	Cámara sin vapor
691		44	29-oct-17	10		NOCHE	8:04		BOLLERIA	PABLO PERALTA	Camara de vapor	Falla de cámara

Anexo F: Formato de interrupción por falla mecánica IPFM

		DOCUMENTO DE APOYO		CÓDIGO	PSM-LAS-SPE-A262
REPORTE DE INTERRUPCIÓN DE LA PRODUCCIÓN				VERSIÓN:	3
				VIGENCIA	nov-18
LADO FRONTAL					
					FECHA
DATOS DE LA INTERRUPCIÓN					
LINEA DE PRODUCCIÓN	MÁQUINA O EQUIPO		N° DE MÁQUINAS	SEMANA N°	
PRODUCTO	TURNO	CÓDIGO DE MÁQUINA O EQUIPO	HORA DE PARO	HORA DE ARRANQUE	
REPORTÓ	CORRIGIÓ		TIEMPO I.P.M.F. MÁQUINA	TIEMPO I.P.M.F. LINEA	
DESCRIPCIÓN DE LA FALLA			PROBLEMA EXISTENTE		
REPETITIVA <input type="checkbox"/>			PROVISIONAL <input type="checkbox"/>		
CAUSA			SOLUCIÓN INMEDIATA		
OBSERVACIONES					
EQUIPO LIMPIO Y SANITIZADO <input type="checkbox"/>					
DIAGNOSTICO DEFINITIVO			SOLUCION DEFINITIVA		
APROBÓ (NOMBRE Y FIRMA)	EJECUTÓ (NOMBRE Y FIRMA)	REVISÓ (NOMBRE Y FIRMA)	D	M	F
			S	O	

LADO REVERSO		
INSPECCIÓN DE EQUIPO AL TERMINO DE LA INTERVENCIÓN		
Marque con ✓ (realizado) o X (no realizado) SEGÚN SEA EL CASO		
	INSPECCIÓN DEL MECÁNICO	INSPECCIÓN DEL SUPERVISOR O MAESTRO
LIBRE DE TORNILLERÍA	()	()
LIBRE DE HERRAMIENTAS	()	()
LIBRE DE MATERIALES SOBANTES	()	()
LIMPIEZA	()	()
SANITIZACIÓN	()	()
EQUIPO LIBERADO POR PRODUCCIÓN:		
_____ NOMBRE Y FIRMA DEL SUPERVISOR		

Anexo G: Ficha de Inscripción de Curso Corto TECSUP

Ficha de Inscripción - Empresas Cursos y Programas de Extensión



Señale la inscripción en:
(Marque la opción y complete el nombre de la capacitación que corresponde)

- Diplomado _____
 Programa Integral _____
 Curso Corto Técnicas de Mantenimiento Predictivo
 Tecsup Virtual _____
 Tecsup Semipresencial _____
 EOP _____
 Participante: _____

Nombres	Apellidos	Nombre del Curso/Programa	e-mail	Teléfono / Celular y/o Móvil	N° de DNI
Isuro	Chilquillo Flores	Tec. Man. Pred.	i-chilquillo@hotmail.com	966420534	10709826
Hugo Edson	Clsteros Trujillo	Tec. Man. Pred.	hugoedison666@gmail.com	984729339	10120034
Huber Lucio	De la Cruz Reyes	Tec. Man. Pred.	huber1988@gmail.com	995573573	45518381
Jhon Andres	Huanca Sarcos	Tec. Man. Pred.	jhon.huanca@grupobimbo.com	992907745	43843786
Jhonatan	Huaynay Diaz	Tec. Man. Pred.	jhonatan_huaydiaz@hotmail.com	941398517	72180450
Luis Alexander	Leyton Castillo	Tec. Man. Pred.	leyton1304@gmail.com	982271817	46544235
José Gerardo	Nieves Castillo	Tec. Man. Pred.	gerardonias@gmail.com	992073460	10198681
Pablo Alexis	Peralta Rios	Tec. Man. Pred.	pperalrio@gmail.com	979969511	10180595

DATOS PARA LA FACTURACIÓN:

RAZÓN SOCIAL: Panificadora Bimbo S.A.

RUC: 20249735692

Dirección / Distrito: Jr. Jorge Chávez N° 860 / Centro de la Legua Reynoso - Cel

Teléfono / Fax / Anexo: 6251010 Anexo 2236

Persona encargada del pago de la factura: Judith Madeline Zapata Bravo

FORMA DE PAGO:

- Contado
 Crédito (No aplica a cursos de Tecsup virtual)

El pago se realizará en:

- Efectivo
 Cheque (a nombre de Tecsup T)
 Depósito Bancario*
 Via web
 Trabaja con Orden de Servicio y/o Orden de Compra: Sí No

* El depósito bancario se debe realizar en el Bco. de Crédito del Perú a la Cta. Cta. "TECSUP LIMA PCC INSCRIPCIONES" indicando el código (RUC de la empresa). Recibir la boleta de pago vía correo electrónico a info@tecsup.edu.pe, con los datos correspondientes.

CONDICIONES

- Se considerará la asistencia de la matrícula solo hasta tres días antes de la fecha de inicio del Programa/Curso, en forma escrita.
- Una vez iniciado el curso, si el participante opta por retirarse, la empresa no tendrá derecho a reembolso. Asimismo, se le cobrará el pago del valor total del mismo.
- Una vez iniciado el Programa Integral o Diplomado, si la empresa opta por retirar a un participante deberá cancelar con anticipación, frente al instructor en el cual presenta su solicitud de retiro, más el 50% del valor restante frente al fin del programa, de haberse formalizado con algún tipo de descuento, éste quedará sin efecto.
- Las empresas deberán realizar sus pagos en las fechas establecidas. Los pagos fuera de fecha tienen un recargo por mora sobre el monto del siguiente hecho en la factura.
- En caso de incumplimiento de los pagos, Tecsup se reserva el derecho de informar a las Centrales de Riesgo sobre la deuda pendiente, pudiendo ser utilizada crediticia a nivel nacional.

Jorge Grandu Tejada
 NOMBRE Y APELLIDOS DE LA PERSONA QUE AUTORIZA
 CARGO: Jefe de Planta # 10



Anexo H: Plan de Mantenimiento Predictivo Bimbo Perú

 Bimbo Perú		PLAN ANUAL DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO																																																					
LINEA: PAN Y CUARTO DE MÁQUINAS																																																							
AÑO: 2018																																																							
ITEM	LISTA GENERAL SISTEMA DE VAPOR	E-T	TIPO	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52
CMQ	CALDERA PIROTUBULAR 80 BHP	E	TV		V		T	V		V		V		V		V		T	V		V		V		V		V		V		T	V		V		V		V		V		T	V		V		V		V		V		V		
PAN	CAMARA DE VAPOR MANUAL	E	TV	T	V		V		V		V		V		T	V		V		V		V		V		V		T	V		V		V		V		V		T	V		V		V		V		V		V		T	V		

Leyenda : Caldera pirotubular y cámara de vapor de panes

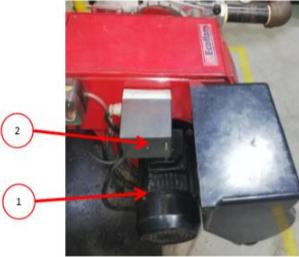
CMQ : Cuarto de máquinas

Color verde : Intervención de análisis vibracional

Color rojo : Intervención de análisis termográfico

S1,S2.....,S52 : Semanas del año

Anexo I: Formato de reporte de intervenciones

FICHA TECNICA		
	PANIFICADORA BIMBO DEL PERU S.A.	EQUIPO: QUEMADOR DE CALDERA INTESA
		LINEA: CUARTO DE MAQUINAS Y SERVICIOS GENERALES
		

DATOS DEL EQUIPO	
QUEMADOR	
MARCA	ECOFAM
TIPO	
MODELO	
CAPACIDAD	
MOTOR DE TURBINA	
MARCA	
TIPO	
MODELO	
POTENCIA	
VOLTAJE	
AMPERAJE	
SIN	
ASLAMIENTO	
RODAMIENTO DE	
RODAMIENTO ODE	

	DIAGNOSTICO PREDICTIVO DEL EQUIPO				
	TECNICAS PREDICTIVAS	VIBRACIONES	ULTRASONIDO ACUSTICO	TEMPERATURA	ACEITE
MODOS DE FALLA REGULAR Y BUENA VV EXCELENTE VVV	DESALINEAMIENTO	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
	DESVALANCE	VVV	-	-	-
	SOLTURAS	VVV	-	-	-
	RODAMIENTOS	V	VVV	V	-
	ENGRANAJES	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
	TORNILLO	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
	CAVITACION	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
	DESCARGAS PARCIALES	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
INSTRUMENTOS					
VIBRAMETRO SKF	ACELEROMETRO SKF	OIL CHECK SKF			
VIBRAMETRO FLUKE	ACELEROMETRO FLUKE	CAMARA TERMOGRAFICA FLUKE			

FICHA TECNICA		
	PANIFICADORA BIMBO DEL PERU S.A.	EQUIPO: QUEMADOR DE CALDERA INTESA
		LINEA: CUARTO DE MAQUINAS Y SERVICIOS GENERALES
TENDENCIAS DE VIBRACION, ACELERACION Y TEMPERATURA		
