



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
Laureate International Universities

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“Propuesta de Mejora Enfocada bajo una
Gestión TPM, para reducir las pérdidas
económicas del área impresión en Norsac S.A.”**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR:

Bach. CARLOS IVÁN RODRÍGUEZ MIGUEL

ASESOR:

Ing. PAREDES ROSARIO RAÚL ROSALI

TRUJILLO – PERÚ

2016

DEDICATORIA

A nuestro Padre Celestial por darme la vida y el conocimiento por ser nuestra inspiración nuestro sustento y fortaleza.

A mi madre Margarita y hermana Doris
Por apoyarme a lo largo de nuestra carrera profesional.

EPÍGRAFE:

"No hay que tener miedo de la pobreza ni del destierro, ni de la cárcel, ni de la muerte. De lo que hay que tener miedo es del propio miedo"

(Epicteto de Frigia)

AGRADECIMIENTO

A la empresa NORSAC S.A. por
permitirme elaborar este trabajo.

A mí asesor y docentes que nos
brindaron su incondicional apoyo.

LISTA DE ABREVIACIONES

A.M.E.F.	Análisis de modo y efecto de falla.
A.S.N.T.	Sociedad Americana de pruebas no destructivas.
°C.	Grados centígrados.
C.A.M.	Coeficiente de aptitud de una máquina.
Cap.	Capítulo.
Cant.	Cantidad.
C.P.K.	Coeficiente de aptitud al reglaje.
C.P.M.	Ciclos por minuto.
Ej.	Ejemplo.
E.O.O.	Eficacia global del equipo
Etc.	Etcétera.
F.I.F.O.	Primero entra y lo primero sale
Fig.	Figura.
°F.	Grados Fahrenheit.
Gln.	Galones.
ISO.	Organización internacional de normalización.
Lt.	Litros.
L.C.	Línea central del gráfico.
L.C.S.	Límite de control superior.
L.C.I	Límite de control inferior.
M.	Minutos.
M.P.	Mantenimiento preventivo.
M.B.C.	Mantenimiento basado en condición.
M.P.L.	Mejoras del plan de lubricación.

N.E.E.	Eficacia neta del equipo.
N.P.R.	Número de prioridad de riesgo.
P.U.	Precio unitario.
P.D.C.A.	Planificar Hacer Controlar Actuar
RCM	Mantenimiento centrado en la confiabilidad.
R.O.	Rendimiento operacional.
S.A.	Sociedad Anónima.
T.	Temperatura.
T.A.B.	Número total se bases
T.A.N.	Número total de ácido
T.E.E.P.	Productividad total efectiva del equipo.
T.P.M.	Mantenimiento Productivo Total.
M.T.B.F.	Tiempo promedio entre fallos.
M.T.T.R.	Tiempo promedio para reparar.
Unid.	Unidad.
V.D.	Variable dependiente.
V.I.	Variable Independiente.
%	Porcentaje.
#	Número.
μm	Micrómetro.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

De conformidad y cumpliendo lo estipulado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Privada del Norte, para Optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, pongo a vuestra consideración la presente Proyecto intitulado:

“Propuesta de Mejora Enfocada bajo una Gestión TPM para reducir las pérdidas económicas del área impresión en Norsac S.A.”

El presente proyecto ha sido desarrollado durante los primeros de Agosto a Diciembre año 2014, y espero que el contenido de este estudio sirva de referencia para otros Proyectos o Investigaciones.

Bach. Carlos Rodríguez Miguel

LISTA DE MIEMBROS DE LA EVALUACIÓN DE LA TESIS

Asesor: Raúl Rosali Paredes Rosario

Jurado 1: Sixto Ricardo Prado Gardini.

Jurado 2: Marcos Gregorio Baca López

Jurado 3: Ramiro Mas McGowen

RESUMEN

Esta propuesta de Mejora Enfocada bajo la gestión TPM tiene como objetivo general, en reducir las pérdidas económicas en el área de impresión para la empresa NORSAC S.A – Trujillo. Los cuales ayudara a disminuir las paradas imprevistas e incrementar la productividad.

Palabras claves: TPM, productividad, mantenimiento preventivo, equipos críticos, implementación, mantenimiento.

Descripción: La disponibilidad mecánica de los activos y la eficiencia del rendimiento de NORSAC, se encontraba muy por debajo de lo esperado. Se realizó una evaluación y proponer en implementar un mantenimiento autónomo y mejorar el mantenimiento preventivo, como parte de todas las recomendaciones del diagnóstico realizado.

Este programa de mantenimiento preventivo es corregir una falla sin inferir en el funcionamiento de motores eléctricos, tableros eléctricos de control logrando así la productividad de la planta.

Las frecuencias de inspección de los equipos se elaboraron en conjunto con el especialista y planificador del departamento de mantenimiento, además de la frecuencia se relacionó con el tiempo de duración de la inspección y su tarea asociada a falla posible a detectar por parte del especialista en termografía como en análisis de vibración.

ABSTRACT

This proposal Focused Improvement TPM management under the overall objective, to reduce economic losses in the print area for the company NORSAC S.A - Trujillo. Which will help reduce unplanned downtime and increase productivity.

Keywords: TPM, productivity, preventive maintenance, critical equipment, implementation, maintenance,

Description: Mechanical asset availability and performance efficiency NORSAC, was well below expectations. An evaluation was carried out and propose to implement an autonomous maintenance and improve preventive maintenance as part of all recommendations of the diagnosis made.

This preventive maintenance program is to correct a fault without inferring in the operation of electric motors, electrical control panels thus achieving productivity of the plant.

The frequencies of inspection of equipment were developed in conjunction with the specialist and planner maintenance department, in addition to the frequency related to the duration of the inspection and associated with possible failure to detect by the specialist thermography task and vibration analysis.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
EPÍGRAFE.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
LISTA DE ABREVIATURAS.....	v
PRESENTACIÓN.....	vii
LISTA DE MIEMBROS DE LA EVALUACIÓN DE LA TESIS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INDICE GENERAL.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xvi
INDICE DE TABLAS.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	xx
CAPITULO 1.....	1
GENERALIDADES DE LA INVESTIGACION.....	1
1.1. Realidad Problemática.....	2
1.2. Formulación del Problema.....	3
1.3. Hipótesis.....	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo General.....	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5. Justificación.....	4
1.6. Tipo de investigación.....	7
1.7. Diseño de la investigación.....	7
1.7.1 Sujetos de la investigación.....	7
1.8. Variables.....	8
1.8.1 Variable independiente.....	8
1.8.2 Variable dependiente.....	8

1.9. Operacionalización de variables.....	9
CAPITULO 2.....	12
MARCO REFERENCIAL.....	12
2.1. Antecedentes de la investigación.....	13
2.2. Base Teórica.....	16
2.2.1 Historia TPM.....	16
2.2.2 Objetivos TPM.....	17
2.2.3 Características del TPM.....	18
2.2.4 Beneficios del TPM.....	19
2.2.5 Desarrollo del TPM.....	19
2.2.6 Implementación del TPM.....	22
2.2.7 Los pilares TPM.....	25
2.2.8 La estrategia de los pilares de las 5'S.....	28
2.2.9 Mantenimiento Autónomo.....	32
2.2.10 Análisis de modo y Efecto de Falla.....	38
2.2.11 Eliminación de pérdidas PDCA.....	46
2.2.12 Etapas de eliminación de pérdidas.....	52
2.2.13 Animación de los grupos de fiabilización.....	60
2.2.14 Indicadores TPM.....	67
2.2.15 Calidad en los sistemas de producción.....	79
2.2.16 Efectos del TPM.....	83
2.2.17 Backlog.....	85
2.2.18 Tipos de Mantenimiento.....	87
2.2.19 Mantenimiento Preventivo.....	88
2.3. Definición de Términos.....	100
CAPITULO 3.....	103

DIAGNOSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL.....	103
3.1. Descripción general de la empresa.....	104
3.1.1 Misión y Visión.....	104
3.1.2 Productos.....	105
3.1.3 Ventajas de los productos... ..	108
3.2. Descripción del área de impresión en la empresa.....	110
3.2.1 Almacén de los recursos físicos de la materia prima.....	110
3.2.2 Proceso de impresión de la Línea #1.....	112
3.2.3 Procedimiento de arranque de impresión.....	114
3.3. Organigrama.....	117
3.4. Gestión técnica.....	118
3.5. Gestión administrativa.....	120
3.6. Gestión de Recursos Humanos.....	121
3.6.1 Condiciones laborales.....	122
3.6.2 Rol de personal.....	122
3.7. Identificación del problema e indicadores actuales.....	124
3.7.1 Costos de Mantenimiento.....	124
3.7.2 Pérdidas de tiempo de producción.....	127
3.7.3. Análisis Ishikawa.....	136
3.7.4. Indicadores actuales.....	141
CAPITULO 4.....	142
SOLUCION PROPUESTA.....	142
4.1. Planificación del Programa TPM.....	143
4.2. Pilar 2 Mejora Enfoca.....	147
4.3. Mantenimiento Preventivo.....	148
4.3.1 AMEF.....	148

4.3.2 Determinar los equipos críticos y actividades.....	149
4.3.3 Desarrollo de un Mantenimiento Preventivo.....	156
4.4. Mantenimiento Autónomo.....	172
4.4.1 Consideraciones de la propuesta.....	173
4.4.2 Propuesta actual respecto a las 5´S.....	173
4.4.3 Plantear la propuesta 5´S y Mantenimiento autónomo.....	175
4.4.4 La propuesta de implementar las tarjetas del Activo.....	184
4.4.5. La propuesta de las etiquetas de color azul y rojo.....	184
CAPITULO 5.....	186
EVALUACION ECONOMICA.....	186
5.1. Análisis Resultados.....	187
CAPITULO 6.....	192
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	192
6.1. Conclusiones.....	193
6.2. Recomendaciones.....	195
BIBLIOGRAFÍA.....	196
ANEXO.....	202
ANEXO A: Diagrama de Flujo del Productivo de la Empresa.....	203
ANEXO B: Almacenamiento de bidones de tinta y disolventes.....	204
ANEXO C: Almacenamiento de las bobina de tela impresa.....	205
ANEXO D: Procedimiento de medición de la productividad.....	206
ANEXO E: Reporte de análisis de MTBF Y MTTR del equipo.....	207
ANEXO F: El plan maestro TPM.....	208
ANEXO G: AMEF.....	209
ANEXO H: Propuesta de un reporte general de datos de los límites admisibles.....	210

ANEXO I: Características técnicas del medidor de aceite SKF.....	211
ANEXO J: Análisis de Lubricación.....	212
ANEXO K: Especificaciones técnicas del medidor de vibraciones.....	213
ANEXO L: Especificaciones Técnicas de las cámaras termográficas.....	214
ANEXO LL: Imagen infrarroja de un generador eléctrico.....	215
ANEXO M: Tarjeta de análisis termográfica.....	216
ANEXO N: Propuesta de un plan Maestro de Implementación 5´S y Mantenimiento Autónomo.....	217
ANEXO O: Modelo de la Tarjeta Roja para Herramientas y materiales innecesarios.....	219
ANEXO P: Evaluación del Lugar de Trabajo.....	220
ANEXO Q: Propuesta de la tarjeta del Activo.....	221

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Grafico ocho pilares básicas del TPM.....	25
Figura 2 Grafico factores para crear una cultura de Mantenimiento Autónomo.....	35
Figura 3 Grafico Pérdidas aleatorias y crónicas de la máquina.....	46
Figura 4 Grafico fases de prevención de averías y fallos.....	47
Figura 5 Grafico efecto de las paradas sobre disponibilidad.....	50
Figura 6 Grafico análisis de pérdidas.....	51
Figura 7 Grafico el ciclo PDCA.....	56
Figura 8 Grafico animación grupo de fiabilización.....	60
Figura 9 Grafico Indicador de calidad de una máquina.....	79
Figura 10 Grafico evolución y comportamiento de medios de fabricación.....	82
Figura 11 Grafico las seis grandes pérdidas en los sistemas de producción.....	84
Figura 12 Grafico curva P- F.....	91
Figura 13 Imagen de un trasformador del campo tomada por una cámara termográfica.....	97
Figura 14 Grafico principales productos de telas.....	105
Figura 15 Grafico principales productos de sacos.....	106
Figura 16 Grafico productos de Cinta y Manga.....	107
Figura 17 Grafico producción total en kilos y la tendencia.....	111
Figura 18 Organigrama General de NORSAC S.A.....	117
Figura 19 Diagrama de Pareto Costos de la Linea # 1.....	126
Figura 20 Grafico los tres Indicadores utilizadas TPM.....	130
Figura 21 Grafico del comportamiento del OEE en estudio.....	131
Figura 22 Grafico de la propuesta OEE.....	132

Figura 23 Grafico del comportamiento del TEEP en estudio.....	132
Figura 24 Grafico del comportamiento del NEE en estudio.....	133
Figura 25 Grafico tiempo promedio por reparar MTTR.....	134
Figura 26 Grafico de tiempo promedio entre fallas MTBF.....	135
Figura 27 Diagrama de Ishikawa sobre las pérdidas económicas en la producción sacos de polipropileno.....	137
Figura 28 Diagrama de Pareto de las causas de pérdidas económicas del área de impresión.....	140
Figura 29 Grafico comité TPM.....	143
Figura 30 Flujo de Decisión Mantenimiento Preventivo.....	157
Figura 31 Medidor de la condición de aceite.....	160
Figura 32 Medidor de vibraciones tipo Lápiz.....	165
Figura 33 Cámara termográfica.....	168
Figura 34 Grafico tarjeta de Información del Equipo.....	170
Figura 35 Charola de Tinta.....	175
Figura 36 Grafico propuesta de etiquetas de color azul y rojo.....	185
Figura 37 Grafico paradas imprevistas de la máquina impresora	188

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro Operacionalización de Variables.....	11
Tabla 2 Cuadro las doce etapas de un programa TPM.....	21
Tabla 3 Cuadro para la implementación del TPM.....	22
Tabla 4 Calificación de Severidad (AMEF).....	42
Tabla 5 Calificación de Ocurrencia (AMEF).....	43
Tabla 6 Calificación de Detección (AMEF).....	44
Tabla 7 Prioridad de NPR (AMEF).....	45
Tabla 8 Etapas del ciclo PDCA.....	59
Tabla 9 Indicadores de Gestión.....	69
Tabla 10 Indicadores de eficacia de la planta.....	71
Tabla 11 Indicadores de calidad.....	72
Tabla 12 Indicadores de ahorro de energía.....	73
Tabla 13 Indicadores de Mantenimiento Fiabilidad y Mantenibilidad.....	74
Tabla 14 Indicadores de mantenimiento Eficiencia.....	75
Tabla 15 Indicadores costos de Mantenimiento.....	75
Tabla 16 Otros Indicadores de mantenimiento.....	76
Tabla 17 Indicadores de salud, entorno y seguridad.....	77
Tabla 18 Indicadores de formación y moral.....	78
Tabla 19 Cuadro de priorización de actividades.....	87
Tabla 20 Capacidad de producción del área impresión.....	114
Tabla 21 Equipos productivos de la planta.....	118
Tabla 22 Horario de trabajo de la empresa.....	122
Tabla 23 Rol de Personal Categorizado de la empresa.....	123
Tabla 24 Cuadro del personal área impresión.....	123

Tabla 25 Costos mantenimiento de equipos del área Impresora.....	124
Tabla 26 Cuadro de no conformidades generadas Julio - Diciembre 2014.....	127
Tabla 27 Principales Indicadores como punto de partida.....	135
Tabla 28 Valorización de perdidas de la empresa en estudio.....	136
Tabla 29 Causas de pérdidas económicas en el área de impresión.....	139
Tabla 30 Frecuencia y porcentaje de causas de causas que originan las pérdidas económicas del área de impresión.....	140
Tabla 31 Cuadro de indicadores actuales.....	141
Tabla 32 Cuadros de indicadores propuestos.....	147
Tabla 33 Cuadro calificación criticidad de equipos críticos.....	150
Tabla 34 Análisis Frecuencia de Falla y Criticidad.....	152
Tabla 35 Cuadro de resultados de criticidad total.....	153
Tabla 36 Matriz de Criticidad.....	154
Tabla 37 Impacto de los equipos en el proceso productivo.....	155
Tabla 38 Cuadro de indicadores propuestos PQCS.....	176
Tabla 39 Cuadro de ahorro mensual de la propuesta.....	187
Tabla 40 Detalle del costo de la propuesta de implementación TPM.....	190

INTRODUCCIÓN

De lo expuesto anteriormente, se presenta el proyecto de investigación sobre el desarrollo que lleva el título “Propuesta de Mejora Enfocada bajo una Gestión TPM para reducir las pérdidas económicas del área impresión en Norsac S.A. - Trujillo”, y describe en los siguientes capítulos:

En el Capítulo I, se muestran las generalidades de la investigación, que enmarcan a la realidad problemática, los objetivos de la propuesta de mejora, la hipótesis, variables y la operacionalización de variables.

En el Capítulo II, se describen los planteamientos teóricos relacionados con la presente investigación, que contiene un breve resumen de la historia del TPM desde sus inicios hasta la actualidad, los ocho pilares que rigen TPM y las herramientas que implican adoptar el presente proyecto.

En el Capítulo III, se presenta a la empresa en estudio que incluye una breve reseña histórica de la misma, su misión y visión, su organización y sus productos. También una descripción de su proceso productivo, maquinarias y el estudio de la investigación, materiales, métodos, técnicas de recolección y procesamiento de datos con el fin de generar los resultados a partir del cual se realizó el análisis.

En el Capítulo IV, se describe la metodología propuesta de planificar el TPM, los pilares de mejora enfocada y mantenimiento autónomo. Así como mejorar el mantenimiento preventivo.

En el Capítulo V, se realiza las evaluaciones del análisis económico – financiero, de la propuesta de mejora con respecto a implementar el TPM y demostrar la factibilidad del proyecto.

En el Capítulo VI, finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones a las que se llega en este trabajo de investigación.

CAPITULO 1

GENERALIDADES DE LA INVESTIGACION

1.1. Realidad problemática.

La aplicación de sistemas de mejora continua en las empresas constituye una necesidad fundamental para su adecuado desarrollo empresarial y consecuente competitividad. Uno de los sistemas para alcanzar este objetivo es el sistema de gestión denominado TPM cuya aplicación contribuye a reducir el costo del proceso productivo en planta erradicando pérdidas relacionadas a las actividades que no generan valor agregado y maximizando la efectividad de los equipos.

El presente estudio se orienta a empresas de carácter productivo en la ciudad de Trujillo, que actualmente viene experimentando un importante crecimiento económico en la región. El trabajo de investigación es a la empresa NORSAC S.A. dedicada a la producción de sacos y telas de polipropileno, en sus diferentes áreas recepción, mezclado, extrusión, laminado, impresión, conversión, enfardado y almacenamiento. Actualmente este tipo de procesos requieren grandes cantidades de materia prima (Polipropileno, Masterbatch y varios insumos) para cumplir con la demanda. Se desarrollan varias operaciones en el área de almacenamiento y aprovisionamiento de éstas materias primas e insumos. Por ejemplo, el consumo de polipropileno cada saco de 25 kg son importados de los principales países de Argentina, Arabia Saudita y entre otros países. El consumo máximo es 12,000 kg/día que se emplea en la producción de las bobinas y en el laminado de los sacos. Actualmente tiene un consumo entre 8,000 a 10,000 kg/día y crea la incertidumbre sobre los insumos en el área de impresión como el alcohol residual, las tintas de color y entre otros insumos que serán requeridos por producción; para así satisfacer la demanda. En estos insumos se presentan variadas concentraciones y el cual dependiendo el tipo de impresión que se va a emplear. Por ejemplo se necesita 5 litros de tinta por cada 4000 m. de tela y unos 10 litros de alcohol residual para la mezcla y unos 2 litros para la limpieza de las tintas,

bandejas, mangueras y bombas de tinta. Entonces se procura presentar una propuesta de Mejora Enfocada para identificar las pérdidas y en el mantenimiento de la máquina cuyo fin es que cumpla con los requisitos establecidos de que son: cero defectos, cero fallas y cero accidentes. Hay que tener en cuenta que estos factores, como son los procesos de manipulación son pocamente efectivo y producto de estos existe gran consumo de materia prima e insumos.

Por ejemplo, por cada 4000m de tela se emplean 5 litros de tinta estimándose un 50% del total de tinta y en el proceso de impresión hay una merma que es aproximadamente de 300ml/día, estimándose en un año más de 100 litros de tinta. Una falta de control en el mantenimiento crea costos de producción por ejemplo, la impresión de la tela consta de 4 insumos básicos, siendo estos aproximadamente el 35% o S/12,000 nuevos soles del total del costo productivo, en una producción mensual de 300 toneladas. Otra pérdida que es importante es el rendimiento, de un tiempo estándar planificado y las paradas de máquina por el cambio de cliché. Esto ocasiona productos no conformes por mal impresos que pueden tener valores de S/. 3,000 nuevos soles en promedio por mes. Entonces, el problema a resolver es reducir estas pérdidas que no agregan valor a las actividades productivas y esto se refleja en costo productivo total, ante la problemática descrita; en el siguiente diagrama causa – efecto se presentan las posibles causas, que originan los altos costos económicos productivos en mano de obra, materiales, energía y máquina, para fabricación de sacos de polipropileno y satisfacer la de los clientes locales nacionales e internacionales.

1.2. Formulación del Problema

¿En qué medida la aplicación de la propuesta de Mejora Enfocada bajo una Gestión TPM impacta en las pérdidas económicas área de impresión NORSAC S.A.?

1.3. Hipótesis.

1.3.1. Hipótesis general.

La aplicación de la propuesta de Mejora Enfocada bajo una Gestión TPM, reduce las pérdidas económicas al área de impresión en un grado significativo de la empresa NORSAC S.A.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar el grado en que la aplicación de la Propuesta de Mejora Enfocada bajo una Gestión TPM, redujo pérdidas económicas en el área de impresión en NORSAC S.A.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico actual del proceso productivo al área de impresión en la empresa.
- Determinar un análisis de la propuesta TPM e identificar y medir la OEE (Eficacia Global del Equipo) para reducir las paradas imprevistas, tiempos muertos y hacer una evaluación beneficio – costo para mostrar a la dirección de la empresa los beneficios cualitativos y cuantitativos de la propuesta.
- Evaluar económica y financiera los resultados de la aplicación.

1.5. Justificación.

a. Criterio teórico.

En el mantenimiento es un servicio que agrupa una serie de actividades, cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, maquinarias, construcciones civiles e instalaciones. Es por el cual necesario descubrir, clasificar y eliminar los principales factores que merman las condiciones operativas ideales de los equipos. Se debe determinar los insumos de una manera adecuada por los operarios y

ayudantes encargados de la producción. El objetivo de un sistema productivo eficiente desde el punto de vista de los equipos es el de conseguir que éstos operen de la forma más eficaz durante el mayor tiempo posible.

Esta propuesta de Mejora Enfocada bajo un Sistema de Gestión TPM (Mantenimiento Productivo Total) evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de producción, maximizando su eficacia e involucrando a todas las áreas y a todo el personal desde operadores hasta la alta dirección, y orientando sus acciones apoyándose en las actividades en pequeños grupos.

El buen estado de las máquinas también permite un ambiente seguro para el personal que labora en planta.

b. Criterio aplicativo o práctico.

El estudio del problema planteado constituye una necesidad de investigación para quien la realiza y para la empresa NORSAC S.A. desarrollar sus actividades, con los cambios tecnológicos que se generan en la actualidad, es necesario tener un análisis interno del proceso productivo. Ya que en una propuesta de Mejora Enfocada es eliminar y reducir al máximo los tiempos muertos y de vacío, anular las pérdidas de velocidad del proceso y eliminar productos y procesos defectuosos fuera tolerancias, según exigencias técnicas. En la empresa NORSAC actualmente se emplea un mantenimiento preventivo y un control de consumo de los insumos. De manera general se mezcla la tinta con el alcohol residual en forma empírica, después de medir con el viscosímetro la cantidad de litros que se necesita, la cual con este dato en litros se toma de manera referencial para tener el color de la impresión. Esta situación actual se desarrollará en las diversas etapas de estudio en el área de impresión; se llevará con una entrevista detallada a los operarios, ayudantes y jefe de producción. La cual describe las operaciones como el cliché y el proceso de aprovisionamiento de los

insumos. Se determinará el tiempo muerto y al vacío por parada de máquina y luego comenzar con el análisis de costos.

Este análisis de costo nos llevará a conocer (costo horas hombre de producción, costo de materia prima e insumos, costo de consumo de energía eléctrica, costo de mantenimiento). Se podrá proponer la corrección por un mantenimiento autónomo. Y por último, se desarrollará una Propuesta de Mejora Enfocada bajo un sistema de gestión TPM para determinar la eficacia actual del equipo.

Con la propuesta de Mejora Enfocada se puede determinar la disponibilidad, tasa de calidad y rendimiento del equipo. Así podemos reducir los costos económicos por la materia prima, insumos, horas hombre en el área de impresión y podemos controlar las operaciones, los consumos e identificar oportunamente y mejorar en los procesos.

c. Criterio valorativo.

La cantidad de productos mal impresos, por un mal manejo de insumos. Esta cantidad puede producirse por una mala calibración de la máquina, las pérdidas de insumos por un mal manejo del viscosímetro. Uno de sus principales motivos es la sincronización del equipo por la falta de experiencia y mantenimiento.

Esta falta de mantenimiento es debido a la cultura desde los operarios hasta la organización, la falta de cultura y responsabilidad de la producción. La necesidad de reducir las pérdidas económicas.

d. Criterio académico.

El presente estudio de investigación del problema planteado constituye una necesidad de mantenimiento, basado en una Mejora Enfocada y de un Sistema de Gestión (TPM), cuya finalidad es de contribuir a mejorar el rendimiento económico de la empresa y de la investigación que se realicen en este campo de la ciencia e ingeniería enriqueciendo alternativas de solución para la mejora continua.

1.6. Tipo de Investigación.

1.6.1. Por la orientación: Investigación aplicada.

1.6.2. Por el diseño: Pre-Experimental.

1.7. Diseño de la Investigación.

1.7.1. Sujetos de la Investigación:

1.7.1.1. Población

La planta de la empresa NORSAC se labora las 24 horas en dos turnos rotativos; tiene 8 áreas productivas, de las cuales la muestra población a investigar será los más críticos para la operación. Una de las áreas críticas es el área de impresión que a través de la propuesta de análisis de criticidad serán hallados. El área impresión tiene dos líneas productivas, cada línea cuenta con una máquina impresora DYNAFLEX I, 2 operarios y 2 ayudantes por turno, haciendo un total de 8 empleados.

1.7.1.2. Muestra

Tenemos una muestra de 1 máquina, que fue elegida mediante un análisis de criticidad en base al impacto en la producción y el tiempo de parada por reparación.

De acuerdo a la naturaleza de la investigación, se trata de un diseño pre experimental dado que tiene un carácter aplicativo en una institución específica.

Se expresa de la siguiente manera:

01 - X - 02

De donde:

01= Observación a los 8 operarios que laboran, la situación económica de la empresa y su actual mantenimiento.

X= Aplicación de la propuesta de Mejora Enfocada basada en el sistema de gestión TPM.

O2= Resultados de la aplicación de la propuesta obteniendo una reducción de pérdidas económicas.

1.8. Variables.

1.8.1. Variable independiente.

- **La aplicación de la propuesta de Mejora Enfocada bajo una Gestión TPM.**

La misión de este pilar es reducir el costo del proceso productivo erradicando las pérdidas relacionadas a las actividades que no agregan valor agregado y maximizando la efectividad de los equipos. Para lograr la misión anterior, el pilar trabaja por el mejoramiento del OEE, que es el indicador que mide la verdadera condición operativa de la máquina y específicamente en la reducción de todas las pérdidas de disponibilidad y eficiencia, pues las pérdidas de la tasa de calidad son atacadas por el pilar de mantenimiento de la calidad.

1.8.2. Variable dependiente.

- **Reducir las pérdidas económicas en el área de impresión.**

La producción sacos de polipropileno impresos es de un 70% de la producción total, teniendo en cuenta las paradas imprevistas de fallas, calibración y sincronización de máquina, así como las fugas, derrames, contaminación del producto por los insumos como la tinta, la falta de experiencia de los operarios y motivación por parte de los supervisores y jefes del área; todos ellos relacionados en conjunto generan pérdidas económicas en el área de impresión.

1.9. Operacionalización de Variables.

a. Definición conceptual:

- **La aplicación de la propuesta de Mejora Enfocada bajo una Gestión TPM.**

La Mejora Enfocada son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objetivo de maximizar la Efectividad Global de Equipo.

- **Reducir las pérdidas económicas en el área de impresión.**

Son todas las pérdidas relacionadas al mantenimiento de las bombas y limpieza de los recipientes insumos; generando productos contaminados y las pérdidas económicas por el mantenimiento.

Estas pérdidas son perjudiciales para la producción y los clientes, ya que el producto se puede vender como de segunda y a muchas veces es reprocesado generando materia prima en stock, estas pérdidas se agrega al precio ya que el producto, se puede vender como sacos de segunda calidad y a la mitad de su precio inicial, siendo de esta la manera de recuperar la inversión inicial al momento de producir los sacos, telas, etc.

b. Definición Operativa:

- **La aplicación de la propuesta de Mejora Enfocada bajo una Gestión TPM.**

La Mejora Enfocada identifica y cuantifica toda clase de pérdidas para eliminarlas y/o reducirlas, examinando todos los recursos de entrada (inputs) del proceso de producción (equipos, materiales, personas y métodos). Dando prioridad a

los problemas que incrementan la eficacia del conjunto de la planta o proceso. Cualquier diferencia de los inputs, nombradas anteriormente, se considera como pérdida.

- **Reducir las pérdidas económicas en el área de impresión.**

El propósito de reducir las pérdidas económicas, es de disminuir las paradas imprevistas de la máquina por no tener un mantenimiento preventivo eficaz, originando una baja productividad en el proceso productivo.

Los productos no conformes que el departamento de calidad observa y los rechaza lo cual serán reprocesados o vendidos en el mercado como sacos de segunda. Las actividades del área de impresión de los sacos de polipropileno se desarrollan de la siguiente manera:

Cada bobina de tela es de aproximadamente de 4000 metros teniendo un peso aproximado de 260 kilogramos, siendo la principal forma de determinar y analizar las cantidades producidas y la cantidad en kilogramos de productos no conformes que se genera por diferentes fallas de la máquina y de los operarios.

Otro punto a tomar en consideración es el mezclado de insumos como la tinta y el disolvente (Alcohol residual), que al no mezclar correctamente da origen una impresión de la marca del producto borrosa o de diferente color de letra. Dicha color no es exacta por la falta de un equipo como el colorímetro y la experiencia de los operarios se genera el desperdicio en el mezclado al no saber la cantidad necesaria que se debe de mezclar los insumos, ya que se pierde un aproximado de 1/2 litro de tinta de cada color y 2 litros de disolvente al momento de cambiar el cliché.

Tabla N° 01. Cuadro Operacionalización de Variables.

Variables	Definición Conceptual	Actividad	Factor de medición	Indicador	Impacto
Mejora Enfocada bajo una gestión TPM	La Mejora Enfocada son actividades que se desarrollan empleando una metodología específica y concentrando su atención en la eliminación de las pérdidas que se presentan en el proceso productivo.	Capacidad de Producción	TEEP (Productividad total efectiva del equipo)	Utilización X Disponibilidad X Eficiencia del Rendimiento X Tasa de Calidad X 100%	Mide la productividad real del equipo.
			OEE (Eficacia global del equipo)	Disponibilidad X Eficiencia del Rendimiento X Tasa de Calidad X 100%	Mide con que eficacia se está utilizando el equipo que está operando.
			NEE (Eficacia neta del equipo)	Tiempo de Operación X Eficiencia del Rendimiento X Tasa de Calidad X 100%	Mide la verdadera condición mecánica del equipo respectivo.
Pérdidas económicas	Son aquellas pérdidas que involucran disponibilidad, eficiencia y calidad dentro de la línea de producción en la empresa	Pérdidas de disponibilidad	Disponibilidad planificada	(Tiempo de corrida - (tiempo de montaje)/ Tiempo de corrida)) X 100%	¿Cuánto económicamente pierde la empresa por las pérdidas que no agregan valor a la producción?
		Pérdidas por eficiencia	Eficiencia del rendimiento	((Tiempo operativo neto - tiempo perdido)/ Tiempo de corrida)) X 100%	
		Pérdidas por calidad	Tasa de calidad	((N° de producto producido - defectuosas)/ N° de producto producido)) X 100%	

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO 2

MARCO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes de la Investigación

a. Antecedentes Locales

- **Antecedente 1**

Título: Propuesta de Mejora de la Gestión de Trabajo del área Mantenimiento en la Empresa Minera Barrick Misquichilca S.A. Mina Lagunas del Norte.

Autor: Rodríguez Rodríguez, Jorge Alfredo, UPN, 2012 **[Tesis 5]**

Resumen:

En el presente trabajo de investigación se realizan propuestas de mejora en la Gestión de Mantenimiento para reducir las pérdidas atribuidas al área de mantenimiento de Chancado. Esta mejora se enfoca en la Gestión de trabajo y como resultado de esta investigación se obtiene que disminuirá en 60% de tiempo de paradas atribuidas al área de Chancado evitando por lo menos con los 7 equipos analizados parar 29.15 horas y evitar reincidencias de fallas en los mismos. Lo cual los beneficios se reflejarán en una mayor disponibilidad del equipo de Chancado, en términos monetarios un monto promedio \$1'755,455 dólares americanos al año que se evitará perder.

- **Antecedente 2**

Título: Propuesta de Implementación de un Mantenimiento Productivo Total (TPM) para la reducción de costos e incrementar la producción de una planta Galletera de la Región.

Autor: Vargas Gamboa, Patricia Elizabeth, UPN, 2012 **[Tesis 6]**

Resumen:

Esta tesis se basa en un trabajo de investigación del área de mantenimiento, el cual disminuiría las paradas intempestivas de 44 horas promedio mensuales representando en un 10% de horas con respecto a las horas programadas de la producción. Con la propuesta se incrementará la producción en del 1% anual y se reducirá el 50% de

las interrupciones por paradas intempestivas, representando la reducción en un 5% mensual de horas paralizadas significando un beneficio de S/22,754.23 mensual y al año de S/273,050.70.

b. Antecedentes nacionales:

- **Antecedente 3:**

Título: Implantación del TPM en la zona de enderezadores de Acero Arequipa, Arequipa, Perú

Autor: Silva Burga, Jorge Enrique, UDEP, 2005[**Tesis 4**]

Resumen:

En el trabajo se realizó la medición de la Efectividad Global de los equipos (EGE) desde el inicio de la implantación y se aprecia una notable mejora de la Disponibilidad, índice de Rendimiento y Tasa de Calidad. Que ha traído grandes ahorros en los costos producidos por paradas imprevistas, costo mensual por paradas es de S/. 3,506.39 y después de la implantación un costo mensual por paradas es S/. 2,084.22. Esto significa un ahorro mensual de S/. 1,422.16 por la disminución de horas paradas imprevistas después de la implantación del TPM.

- **Antecedente 4:**

Título: TPM Reducción de costos y Maximización de la Productividad en Procesos (Pampa Larga) de Minera Yanacocha. Cajamarca, Perú

Autor: Garagatti Vilca, Rolando Raúl, UPN, 2012[**Tesis 1**]

Resumen:

El presente informe del trabajo tiene como finalidad mostrar las ventajas que tienen la implantación del TPM, como filosofía de trabajo en el área de proceso. Pero se ha identificado algunas y más resaltantes oportunidades de mejora que se puede lograr con el TPM, que tan solo con 7 años de proyección de vida útil tenga un retorno sobre la

inversión planteada por la implantación del TPM es muy considerable con un TIR de 62.89% el cual puede ser superado ampliamente por la alta oportunidad de mejoras existentes. Y se puede afirmar que el efecto de la implantación del TPM es siempre positivo tanto en lo tangible como lo intangible.

c. Antecedentes internacionales

- **Antecedente 5**

Título: Estructuración e Implementación del Pilar de Mejora
Enfocada en Tetra Pack. Bogotá, Colombia.

Autor: Parrado Alba, Paola Andrea; Sánchez Botero, Juliana
Pontificia Universidad Javeriana, 2004 **[Tesis 2]**

Resumen:

El desarrollo de este trabajo de grado surge por la necesidad de estructurar e implementar el pilar de mejora enfocada en la planta de Colombia. Las pérdidas de disponibilidad del OEE de los equipos de conversión son las más costosas para Tetra Pack Colombia y dentro de estas paradas por retiradas de material defectuoso en la cortadora. Siendo esta última la pérdida a ser atacada por el pilar de mejora enfocada. La implementación del pilar de mejora enfocada genera beneficios económicos bastante atractivos para Tetra Pack Colombia (VPN = \$ 42.938.549.843 en pesos colombianos), equivalente al 29% de los costos totales de un año de funcionamiento de la planta. Garantizando un interés permanente en el proyecto especialmente por parte de la alta gerencia.

- **Antecedente 6**

Título: Propuestas de Mejora Bajo la Filosofía TPM, para la
Empresa Cummins de los Andes S.A. Medellín, Colombia.

Autor: Jiménez Ruiz Yeiny Corporación Universitaria Lasallista,
2012 **[Tesis 3]**

Resumen:

El trabajo de grado está orientado a la elaboración de unas propuestas de mejora basadas en la filosofía TPM.

La propuesta que se hizo para el plano mejorado fue de la de pasar las computadoras dentro de la ubicación en la que se encontraban, cerca de la oficina de Quick server donde está grúa que es junto a la entrada ayudo a disminuir el desplazamiento de los técnicos en casi un 62% se ahorraría \$ 9.09 para un total de \$18.18 de ida y vuelta y tener en cuenta que son 15 técnicos que hacen este recorrido en promedio de 3 a 4 veces por día. Las 5'S que es la base de los pilares TPM, al implementar disminuyo los costos ida y vuelta de los técnicos de unos \$21,270 al mes.

2.2. Base teórica.**2.2.1. Historia TPM:**

Al concluir la segunda guerra mundial, las industrias japonesas se vieron enfrentadas al reto de producir artículos de alta calidad, pero a la vez estando obligadas a reducir costos de producción con el fin de ser más competitivas en el mercado que día a día es están exigentes.

Con la tendencia a la automatización de los procesos, estas industrias vieron la necesidad de atacar costos con efectos a largo plazo, que no se podían limitar al diseño e implantación de nueva tecnología, sino que involucraban la operación y el mantenimiento de la misma a lo largo de todo su ciclo de vida.

Los japoneses detectaron que en el día a día de una empresa, normalmente se pasan por alto las averías, retrasos y cualquier tipo de inconveniente que se presente con los equipos, entendidos estos como la sinergia hombre-máquina, y en muchas ocasiones quizás por costumbre o quizás por el desconocimiento de las consecuencias que

esto implica, se acumulan hasta que su solución resulta bastante compleja e involucra grandes sumas de dinero.

En los años 50's se introdujo en el sector automotriz el concepto de mantenimiento preventivo (PM) que admitía revisiones periódicas a las máquinas; hacia los 60's ya se hablaba de mantenimiento productivo que tenía en cuenta fiabilidad, mantenimiento y eficiencia económica en el diseño de planta, pero se vio la necesidad de hacer un cambio en el enfoque; de tener un área de mantenimiento que era completamente independiente del área operativa. El TPM (Mantenimiento productivo Total) fue definido en el año 1971 por el instituto japonés de ingenieros de plantas (JIP), enfocado principalmente en las industrias de automóviles como Toyota, Mazda y Nissan, estas empresas arrojaron grandes resultados y que posteriormente se quiso trasladar a otros sectores y otras partes del mundo por la efectividad obtenida, no solo en empresas japonesas americanas y europeas. El fomento del trabajo en equipos debidamente entrenados y comprometidos con su objetivos personales y los de la empresa, llevan a muchos que consideren incluso el TPM como una estrategia, ya que a través de la eliminación de las pérdidas en sus sistemas productivos. **[E- Book 1]**

2.2.2. Objetivos.

Cada empresa en particular, puede darle dimensiones diferentes a los objetivos de su implementación de TPM.

2.2.2.1. Objetivos estratégicos.

El proceso TPM ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción

de costos operativos y conservación del “conocimiento” industrial.

2.2.2.2. Objetivos operativos.

El TPM tiene como propósito en las acciones cotidianas que los equipos operen sin averías y fallas, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear verdaderamente la capacidad industrial instalada.

2.2.2.3. Objetivos organizativos.

El TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, un incremento en la moral del trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, todo esto, con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato.

2.2.3. Características del TPM.

Las características más significativas del TPM son:

- Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
- Participación amplia de todas las personas de la organización.
- Es observado como una estrategia global de empresa, en lugar de un sistema para mantener equipos.
- Orientado a la mejora de la efectividad global de las operaciones, en lugar de prestar atención solo a mantener los equipos funcionando.
- Intervención significativa del personal involucrado en la operación y producción en el cuidado y conservación de los equipos y sobre todo los recursos físicos.
- El TPM propuesto por el JIPM sugiere utilizar pilares específicos para acciones concretas diversas, las cuales se deben

implementar en forma gradual y progresiva, asegurando cada paso dado mediante acciones de autocontrol del personal que interviene.

2.2.4. Beneficios del TPM.

La implementación del TPM viene acompañada de ciertos beneficios a nivel de:

- Organización: Creando una comunicación más eficaz y controlando mejor las operaciones.
- Cultura: Incentivando la responsabilidad, participación, creatividad, disciplina y respeto por las normas.
- Motivación: Mejorando el ambiente de trabajo.
- Seguridad industrial: Incrementando la capacidad para identificar y eliminar problemas potenciales o accidentes.
- Conservación del medio ambiente: Eliminando fuentes de contaminación.
- Productividad: Eliminando pérdidas en los procesos.
- Calidad: En el producto y/o servicio final.
- Tecnología.
- Flexibilidad para reaccionar al mercado.
- Trabajo en equipo operarios y técnicos.

“El TPM es una estructura de management industrial que involucra sistemas de dirección, cultura de empresa, organizativa y dirección del talento humano”. **[URL 1]**

2.2.5. Desarrollo del TPM.

Es necesario decir que el programa y planificación para desarrollar un proyecto TPM en una industria de ser el apropiado para el tipo de

actividad, equipos de producción en cuanto a tipo y estado, así como los problemas que se desean afrontar.

Son necesarios unos 5 años para implementarlo y desarrollarlo en una compañía con cierta complejidad en su actividad y organización, y la llave del éxito está en el “rigor de su aplicación”. El arranque y desarrollo del programa se hará más difícil y lento si antes no hemos preparado el camino en etapas previas y que nos pueden durar de 6 a 12 meses. Mi experiencia en cuanto al desarrollo del programa TPM se basó en las 12 etapas aceptadas casi universalmente al momento de implementar el TPM. Sin embargo, con las experiencias vividas lo hemos hecho evolucionar, haciéndolo coherente con el proyecto de empresa en calidad total y el plan de progreso anual desplegado desde la dirección hasta los operarios de la empresa. De acuerdo a esto, partiendo de la metodología japonesa pero adaptándola a nuestro entorno tras dichas experiencias vividas a lo largo de más de diez años de dirigir proyectos de desarrollo y mejora del TPM, en las etapas para desarrollar un proyecto de empresa en el contexto de Management de la Producción Total (TPM).

Si examinamos en la siguiente tabla N° 02, podemos observar que consta de tres actividades que son:

- 1.- Preparación.
- 2.-Desarrollo.
- 3.-Optimización.

Cada actividad consta de etapas que aseguran el desarrollo del TPM y que hace un total de 12 etapas que tiene cada uno, así como su contenido para el desarrollo de las etapas que a continuación se muestra en la siguiente. **[E- Book 2]**

Tabla N° 02. Cuadro las doce etapas de un programa TPM.

	ETAPAS	CONTENIDOS
PREPARACIÓN	1. Decisión de la dirección de aplicar el TPM como proyecto de empresa.	- Estrategia a presentar en el comité de dirección. - Revista de empresa.
	2. Campaña de información - formación técnica.	- Estrategia a presentar en el comité de dirección. - Revista de empresa.
	3. Crear la estructura de animación y pilotaje del TPM	- Comisiones, animadores. - Grupo de trabajo.
	4. Diagnóstico de la situación de partida indicadores de progreso técnicos organización.	- Banco de datos de valores, técnicos-económicos. - Encuestas de la organización.
	5. Redacción de un plan tipo líneas de acción/objetivos.	- Redacción global y detallada. - Planificación.
DESARROLLO	6. Lanzamiento.	- Datos de partida/presentación plan tipo. - Aspectos formales. - Desarrollo de las 5'S.
	7. Implantación de la mejora continua en los sistemas - procesos.	- Análisis de disfuncionamientos. - Máquina cuello de botella. - Grupos de fiabilización.
	8. Desarrollo del automantenimiento	- Gestión específica. - Formación. - Gamas/niveles.
	9. Desarrollo del mantenimiento programado.	- Mejora de la gestión y organización del mantenimiento programado - Gamas/niveles. - Formación. - Máquinas típicas - Grupos de fiabilización.
OPTIMACIÓN	10. Formación del equipo humano en los métodos y experiencias del mantenimiento global.	- Entrevistas/evaluación de competencias. - Contrato de formación/cursos. - Gestión de la polivalencia. - Grupos de fiabilización.
	11. Integrar el TPM en los sistemas de gestión, diseño y construcción de nuevos equipos.	- Medida de la F/M/D - Participar en fases de un proyecto de equipo nuevo. - Documentación técnica. - Fiabilización. - Máquinas típicas - Grupos de fiabilización.
	12. Certificar la aplicación TPM	- Auditar- definir nuevos objetivos. - Mejorar la formación.

Fuente: [E- Book 2]

2.2.6. Implementación del TPM.

La implementación del TPM se lleva a cabo en cuatro fases que se muestra en la siguiente tabla N° 03. [E- Book 1]

Tabla N° 03. Cuadro para la implementación del TPM.

	Paso	Puntos Clave
PREPARACIÓN	1. Anuncio formal de la decisión de introducir el TPM	La alta dirección anuncia su decisión y el programa de introducción del TPM en una reunión interna; publicidad en revista de la empresa, etc.
	2. Educación introductoria sobre TPM y campaña de publicidad	- Dirección superior: grupos de formación para niveles específicos de dirección - Empleados: cursos, diapositivas, ejemplos, etc.
	3. Crear una organización para promoción interna del TPM	- Comité de dirección y subcomités especializados - Oficina de promoción del TPM
	4. Establecer los objetivos y políticas básicas TPM	- Establecer líneas de actuación estratégica para prever efectos
	5. Diseñar un plan maestro para implantar el TPM	Desde la fase de preparación hasta la postulación para el premio PM ¹⁸
INTRODUCCIÓN	6. Introducción lanzamiento del proyecto empresarial TPM	Invitar a clientes, filiales y subcontratistas
IMPLEMENTACIÓN	7. Crear una organización corporativa para maximizar la eficacia de la producción	Perseguir hasta el final la eficacia global de la producción
	7-1 Realizar actividades centradas en la mejora	Actividades de equipos de proyectos y de pequeños grupos en puntos de trabajo
	7-2 Establecer y desplegar programa de mantenimiento autónomo	Proceder paso a paso, con auditorías y certificando la superación de cada paso
	7-3 Implantar programa de mantenimiento planificado	- Mantenimiento correctivo, con parada y predictivo
	7-4 Formación sobre capacidades para mantenimiento y operación correctos	Educación de líderes de grupo que después forman a miembros de grupos
	8. Crear sistema para gestión temprana de nuevos equipos	Desarrollar productos y equipos fáciles de usar y mantener
	9. Crear un sistema de mantenimiento de calidad	Establecer, mantener y controlar las condiciones para el cero defectos
	10. Crear un sistema administrativo y de apoyo eficaz: TPM en departamentos directos	- Incrementar la eficacia de los departamentos de apoyo a producción - Mejorar y agilizar las funciones administrativas y el entorno de oficinas
	11. Desarrollar un sistema para gestionar la salud, seguridad y entorno	Asegurar un entorno de trabajo libre de accidentes y polución
CONSOLIDACIÓN	12. Consolidar la implantación del TPM y mejorar las metas y objetivos generales	- Postular para el premio PM - Contemplar objetivos más elevados

Fuente: [E - Book 1]

Un aspecto importante es la comunicación por parte de la dirección hacia todas las unidades de la empresa acerca del cambio estratégico que se inicia a partir del TPM, ya que gracias a esto se logran interés, motivación y compromiso en todos los niveles para eliminar en la medida de lo posible todos los despilfarros presentes en la organización. El JIPM sugiere algunos puntos a seguir para implementar TPM; sin embargo, estos pueden verse modificados al momento de aplicarlos a una empresa o planta específica, ya que las condiciones y necesidades de cada una son diferentes. Los puntos claves sugeridos son los siguientes:

- Entendiendo la implementación del TPM como una estrategia, la organización debe suministrar componentes, capacidades y recursos para llevarla a cabo. Para ello, se forma el comité TPM compuesto por los directivos de cada centro productivo, quienes a su vez integran pequeños grupos o pilares de los que son líderes. El objetivo consiste en involucrar a todos los directivos en la coordinación de las acciones TPM. Finalmente, están los equipos de trabajo a nivel operativo, encargados de ejecutar las numerosas acciones TPM.
- Asignar presupuestos para el desarrollo de la estrategia TPM, debido a que muchas de las acciones implican gastos; por ejemplo, la recuperación del deterioro acumulado de los equipos. Estos gastos pueden verse realmente como inversiones que se recuperarán posteriormente con los mejores niveles de productividad y utilización de los equipos. Otro factor es la formación técnica de los niveles operativos y la mejora de la capacidad de gestión de los mandos medios y superiores involucrados.
- Establecer las políticas y procedimientos que respalden la implementación del TPM, ya que se requiere un sistema de gestión

que estimule la mejora continua y la responsabilidad de los integrantes de la organización por los procesos productivos. Es necesario establecer parámetros como: objetivos específicos, índices de gestión y sistemas de control.

- Diseñar sistemas de control de TPM que impliquen acciones de “autocontrol”, mecanismos de gestión visual, auditorias de progreso por etapa en cada uno de los pilares y la aplicación permanente del Ciclo Deming como principio de las acciones de mejora permanente.
- Desarrollar sistemas de comunicación eficaces que permitan a la organización trabajar paralelamente a los objetivos de la misma. El TPM se apoya en modelos de comunicación informal como encuentros, jornadas internas, comunicación visual, entre otros. Por ejemplo, la realización de reuniones en los empalmes de turnos en una fábrica para comentar logros, plan de trabajo de acciones TPM y problemas rutinarios.
- Cerrar el ciclo de gestión llevando a cabo una evaluación de desempeño que contemple aspectos como el reconocimiento de logros por acciones TPM y programas de motivación.
- Crear un ambiente de trabajo participativo, que ofrezca la oportunidad a los empleados de resolver problemas en forma autónoma. Esto exige que la dirección promueva la formación permanente del trabajador y la asignación gradual de las responsabilidades mayores.

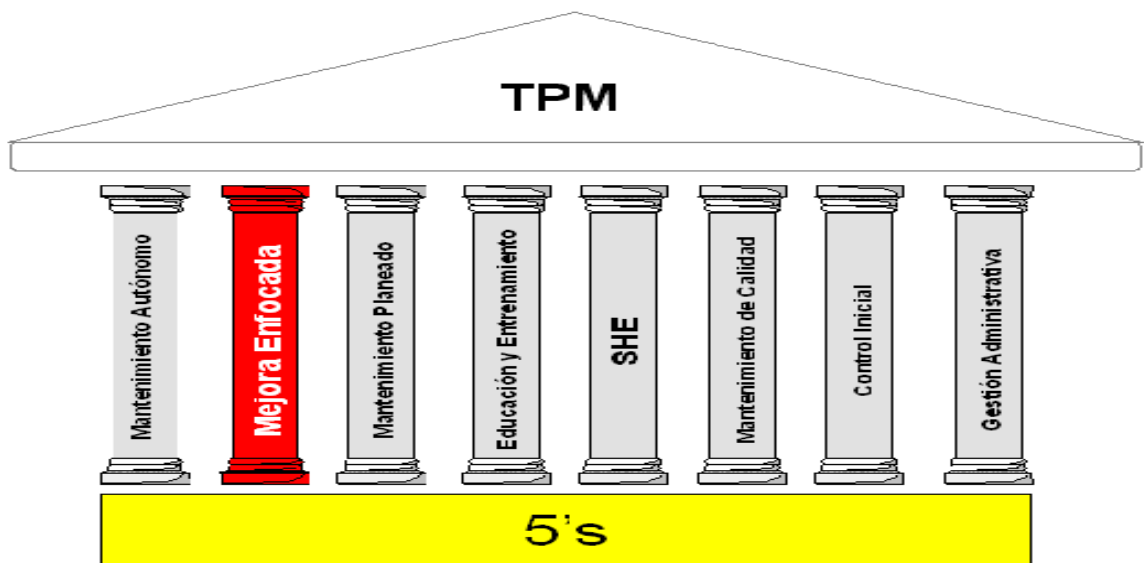
Ejercer liderazgo para mantener el entusiasmo en las personas. Es necesario comprender la necesidad de la capacidad dual en un directivo: Dirigir es lograr los objetivos de la empresa y liderar significa transformar la empresa simultáneamente. **[URL 2]**

2.2.7. Los Pilares TPM.

Son los procesos fundamentales del desarrollo del TPM. Cada uno de ellos tiene un propósito especial y sigue una metodología compuesta de ciertos pasos predefinidos que cada industria debe aplicar disciplinadamente. “Un pilar es una colección de acciones específicas que se deben desarrollar para lograr un propósito específico de mejora”.

El modelo tradicional TPM son los siguientes 8 pilares: **[Book 1]**

Figura N° 01. Grafico ocho pilares básicas del TPM



Fuente: [E- Book 01]

- Mejora enfocada.
- Mantenimiento autónomo.
- Mantenimiento planificado.
- Formación y adiestramiento.
- Gestión temprana de los equipos.
- Mantenimiento de calidad.
- Actividades en departamentos administrativos.
- Gestión de seguridad y entorno.

Tiene como base los pilares la estrategia la técnica de los 5´S **[URL 2]**

2.2.7.1. Mejora Enfocada o Kobetsu Kaizen.

Es la conformación de pequeños grupos de trabajo interdisciplinarios, mejora enfocada busca identificar y eliminar pérdidas en los procesos, estabilizarlos, recuperar el deterioro acumulado de un equipo y restaurar sus condiciones iniciales de rendimiento. Algunas empresas implementan este pilar como parte del sistema “daily routine work” del control total de la calidad.

2.2.7.2. Mantenimiento autónomo o Jishu Hozen.

Busca que el operario y colaboradores se sensibilice con respecto al mantenimiento del equipo, lo conozca mejor, aumente su capacidad técnica, se responsabilice e involucre constantemente con él para optimizar sus condiciones de funcionamiento, hacer predecible su comportamiento y mejorar la seguridad del puesto de trabajo.

2.2.7.3. Mantenimiento planificado o Keikaku Hozen.

Abarca las tres formas de mantenimiento: El de averías, preventivo y predictivo. Este pilar involucra las acciones que los técnicos deben desarrollar para mejorar gradualmente la eficacia del sistema actual de mantenimiento que tenga la industria, haciendo seguimiento a la información obtenida a lo largo de la vida del equipo, como los tiempos medios entre fallas MTBF (Mean Time Between Failures). **[E- Books 01]**

2.2.7.4. Formación y adiestramiento.

Hace referencia a la formación de los empleados a través de las capacitaciones y así para lograr los altos niveles de

desempeño, fortaleciendo sus conocimientos, habilidades, destrezas y las capacidades que pueden tener para un buen mantenimiento. No debe confundirse con la sensibilización realizada para la implementación del TPM.

2.2.7.5. Gestión temprana de los equipos.

Busca desarrollar de forma rápida y económica, equipos fáciles de utilizar y productos fáciles de fabricar. Se apoya en la obtención de información acerca del comportamiento de los equipos con que se cuenta actualmente en la empresa y de las necesidades de cambio que presentan. TPM está presente en todas las etapas del ciclo de vida de un equipo y este pilar sigue las etapas de investigación, diseño de procesos, fabricación e instalación, pruebas piloto y gestión del arranque de los equipos hasta lograr fiabilidad y producción estable con alta calidad y cero defectos.

2.2.7.6. Mantenimiento de calidad o Hinshitsu Hozen.

Su propósito es fortalecer el sistema de aseguramiento de calidad, para producir desde el comienzo del proceso productivo con alta calidad, disminuyendo la variabilidad de las condiciones de los “componentes de calidad” del equipo que están relacionados directamente con cada una de las especificaciones de calidad del producto.

2.2.7.7. Actividades departamentos administrativos.

Estas áreas cumplen un papel importante de soporte a la producción, gracias a que información que brindan puede ser útil para evitar pérdidas de tiempo o incumplimiento de entregas, por ejemplo. En ellas no es fácil medir el impacto de sus acciones, sin embargo cuando se miran como entidades

cuyo proceso es recolectar, transformar, coordinar y distribuir información, resulta más sencillo identificar y atacar las pérdidas que producen.

2.2.7.8. Gestión de seguridad y entorno.

Este pilar tiene como propósito crear un sistema de gestión integral de seguridad para lograr "cero accidentes y cero contaminación". Las metodologías del TPM se pueden emplear para hacer del sitio de trabajo un lugar seguro y agradable. Contribuye significativamente a prevenir riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y efectos negativos al medio ambiente, inclusive diseñar equipos que funcionen con seguridad aunque el personal no tome las precauciones necesarias. [E- Book 1]

2.2.8. La estrategia de los pilares de las 5`S

Es un concepto sencillo que a menudo las personas no le dan la suficiente importancia, sin embargo una fábrica limpia y segura nos permite orientar la empresa y talleres de trabajo hacia las siguientes metas:

- Dar respuesta a las necesidades de mejorar el ambiente de trabajo, eliminación de despilfarros producidos por el desorden, falta de aseo, fugas, contaminación, etc.
- Buscar la reducción de pérdidas por la calidad, tiempo de respuesta y costes con la intervención del personal en el cuidado del sitio de trabajo e incremento de la moral por el trabajo.
- Facilitar crear las condiciones para aumentar la vida útil de los equipos, gracias a la inspección permanente por parte de la persona quien opera la máquina.
- Mejorar la estandarización y la disciplina en el cumplimiento de los

estándares al tener el personal la posibilidad de participar en la elaboración de procedimientos de limpieza, lubricación y ajuste.

- Hacer uso de elementos de control visual como tarjetas y tableros para mantener ordenados todos los elementos y herramientas que intervienen en el proceso productivo.
- Conservar del sitio de trabajo mediante controles periódicos sobre acciones de mantenimiento de las mejoras alcanzadas con la aplicación de las 5`S.
- Reducir las causas potenciales de accidentes y se aumenta la conciencia del cuidado y conservación de los equipos, y demás recursos de la compañía.

2.2.8.1 Clasificar.

Significa retirar de la zona de trabajo todos los elementos que no son necesarios para la producción diaria, con este paso se reducen los problemas y dificultades en el flujo de trabajo, se mejora la comunicación entre trabajadores, se eleva la calidad del producto y se mejora la productividad. Usualmente, una empresa que lanza una campaña de tarjetas rojas, necesita establecer un área de mantenimiento, para gestionar el flujo de elementos que no se pueden descartarse en el momento o requieren un trabajo mayor. Se considera 7 pasos para aplicar las tarjetas rojas.

Paso 1: Consiste en el lanzamiento del proyecto.

Paso 2: Incluye determinar las meras de las tarjetas rojas.

Paso 3: Establecer criterios como; la utilidad del elemento, frecuencia de uso, cantidad necesaria.

Paso 4: Diseñar la tarjeta de acuerdo a la necesidad y

requerimiento del área de la empresa.

Paso 5: Consiste en colocar las tarjetas que generalmente se realizan campañas.

Paso 6: Consiste en evaluar los elementos.

Paso 7: Documentas o registrar los resultados de las tarjetas rojas que se les asignan a las máquinas.

2.2.8.2 Ordenar.

Significa organizar los elementos de modo que sea fácil encontrarlos y devolverlos a su lugar de origen. El área de trabajo debe estar ordenada antes de que pueda implantarse la estandarización con efectividad, los controles visuales son medidos usados para comunicar los estándares sobre la forma de hacer los trabajos .El orden visual consiste en el uso de los controles visuales para implantar el orden. El primer paso para el orden es decidir las localizaciones más apropiadas, para los movimientos apropiados y nos ayuda a minimizar las pérdidas. El segundo paso consiste en identificar las mejores localizaciones una vez decididas estas.

2.2.8.3 Limpieza.

Es tener todo barrido y limpio, pero aún más uno de los propósitos clave de la limpieza es mantener todo el equipo en condiciones óptimas, de modo que este siempre listo para su uso. Cuando este pilar no está bien implantado los problemas que surgen incluyen: Moral baja de los empleados, averías del equipo y aumento del número de defectos en los productos. Hay cinco pasos fundamentales:

Paso 1: Determinar las metas de la limpieza.

Paso 2: Determinar las asignaciones de trabajos de limpieza.

Paso 3: Determinar los métodos de limpieza.

Paso 4: Preparar las herramientas de limpieza.

Paso 5: Poner en práctica la limpieza.

Esto convierte la limpieza en “limpieza con inspección” que es la finalidad de este pilar.

2.2.8.4 Estandarización.

El propósito básico de la estandarización es impedir retroceder en los tres primeros pilares o pasos, haciendo de ello un hábito diario y asegurar que se mantenga la implementación plena. La primera parte es convertir en hábito los tres primeros pasos (Clasificar, Ordenar, Limpiar) para ello se tiene 3 pasos:

1. Asignar las responsabilidades de trabajo.
2. Integrar los deberes.
3. Verificar el mantenimiento en cada uno de ellos.

Algunas herramientas son 5`S visual, 5`S lista de chequeo.

La segunda parte es llevar la estandarización a la prevención.

Tres aspectos son:

Organización Preventiva: No esperar a que se acumulen los elementos innecesarios.

Orden preventivo: Impedir que se deteriore el orden.

Limpieza preventiva: Evitar que las cosas se ensucien, es tratar las fuentes de contaminación en su fuente.

2.2.8.5 Disciplina.

El quinto pilar significa convertir en hábito el mantenimiento correcto de los procedimientos apropiados, recuerde que el sistema no puede funcionar bien sin disciplina. Al contrario que los cuatro anteriores no se pueden medir. La alta dirección juega un rol importante, existe algunas herramientas o prácticas que ayudaran a mantener la disciplina como son: Eslogan 5`S, lema de 5`S, paneles de historias, fotografías, manuales de bolsillo, etc. **[Tesis 1]**

2.2.9. Mantenimiento Autónomo.

El mantenimiento autónomo se debe considerar como un instrumento para intervenir una organización, esto significa, transformar su cultura, creencias y formas de actuar. En empresas que poseen procesos avanzados de mantenimiento autónomo, se pueden identificar las tres siguientes etapas de desarrollo de la organización:

- Etapa 1: Mejora de la efectividad de los equipos. Las actividades de mantenimiento autónomo se dirigen a eliminar las pérdidas de los equipos con la participación del personal.
- Etapa 2: Mejora de las habilidades y capacidades personales para realizar intervenciones superiores. Se crea un gran sentido de colaboración superior y alto compromiso del trabajador para mantener niveles de eficiencia sobre salientes en el sistema productivo.
- Etapa 3: Mejora del funcionamiento de la organización. Se crea una visión del trabajo autónomo, donde los ciclos de reflexión y aprendizaje se aplican a la mejora del funcionamiento de toda la empresa.

Estas etapas tienen propósitos diferentes pero el principio es uno solo: la empresa observada como una organización que aprende. Una organización se transforma en la medida en que adquiere más conocimiento y este se aplica en la mejora de los procesos.

El mantenimiento autónomo tiene como propósito que en las áreas operativas se realicen acciones de aprendizaje a partir de la observación y análisis permanente del proceso productivo. El sistema de trabajo de mantenimiento autónomo utiliza procesos de creación, transferencia y utilización del conocimiento, producido durante el trabajo operativo, el cual se traduce en acciones de mejora del sistema productivo.

Cuando el mantenimiento autónomo se introduce en una empresa, el operario se prepara y desarrolla habilidades para mejorar las condiciones básicas de los equipos a través de acciones individuales y rutinarias de inspección, lubricación, limpieza, verificación de ajustes y precisión, reparaciones livianas, identificación de situaciones anormales de su propio equipo, con el propósito de lograr mantener las condiciones básicas de las instalaciones.

Pero además de estas habilidades técnicas, el trabajador desarrolla otro tipo de competencias como: trabajo en equipo, análisis de problemas, capacidad de observación, organización del trabajo, formulación de metas personales y gestión de la rutina diaria.

2.2.9.1 Factores claves del desarrollo mantenimiento Autónomo.

Los factores clave para lograr crear una verdadera cultura de trabajo autónomo son entre otros:

- Identificar e involucrar a las personas clave que pueden potenciar el proceso.
- Modelo de formación continuo.
- Práctica del conocimiento adquirido.

- Asignación de responsabilidades individuales.
- Organización que respalde el proceso de cambio.
- Un fuerte liderazgo de los diferentes niveles de dirección.
- Participación efectiva del personal para lograr los objetivos.

La cultura o “la forma como realizamos las actividades” es potenciada por una serie de factores de un comportamiento instintivo y la parte más profunda de esto, es la forma como el cerebro toma decisiones.

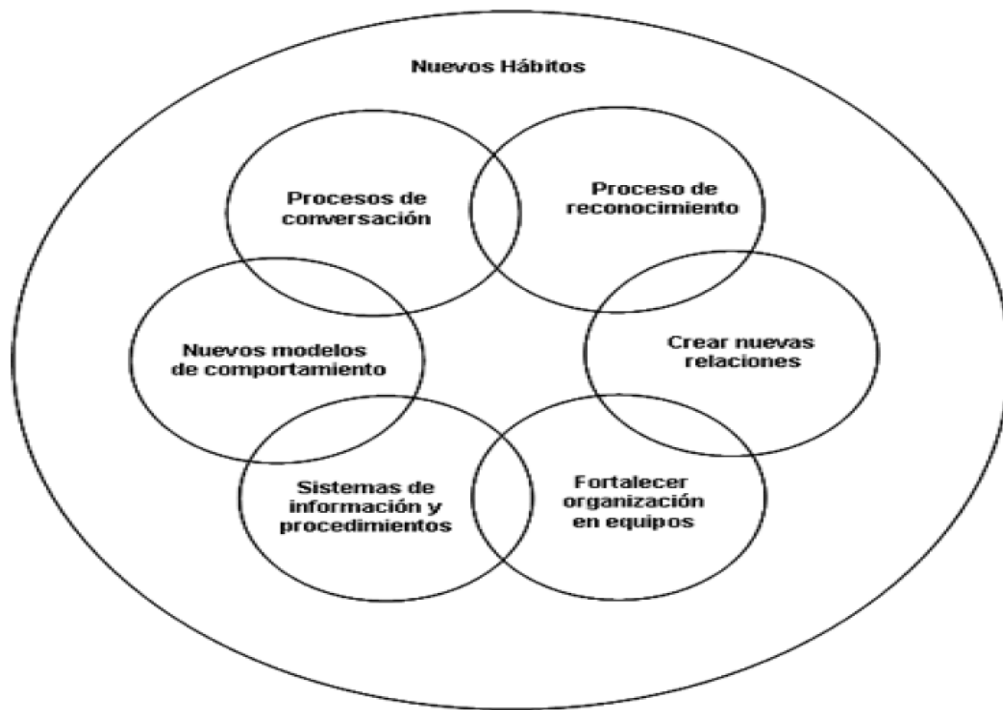
Los rasgos de una cultura de mantenimiento autónomo son los siguientes:

- Responsabilidad individual.
- Participación.
- Sentido de cooperación con los compañeros.
- Sensibilidad por las pérdidas.
- Curiosidad y capacidad de observación.
- Diálogo y conversación como una forma de trabajo.
- Disciplina y respeto por los estándares y normas.
- Importancia del valor de la información.
- Compromiso con los retos –emprender.
- Ver la utilidad de técnicas y metodología de trabajo.
- Trabajar en equipo.

Lo importante en un proceso de transformación de la cultura de una fábrica, consiste en identificar los promotores, motivadores o impulsores de la cultura.

La figura N° 02 muestra los factores sobre los que se debe actuar para ayudar a promover una cultura de mantenimiento autónomo.

Figura N° 02. Grafico factores para crear una cultura de Mantenimiento Autónomo



Fuente: [URL 3]

Es muy importante entender los comportamientos deseados en un integrante de un pequeño equipo de trabajo autónomo. Posiblemente el más importante de estos nuevos comportamiento que asumir “la iniciativa y responsabilidad” de realizar un trabajo.

a) Procesos de conversación.

El principal instrumento de trabajo y de interacción de los individuos en los pequeños equipos de mantenimiento autónomo es el diálogo. Los procesos de conversación permiten compartir conocimiento, asumir compromisos, analizar situaciones en estudio, aprender y realizar control de las acciones emprendidas.

Por este motivo, es fundamental que los trabajadores tengan posibilidades de realizar en forma rutinaria acciones de conversación y rutinas de diálogo, como parte de su trabajo de mantenimiento autónomo.

Estas sesiones de diálogo deben ser estructuradas y apoyadas con sistemas de gestión visual, como gráficos, fotografías, marcas y señalización de los sitios de trabajo.

b) Proceso de reconocimiento.

El proceso de reconocimiento del personal por los logros alcanzados, ayuda a mejorar la satisfacción personal por el trabajo y contribución realizada. Es frecuente en las empresas que practican mantenimiento autónomo con éxito, contar dentro de los tableros de gestión visual, un sitio para indicar la forma como se ha asignado el trabajo autónomo por zonas, los logros de cada persona en su zona, información que destaca que un determinado grupo ha alcanzado los puntos necesarios de una auditoria de mantenimiento autónomo, que le permitirá avanzar al siguiente paso, etc. Existen numerosas posibilidades para destacar y reconocer el trabajo de un equipo o persona que ha realizado una excelente contribución a la mejora del área de trabajo.

c) Crear nuevas relaciones.

Los sistemas tradicionales de supervisión han establecido una forma de coordinación del trabajo, donde es el supervisor mantiene las barreras funcionales y es quien integra las relaciones con otros departamentos como mantenimiento, logística, calidad, formación, personal, etc.

El trabajo en actividades autónomas, el trabajador asume una estructura de poder diferente, en comparación con los sistemas tradicionales. El “empowerment” o entrega de poder al personal operativo, implica un manejo de relaciones diferentes, ya que es el trabajador el que coordina directamente algunas actividades asignadas y por las que es responsable.

d) Organización orientada a equipos.

El TPM implica pensar en una estructura “informal” que solapa la estructura funcional de la empresa. Las estructuras informales no se pueden apreciar en un organigrama, están presentes y son el verdadero sistema nervioso de una firma. La organización en equipos es una estructura informal poderosa para integrar departamentos, resolver problemas producidos en la “frontera” de estas áreas funcionales. Por ejemplo, la pérdida de tiempo en la preparación de una máquina, puede ser producida por la falta de coordinación de las áreas involucradas.

e) Sistemas de información y procedimientos.

La forma de trabajo autónoma debe ser establecida previamente en procedimientos, estándares de trabajo, buenas prácticas o manuales de trabajo.

f) Nuevos modelos de comportamiento.

Desde hace décadas los expertos que estudian la forma de crear buenos hábitos en las personas, han considerado que el establecimiento de las denominadas “reglas del juego” son fundamentales para crear nuevos comportamientos y forma de actuación personal. **[URL 3]**

2.2.10. Análisis de Modo y Efecto de Falla

El AMEF (Failure Mode and Effect Analysis o Análisis de Modo y Efecto de Falla) es una técnica de prevención, utilizada para detectar por anticipado los posibles modos de falla, con el fin de establecer los controles adecuados que eviten la ocurrencia de defectos y que forma parte importante dentro del pilar de Mejoras Enfocadas.

A pesar que el método del AMEF generalmente ha sido utilizado por las industrias automotrices, cabe recalcar que es aplicable para la detección y bloque de las causas de fallas potenciales en productos y procesos de cualquier clase de empresa, ya sea que estos se encuentren en operación o en fase de proyecto de implementación de mejoras enfocadas.

Es una herramienta para examinar todas las formas en que un producto o proceso pueda fallar; además se hace una revisión de la acción que debe tomar para minimizar la probabilidad de falla o el efecto de la misma. Sin embargo la experiencia de campo llega demasiado tarde, y es aquí donde resalta la importancia de que ésta sea precedida por el AMEF para que las empresas puedan simular el uso de sus productos y procesos en el campo de trabajo.

2.2.10.1. Objetivos.

- Identificar los modos de falla potenciales, y calificar la severidad de su efecto.
- Evaluar objetivamente la ocurrencia de la causa y la habilidad de los controles para detectar la causa cuando ocurre en el activo.
- Clasifica el orden potencial de diferencias de producto y proceso.
- Capacitar a los asistentes y jefes del área a elaborar y

desarrollar un AMEF.

- Se enfoca hacia la prevención y de la eliminación de problemas del producto y proceso.

2.2.10.2. Preparación del AMEF.

Se recomienda un equipo multidisciplinario el que lo lleve a cabo en este caso se programó varias reuniones con los operadores y técnicos claves en cada proceso de manera que se conformaban equipos con amplios conocimientos del activo y del proceso productivo, así también como los representantes del área de proyectos de implementación del TPM.

2.2.10.3. Tipos de AMEF'S.

- AMEF de Diseño: Se usa para analizar componentes de diseños. Se enfoca hacia los modos y efectos de falla asociados con la funcionalidad de su componente, causados por el diseño.
- AMEF de Proceso: Se usa para analizar los procesos de manufactura y ensamble. Se enfoca a la incapacidad para producir el requerimiento que se pretende realizar en el sistema productivo. Los Modos de Falla pueden derivar de causas identificadas en el AMEF (análisis de modo y efecto de falla) de diseño.

2.2.10.4. Procedimiento para la elaboración del AMEF (Diseño o Proceso)

a) Determinar el proceso o producto a analizar.

AMEF de diseño: Enumerar que es lo que se espera del diseño del producto, que es lo que quiere y necesita

el cliente, y cuáles son los requerimientos del área de producción.

AMEF de proceso: Listar el flujo del proceso que se esté desarrollando.

b) Establecer los modos potenciales de falla.

Modo de falla es la manera en que podría presentarse una falla o defecto.

Para determinarlas nos cuestionamos. ¿De qué forma podría fallar la parte o proceso?

Ejemplo:

- Roto.
- Agrietado.
- Fugas.
- Mal dimensionado.

c) Determinar el efecto de la falla.

El efecto de la falla se da cuando el modo de falla no se previene ni se corrige, entonces el cliente interno o externo pueden ser afectados.

Ejemplo:

- Claridad Insuficiente.
- Paros de línea.
- Ruidoso.
- Deterioro prematuro.
- Operación errática.

d) Determinar la causa de la falla.

Causa: Es una deficiencia que se genera en el Modo de Falla.

- Causas relacionadas con el diseño:
 - Selección del material.
 - Tolerancias.

- Configuración.
- Causas que no pueden ser entradas de diseño, tales como:
 - Ambiente.
 - Aspecto térmico.
 - Vibración.
 - Lubricación
- Mecanismo de Falla
 - Rendimiento.
 - Fatiga.
 - Corrosión.
 - Desgaste.

e) Describir los métodos de detección actuales.

Anotar los controles actuales que estén dirigidos a prevenir o detectar la causa de la falla.

- Cálculos.
- Análisis de elementos limitados.
- Revisiones de Diseño.
- Prototipo de Prueba.

La Primera Línea defensa - evitar o eliminar causas de falla de los equipos.

Segunda Línea defensa - identificar o detectar falla anticipadamente.

La Tercera Línea defensa – reducir los impactos a las consecuencias de las fallas.

En la tabla N°04 describe una escala del 1 al 10, donde el 1 indica una consecuencia sin efecto. El 10 indica una consecuencia mucho más grave.

Tabla N° 04. Calificación de Severidad (AMEF)

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

Fuente: [Tesis 6]

f) Determinar el grado de ocurrencia

Es necesario estimar el grado de ocurrencia de la causa de la falla potencial. La tabla N° 05 describe el grado de ocurrencia donde: El “1” indica probabilidad remota, y el “10” indica muy alta probabilidad de ocurrencia.

Tabla N° 05. Calificación de Ocurrencia (AMEF)

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

Fuente: [Tesis 6]

g) Determinar el grado de detección

Se estimará la probabilidad de que el modo de falla potencial sea detectado antes de que llegue al cliente. La tabla N° 06 indica la calificación de detección donde: El '1' indicará alta probabilidad de que la falla se pueda detectar. El '10' indica que es improbable ser detectada.

Tabla N° 06. Calificación de Detección (AMEF)

DETECCIÓN			
Probabilidad	Rango	Criterio	Detección falla
Alta	1	El defecto es una característica funcionalmente obvia	99.99%
Medianamente alta	2 a 5	Es muy probable detectar la falla. El defecto es una característica obvia.	99.70%
Baja	6 a 8	El defecto es una característica fácilmente identificable.	98%
Muy Baja	9	No es fácil detecta la falla por métodos usuales o pruebas manuales. El defecto es una característica oculta o intermitente	90%
Improbable	10	La característica no se puede checar fácilmente en el proceso. Ejemplo: Aquellas características relacionadas con la durabilidad del producto.	Menor a 90%

Fuente: [Tesis 6]

h) Calcular el Número de Prioridad de Riesgo (NPR).

Es un valor que establece una jerarquización de los problemas a través de la multiplicación del grado de ocurrencia, severidad y detección, éste provee la prioridad con lo que se debe de atacar cada modo de falla, identificando ítems críticos.

En la tabla N° 07 determina la prioridad de NRP.

$$\text{NPR} = \text{Grado Ocurrencia} * \text{Severidad} * \text{Detección}$$

Tabla N° 07: Prioridad de NPR (AMEF)

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

Fuente: [Tesis 6]

Se deben atacar los problemas con NPR alto, así como aquellos que tengan un alto grado de ocurrencia no importado si el NPR alto o bajo.

i) Acciones recomendadas.

Se pueden recomendar acciones encaminadas hacia:

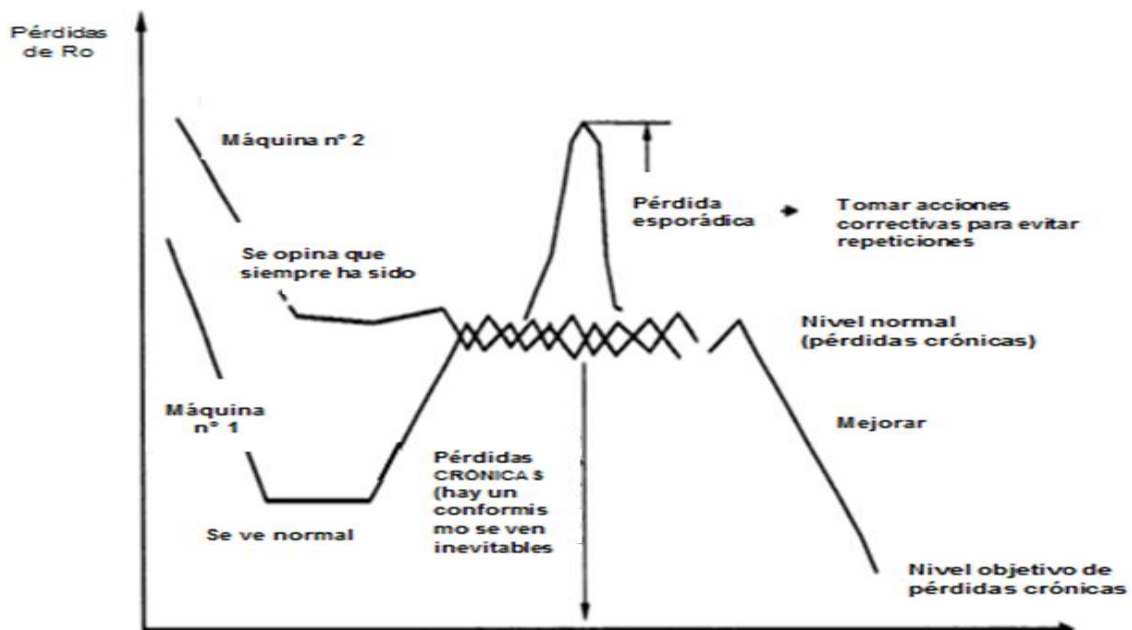
- Eliminar o disminuir la Ocurrencia de la causa del modo de falla. (Modificaciones al diseño o al proceso, Implementación de los métodos estadísticos, etc.).
- Reducir la Severidad del modo de falla. Modificaciones en el diseño del producto o proceso.

- Incrementar la probabilidad de detección
Modificaciones en el diseño del producto o proceso para ayudar a la detección. [Tesis 6]

2.2.11. Eliminación de pérdidas PDCA.

Nosotros nos basamos en los bucles del ciclo Planificar – Hacer – Controlar – Actuar (PDCA), es necesario formalizar grupos de análisis o fiabilización en que los operadores sean los principales actores asistidos por técnicos de fabricación, Mantenimiento e ingeniería, designando a los líderes de pequeños grupos de trabajo los cuales pilotarán, incluso las mejoras individuales sobre los equipos/máquinas. Es imprescindible dar la suficiente importancia a las pérdidas ocasionadas por las paradas pequeñas y crónicas en la figura N°03 las pérdidas aleatorias y crónicas de la máquina tienen un tiempo de intervención que puede ser entre los 10 a 15 min.

Figura N° 03. Grafico Pérdidas aleatorias y crónicas de la máquina.



Fuente: [E- Book 4]

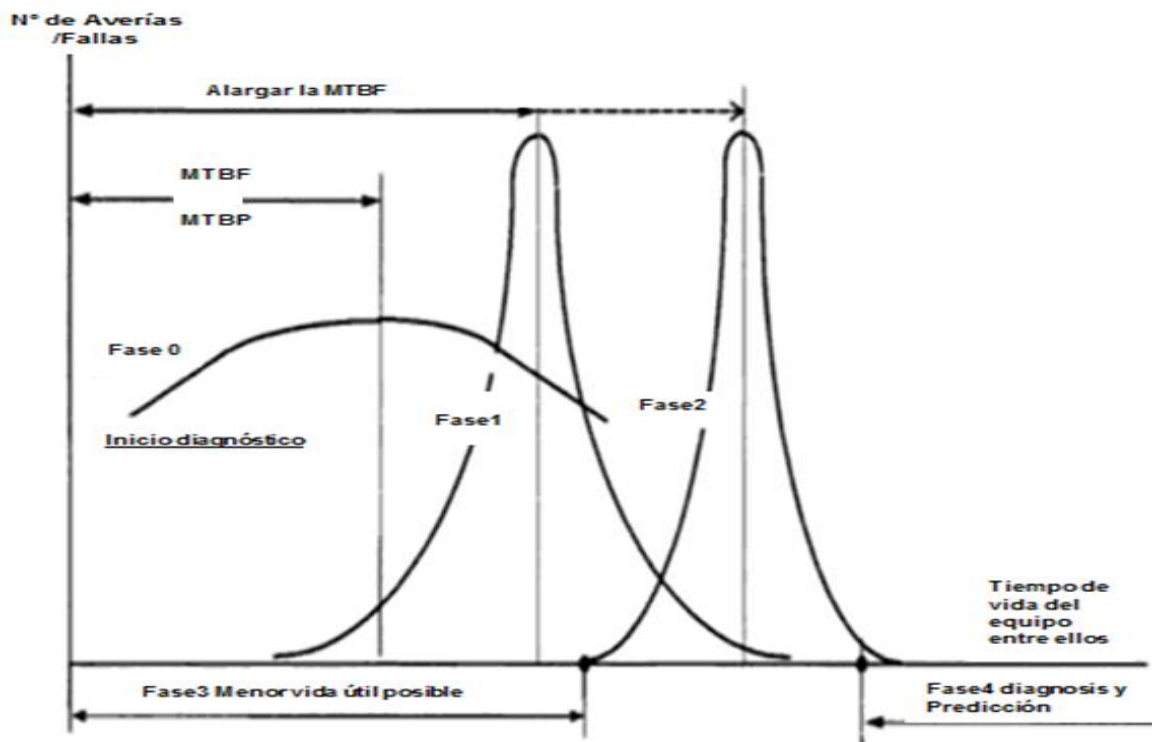
En estos casos hay que dedicar el suficiente tiempo a observar y también conocer el fenómeno con ayuda de los operarios de fabricación estudiando contramedidas, requiriendo todo ello una paciencia y perseverancia hasta que logremos resultados.

2.2.11.1. Las cuatro fases para llegar “cero fallos y cero averías”

Las principales pérdidas que se pueden dar en un sistema de producción así como la teoría de las fases que nos pueden conducir al “cero fallos/averías”.

En el figura N° 04, podemos decir que tomando como la fase 0 de partida la historia de la vida útil entre fallos de un equipo con una menor y mayor vida probable pasamos a enumerar las fases de actuación que nos pueden ayudar acercándonos al “cero fallos y cero averías”.

Figura N° 04. Grafico fases de prevención de averías y fallos.



Fuente: [E- Book 4]

a. Fase 1:

Conseguir reducir la variación de la ley normal entre la menor y la mayor vida probable del equipo alargado, además la media del tiempo de buen funcionamiento. Mide el medio entre fallos Mean Time to Failure (MTBF).

Esto podemos conseguirlo a través de las siguientes actuaciones:

- Identificando las mejores condiciones de un buen funcionamiento y utilización del equipo.
- Aplicando el Automantenimiento antes descrito y para tener dichas condiciones básicas al equipo, eliminando anomalías, deterioros o degradaciones al equipo a medida que se detectan diariamente.

b. Fase 2:

Prolongar el tiempo de vida útil del equipo de:

- Aplicar contramedidas / mejoras sobre las anomalías / fallos detectados para evitarlos.
- Mejorar puntos débiles en el diseño del equipo.
- Eliminar fallos y averías aleatorias y crónicas.
- Mejorar las habilidades y sobre todo las competencias de los operadores de fabricación y profesionales de mantenimiento y mejorar la calidad del producto.

c. Fase 3:

Restaurar periódicamente degradaciones de los deterioros en los componentes observados.

Para conseguir esto hemos de:

- Estimar el tiempo de la menor vida útil del equipo

para programar las visitas de chequeo, análisis, inspección, control, etc.

- Normalizar y planificar y hacer las inspecciones programadas.
- Normalizar la política de sustitución en algunos componentes, a una determinada vida útil.
- Optimizar las tareas como también frecuencias las inspecciones.

d. Fase 4:

Practicar la prevención como las técnicas de diagnóstico para prevenir la vida útil de un equipo.

Esto pasa por:

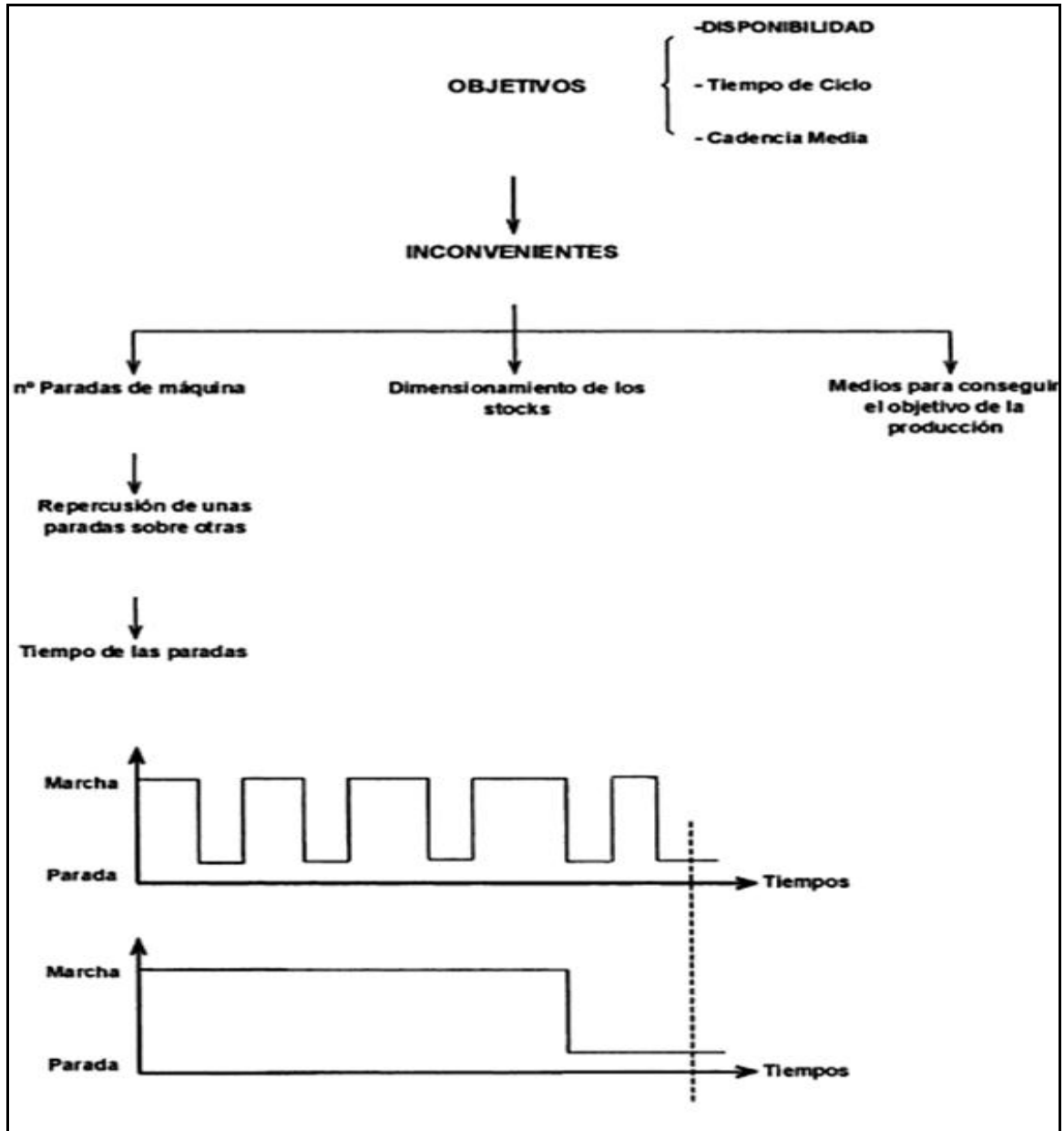
- Reflexionar sobre averías/ fallos catastróficos, analizando el estado actual de los componentes, superficies de rotura.
- Tomar medidas de mejora para alargar la vida útil de los componentes y accesorios dentro del equipo deteriorados.
- Facilitar el diagnóstico y la estimación de vida útil de un equipo utilizando las herramientas de Mantenimiento Predictivo.

2.2.11.2. Principales pérdidas en un sistema de producción

Uno de los problemas por qué no vamos a conseguir los objetivos de disponibilidad de un sistema son las paradas imprevistas ya sea por fallas de la máquina o de los operarios y por tanto, el volumen de producción deseado baja. En la figura N° 05, efecto de las paradas sobre disponibilidad. Las paradas de las máquinas que integran dicho sistema, bien por su frecuencia de aparición o bien

por su duración. Es por tanto imprescindible eliminar estas paradas que suponen “pérdidas” de todo tipo.

Figura N° 05. Grafico efecto de las paradas sobre disponibilidad.



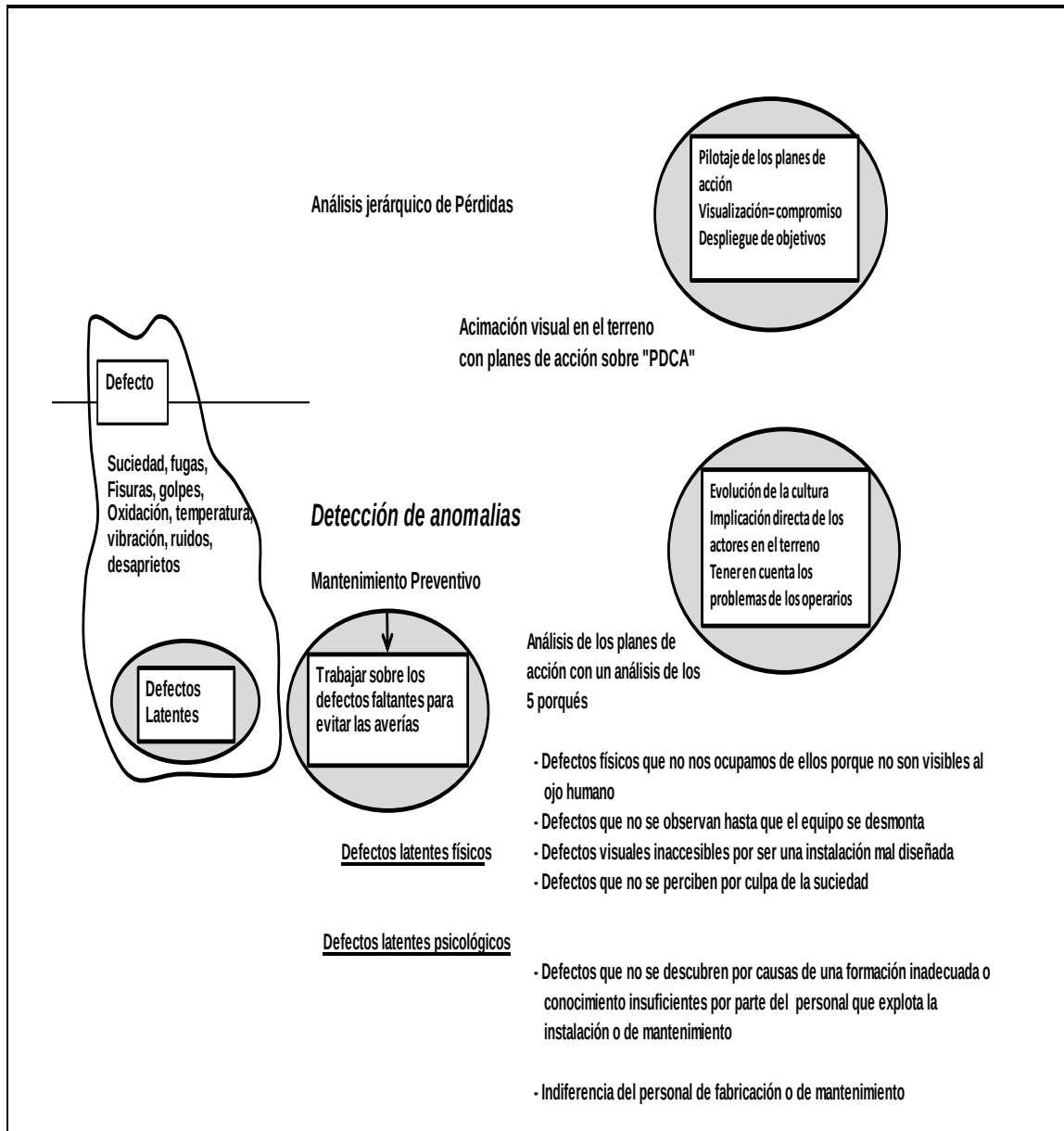
Fuente: [E- Book 4]

2.2.11.3. El principio de eliminación de pérdidas

En la siguiente figura N° 06, se muestra un primer análisis de pérdidas en base a:

- Detección de anomalías para evitar pérdidas por defectos latentes.
- Análisis de las pérdidas por una jerarquización de los problemas que se origina de una fallo de la máquina.

Figura N° 06. Grafico análisis de pérdidas.



Fuente: [E- Book 4]

2.2.12. Etapas de eliminación de pérdidas

2.2.12.1. Primera etapa: Plan para el aprendizaje de “métodos de soluciones de problemas”.

Todos los empleados de una compañía están involucrados en la batalla por la supervivencia, por lo que cada día, cada semana, su creatividad a nivel individual y colectivo debe aportar “mejoras”, debe permitir luchar contra el despilfarro y acercarse al cero defectos en proceso, cero stocks, cero averías y problemas en los equipos de producción, cero papeles, agotamiento poco a poco ese gigantesco depósito de costes por “pérdidas”. Para ello se han de dar estas tres actitudes en todos los empleados:

La primera actitud: es la “participación” en todos los niveles de la organización bajo el eslogan: “es responsabilidad de todos los empleados que trabajan en una compañía colaborar en la mejora continua de las actividades que realizan”.

La segunda actitud: Es la del “progreso”, hemos visto durante mucho tiempo que para que las empresas sobrevivan y prosperen era suficiente que cada uno en su puesto de trabajo hiciese bien su trabajo. Es preciso esforzarse constantemente en hacer progresos en todas las actividades y tareas el eslogan: “se debe realizar el trabajo de acuerdo a los estándares y procedimientos establecidos, pero debemos también pensar permanentemente cómo mejorar estos”.

La tercera actitud: Sin duda la más importante para una empresa que busca la excelencia es la de “escuchar”, vencer la desconfianza y estar motivados para mejorar las

relaciones interpersonales y de trabajo en grupo, con el fin de dar solución a los múltiples problemas cotidianos que se presentan. Puesto que el mundo es cada vez más complejo, la empresa, como todo organismo que vive en un ambiente agresivo y de gran competitividad, debe llegar a ser más “inteligente” y “cuantificaste”.

Del trabajo desordenado se ha pasado primero a la organización del trabajo y después a su “realización”, por tanto, ha llegado el momento de su animación.

2.2.12.2. Condiciones básicas para la implantación de la mejora continua.

Podemos enumerar las siguientes:

1. Crear una cultura favorable en la empresa en un entorno de “participación” colectiva, creando grupos de mejora y de análisis de problemas.
2. Generar una cultura consistente para eliminar todo tipo de despilfarro y disfuncionamiento, formando a todos en el uso de las herramientas y técnicas específicas de mejora de los procesos básicos y del trabajo.
3. Implantar un método consistente para desarrollar las actividades de mejora de una manera sistemática y planificada.
4. Experimentar y tomar un nuevo aprendizaje resolviendo problemas reales en el propio puesto de trabajo, mejorando las habilidades y la creatividad de cada uno.

Así pues, tenemos que encontrar el sistema más consistente para aplicar las estrategias de “eliminación de pérdidas” en todos los rincones de la empresa para ello debemos de considerar lo siguiente:

- Incrementar la productividad de manera global.
- Reducir los costes de operación.
- Aumentar la disponibilidad en equipos productivos.
- Mejorar la calidad asegurando las condiciones del proceso y la capacidad de los equipos así como las deficiencias de diseño de los mismos.

2.2.12.3. Algunas consideraciones para el análisis de problemas en grupos de mejora.

En primer lugar definamos qué es un problema: “Es una desviación prevista o constatada entre una situación real y una situación normal o deseada que corresponde al estado inicial o de referencia”.

La resolución de los problemas muchas veces tiene una lógica de pensamiento:

1° Observar: El problema, en primer lugar, debe ser observado físicamente, lo que quiere decir que debe ser observado en términos teóricos, pues todos los fenómenos pueden ser explicados teóricamente.

Ejemplo: El freno de mi coche no funciona correctamente.

2° Comprender: Al efectuar un análisis físico se razona para “comprender” el problema, siendo necesario tener una visión del conjunto del sistema y responder a las preguntas:

- ¿Cuál es la misión o función del conjunto?
- ¿Cuáles son las condiciones necesarias y suficientes relacionadas con el fenómeno o problema a tratar?
- ¿Cuál es la variación de la medida en cantidad, aspecto, etc.?

Pero, ¿Qué entendemos por “condiciones necesarias”?

Son las que sabemos que sin ellas el equipo no funciona.
Son muy importantes.

3° Actuar: Para actuar hay que descubrir en las fases de observación y comprensión las “causas” posibles a los diferentes problemas que se presentan y a través de métodos deductivos del análisis de su concepción pero, sobre todo, actuando sobre los “5 por que s”.

2.2.12.4. La gestión de problemas en el disfuncionamientos en la Empresa

Hoy día se destacan los cuatro dinámicos empresariales para gestionar problemas:

- Tipo 1: Sólo dan excusas ante los problemas, siendo el comportamiento más común de sus miembros de actuar a la defensiva.
- Tipo 2: Conocen los problemas pero no conocen las causa pues siempre toman medidas provisionales.
- Tipo 3: Son conscientes de las causas de los problemas pero no tienen técnicos en la organización para analizar y poner en marcha planes de acción y corregirlos con eficacia.
- Tipo 4: Analizar las causas de los problemas y toman medidas para prevenir, así como disponen de técnicos y estudiar y aplicar la mejora continua.

Este último tipo es el que nos interesa para impulsar un proyecto de empresa hacia la “mejora continua” los objetivos de un programa en progreso permanente, mejorando la eficacia de los procesos y su rendimiento operacional y caminando hacia “cero pérdidas” por:

- Cero fallos.

-Cero defectos de calidad.

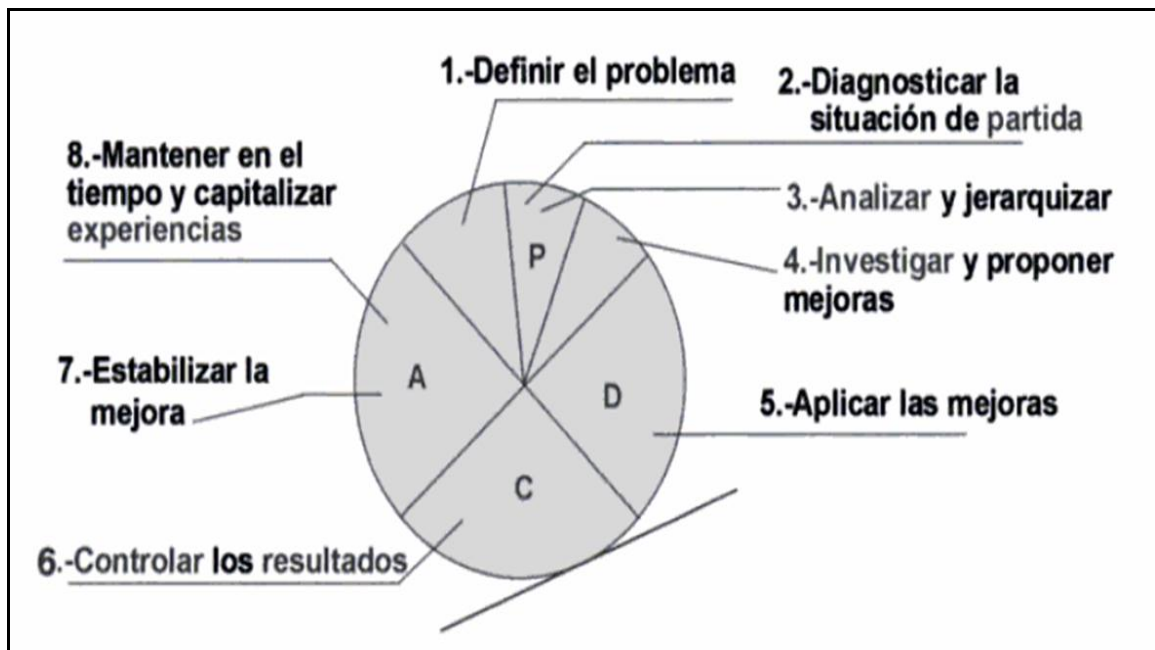
-Cero stocks.

El efecto es difícil de determinar. Por esta razón, en general, las causas son múltiples y combinadas. En el caso de causas múltiples, aunque exista un único problema, hay numerosos factores que pueden desencadenar las causas y varían según las circunstancias. [E- Book 4]

2.2.12.5. Ciclo PDCA para el análisis de problemas y eliminación de pérdidas.

Esta última característica significa que cuando un empleado encuentra un problema al aplicar sus estándares en su trabajo, éste se cuantifica – se analiza -, se identifican las causas y se proponen soluciones, fijando nuevos estándares. En la figura N° 07 el ciclo PDCA o rueda de Deming para resolver los problemas.

Figura N° 07. Grafico el ciclo PDCA.



Fuente: [E- Book 4]

P= Planificar D = Hacer C= Controlar A= Actuar

Este ciclo, fácil de recordar para todos, puede utilizarse en toda la compañía para analizar y resolver diferentes tipos de pérdidas debidas a disfuncionamientos, temas o problemas. Sin embargo, hay que tener en cuenta que para poner este ciclo en marcha debemos dar previamente los pasos de “controlar” y “actuar” sobre los estándares antes que el de “planificar”. Hay que considerar los siguientes pasos en el ciclo PDCA

Paso 1. Selección del tema de estudio puede seleccionarse empleando diferentes criterios:

- Objetivos superiores de la dirección industrial.
- Problemas de calidad y entregas al cliente.
- Criterios organizativos.
- Posibilidades de replicación en otras áreas de la planta.
- Relación con otros procesos de mejora continua.
- Mejoras significativas para construir capacidades competitivas desde la planta.

Paso 2: Diagnosticar la situación de los problemas que vamos a tomar corresponden a los que no han podido resolver los operadores de fabricación y profesionales de mantenimiento tras la detección de anomalías e identificación de etiquetas.

Paso 3: Organizar un grupo de trabajo que evalúe y jerarquice las pérdidas de dicho puesto/ máquina y en el que participen técnicos - operadores de fabricación y profesionales de Mantenimiento. La organización del grupo debe prever el tiempo necesario para que los participantes

puedan reflexionar y realizar mejoras en el proceso. Identificar indicadores y visualizar las pérdidas relacionadas con estos indicadores trabajando, en particular, sobre las pérdidas crónicas dejando para los grupos de fiabilización las pérdidas esporádicas aunque sean importantes.

Paso 4: Identificar los problemas más importantes, jerarquizándolos y evaluando su impacto sobre los objetivos planteados.

Paso 5: Analizar las causas de los problemas y sus efectos, preguntándonos hasta cinco veces “por qué” como ya hemos indicado. Buscar soluciones a esas causas pensando en pequeñas mejoras y sus planes de acción asociados a los objetivos.

Paso 6: Planificar el desarrollo de los planes de acción identificando a un responsable de su ejecución y hacer el seguimiento, así como acordando los plazos definidos para su finalización.

Paso 7: Poner en marcha las acciones acordadas con el máximo rigor posible.

Paso 8: Constatar los resultados sobre los objetivos marcados en el paso 1 y si no se han obtenido volver a iniciar el bucle reseñado

Paso 9: Consolidar los resultados si estos han sido positivos, poniendo en marcha estándares y gamas para su aplicación continua. **[E- Book 4]**

En la tabla N° 08, se pueden observar las etapas de un ciclo PDCA (planificar, actuar, controlar y actuar) y el contenido de cada uno de las etapas.

En la etapa de controlar verificaremos y compararemos los resultados con objetivos planteados para actuar y registrar las mejoras que se realizan en proceso. [E- Book 3]

Tabla N°08. Etapas del ciclo PDCA

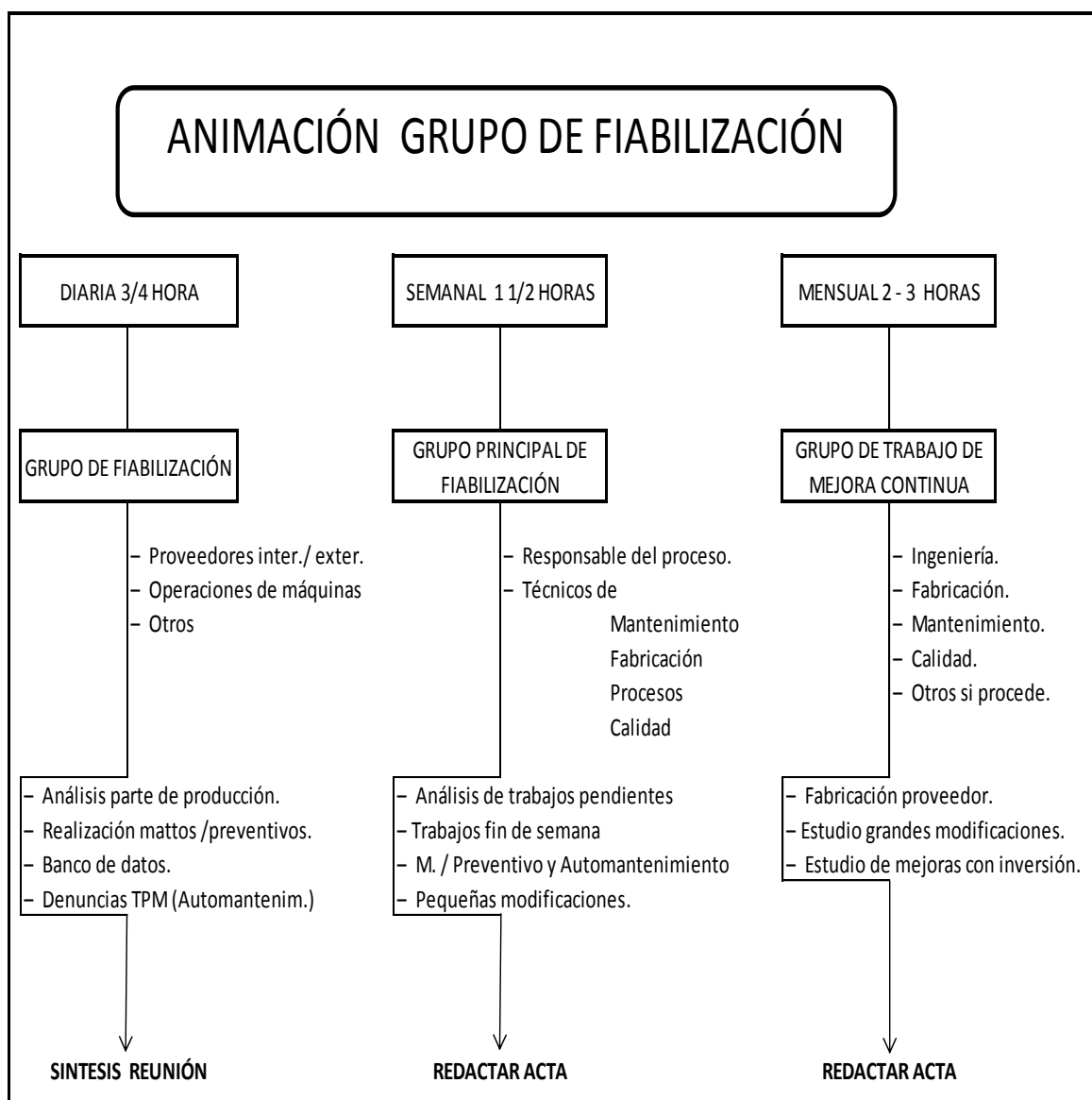
PDCA		ETAPAS
P = PREVER	QUÉ	Elegir el problema.
		Diagnosticar y observar la situación actual del problema, identificado por un indicador.
	POR QUÉ	Analizar las causas posibles.
	CÓMO, CUÁNDO, DÓNDE, QUIÉN	Proponer mejoras con ideas sobre las causas, con plazo y responsable ejecución.
D = APLICAR		Aplicar las mejoras seleccionadas.
C = CONTROLAR		Controlar los resultados midiendo los efectos y comparar con la previsión.
		Estabilizar la mejora creando nuevos estándares-instrucciones de trabajo.
A = ACTUAR		Asegurar que se respetan las reglas y procedimientos y se mantiene la mejora en el tiempo.
		Hacer seguimiento fijando nuevos objetivos.
		Generalizar la mejora capitalizando experiencias.

Fuente: [E- Book 3]

2.2.13. Animación de los grupos de Fiabilización

Los grupos de fiabilidad deben tener una animación “diaria, semanal y mensual” similar a la representada en la siguiente figura N° 08, el cual muestra un análisis de la pérdida de rendimiento operacional de una línea de producción.

Figura N° 08. Grafico animación grupo de fiabilización.



Fuente: [E- Book 2]

Estos grupos deben ser constantes en su tareas. Fiabilidad todo tipo de problema y mejorar la eficacia de los procesos, por lo que es conveniente sistematizar su funcionamiento. Ejemplo de una sistematización puede ser el siguiente:

1) Análisis diario de las pérdidas de rendimiento operacional de una línea de producción.

Todos los días, fijando una hora, en reunión no superior a 45 minutos, hacer un análisis de la pérdida de rendimiento con los datos que figuran en el parte de producción elaborando por los responsables del proceso, ayudándose del sistema de datos disponible para informaciones complementarias. En dicha reunión:

- Identificar los problemas que penalizan a las máquinas en paradas superiores por ejemplo a 30 minutos.
- Observar si las acciones tomadas fueron correctas.
- Promover acciones definitivas a corto – medio plazo que eviten la repetición de dichas paradas.

Los participantes en la reunión pueden ser:

- El responsable del “proceso” quien a su vez será el animador de la reunión del grupo.
- Los técnicos fiabilistas de máquinas, procesos y calidad.
- El responsable de la unidad de producción del turno.
- El operario afectado por el problema a analizar si procede y en todo caso el responsable de su unidad llevará a la reunión sus opiniones y sugerencias.

2) Análisis semanal de las pérdidas de rendimiento operacional de una línea de producción.

Todas las semanas, fijando día, hacer un balance y un análisis detallado de la situación de las pérdidas de rendimiento diario de

la semana anterior y de las observaciones que los operadores de las máquinas han realizado al efectuar sus tareas sobre las fichas de auto mantenimiento. Este análisis pondrá en marcha acciones correctivas sobre las paradas más graves de la línea, planificando intervenciones y responsables de su realización y seguimiento. Esta reunión será piloteada y animada por el responsable del proceso, puede tener una duración entre una hora y media y dos. En la misma se calculará el tiempo necesario de trabajo para la siguiente semana con el fin de asegurar el programa demandado por los clientes en cuenta:

- Un objetivo deseado del rendimiento operacional del proceso.
- Una situación de los stocks con relación a objetivos.
- Los recursos humanos disponibles teniendo en cuenta unos acontecimientos previstos (vacaciones, formación, etc.).
- Planes de Mantenimiento preventivo que requieran paradas programadas de todas o determinadas máquinas de la línea.
- Los cambios de ráfaga (utillajes, etc.) previstos por la gran diversidad de la demanda y su repercusión en los tiempos de producción.

3) Análisis mensual de las pérdidas de rendimiento operacional de una línea de producción.

Los participantes en esta reunión técnica del grupo de mejora continua serían:

- Como animador el responsable del proceso productivo.
- El responsable de la unidad de producción.
- Técnicos del proceso.
- Supervisor de mantenimiento.
- Técnicos de mantenimiento.
- Técnicos de ingeniería, métodos.

- Proveedores externos / internos si procede.
- Clientes internos si procede.

2.2.13.1. Análisis y eliminación de las causas principales de los fallos.

Así pues, una vez formalizado un grupo de fiabilización y con el fin de habituarnos a trabajar en el análisis físico de los problemas, podemos atacar estos en los campos de la “fiabilidad – calidad” de los equipos productivos, así como los problemas organizacionales. Las acciones de fiabilidad tendrán como objetivo común mejorar el rendimiento operacional de las instalaciones y sistemas productivos a través del diagnóstico de las diferentes causas de pérdida de dicho rendimiento operacional.

2.2.13.2. Causas de pérdidas de rendimiento operacional.

De forma general, las seis principales causas de pérdida de rendimiento en las instalaciones productivas son las siguientes:

a) Averías

- Repetitivas o crónicas:
 - Con disminución sistemática del tiempo de funcionamiento.
 - Con degradación de la calidad en la producción realizada.
- Imprevistas de larga duración.

b) Preparaciones, reglajes y puestas a punto

- Rigidez de las instalaciones.
- Falta de rigor y formación en las actuaciones de los operadores.

c) Paradas de corta duración

Por rearmes de la instalación debido a intervenciones cortas por los pequeños fallos o atranques de piezas, defectos en alimentaciones o de transferencias automáticas, etc. Sin buscar una solución al problema no contabilizando el tiempo perdido por este motivo.

d) Defectos de calidad

- Existen variaciones en el proceso.
- No están estudiados todos los modos de fallo del proceso.

e) Bajo rendimiento en el arranque de las nuevas instalaciones

- Inestabilidad en las condiciones de explotación de la fabricación.
- Formación insuficiente del personal de mantenimiento y explotación de las instalaciones.

f) Pérdidas del tiempo ciclo

Es conveniente cuantificar estas pérdidas y controlarlas a través de un sistema informático, extrayendo un tablero de seguimiento del no rendimiento (No Ro) por este motivo, tal y como ya hemos mencionado.

Así pues, para mejorar el Rendimiento Operacional (RO) de una instalación es lo que se debe buscar haciendo lo siguiente:

- Buscar todas las soluciones capaces de eliminar disfuncionamientos y fallos en los equipos o al menos reducir los tiempos de parada, teniendo hacia el cero incidencias que se presentan en los diferentes procesos.

- Aportar mejoras sobre la instalación para disminuir los defectos de fabricación, teniendo hacia el cero defectos con el objetivo final, de explotar la instalación a su plena capacidad permanentemente operando continuamente en todo su ciclo de vida y haciendo las mejoras.

2.2.13.3. Herramientas básicas de la calidad para trabajar en los grupos de fiabilización.

Se trata de herramientas exploratorias o estadísticas que permitan resolver los problemas simples que cada uno encuentra regularmente en el ejercicio de su actividad o tarea. Como método más actualizado y simple ya hemos dicho que el ciclo PDCA y como herramientas más corrientes y complementarias para el mantenimiento podemos citar:

- Brainstorming (lluvia de ideas).
- Diagrama de Pareto.
- El diagrama causa-efecto (de Ishikawa).

Para poder utilizar estas herramientas hemos de buscar un lenguaje para seguir en el tiempo la evolución de los problemas tratados con ayuda de unos parámetros o indicadores.

a) Parámetro relacionado con el rendimiento

Estos son los siguientes parámetros o criterios del comportamiento de un sistema de producción:

- Fiabilidad.
- Mantenibilidad.
- Disponibilidad.

Y sus indicadores medibles:

- MTBF= tiempo medio de buen funcionamiento entre paradas (en minutos).
- Tasa de fallo= $1/\text{MTBF}$ (min.)⁻¹
- MTTR= tiempo medio de cada parada (min.)
- Tasa de Mantenibilidad= $1/\text{MTTR}$ (min.)⁻¹
- Rendimiento Operacional (RO)

$$\text{RO} = \frac{\text{Piezas buenas producidas}}{\text{Piezas teóricas realizables}}$$

b) Medida de los Indicadores

Es necesario fijar en los pliegos de condiciones y especificaciones de los proyectos de los sistemas de producción, unos estándares o características de fiabilidad, Mantenibilidad y disponibilidad.

Estos conceptos implican que la “seguridad de funcionamiento” y la “facilidad” de mantener el sistema de producción, pueden ser cuantificadas por los indicadores ya comentados:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Suma tiempos de buen funcionamiento}}{\text{Suma del número de paradas}}$$

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Suma de los tiempos de paradas}}{\text{Suma del número de paradas}}$$

Con estos dos indicadores podemos obtener la disponibilidad del sistema por la expresión:

$$D = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}.$$

Prediciendo estos valores en la fase de diseño con la participación del personal de mantenimiento, tenemos una garantía de que la acción de mantenimiento puede ser medida a lo largo de la exploración del sistema sin más que seguir la evolución de los tres indicadores y mantenimiento los estándares fijados o medidos en la recepción de los sistemas de producción. **[E- Book 2]**

2.2.14. Indicadores TPM

Cuando las personas no ven cómo ayudar el TPM a su empresa, su implantación pierde fuerza y orientación, por tanto, es esencial monitorear permanentemente su eficacia para mantener los esfuerzos en la ruta debida. Hay que coordinar sistemáticamente los objetivos del TPM con los objetivos globales de la empresa y revisar regularmente las relaciones entre ellos.

2.2.14.1. La Filosofía del Establecimiento de Meta.

Del programa de implementación del TPM, consiste en establecer políticas y objetivos básicos. Lo más difícil al establecer metas de mejora, es cómo fijar adecuadamente el nivel de eficacia sobre las marcas de referencia iniciales. Pero, previa o simultáneamente al establecimiento de los objetivos, hay que decidir la contribución que puede hacer el TPM a la política básica de la empresa, y al logro de sus objetivos en el mediano y largo plazo.

Una vez establecidos los objetivos TPM se comunican a toda la planta. A continuación, se definen los enfoques, prioridades y estrategias requeridas para lograr dichos objetivos. El comité de promoción TPM juega un papel extremadamente importante en el logro de los objetivos.

Cada tres o seis meses, un comité de promoción TPM (departamental o de la planta) debe evaluar el progreso hacia las metas. El comité es responsable de establecer metas más elevadas cuando han logrado las originales. Cuando las metas no se logran, el comité debe revisar la situación, identificar los obstáculos, emitir las instrucciones apropiadas, y recomenzar el desafío.

2.2.14.2. Tipos de Indicadores

El TPM se orienta a crear un sistema de gestión, que maximice la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Dado lo anterior, los indicadores de eficacia TPM puede clasificarse en siete tipos y son los siguientes indicadores del TPM:

a. Indicadores de Gestión

Los indicadores de gestión sintetizan muchas actividades individuales. Para lograr esto, se define una política TPM basada en la política general de la empresa y se establecen objetivos TPM de acuerdo con los objetivos generales de la organización. Se debe asegurar que cada departamento comprenda que claramente sus responsabilidades particulares y se deben establecer metas que las reflejen.

En la tabla N°09, muestra algunos indicadores de gestión y el análisis de los indicadores se puede evaluar los resultados y supervisar las actividades en intervalos de seis meses. Por otro lado, aunque se hayan definido objetivos sumamente ambiciosos, será demasiado tarde para hacer algo si el progreso se evalúa cada año.

Tabla N° 09. Indicadores de Gestión

Indicador	Fórmula	Objetivo	Intervalo	Observaciones
Beneficio de operaciones.	Cuentas de pérdidas y ganancias.		Anual	Indica el rendimiento global de la planta.
Proporción entre beneficio de operaciones y capital bruto.	$\frac{\text{Beneficios de operaciones}}{\text{Capital bruto}} \times 100$		Anual	Indica el rendimiento global de la planta.
Valor añadido.	$\frac{\text{Valor añadido}}{\text{Número de empleados}}$		Anual	Valor añadido por empleado.
Productividad del personal.	$\frac{\text{Volumen o cantidad de producción}}{\text{N° trabajadores o total horas trabajadas}}$	1,4 - 2x	Anual	Output por persona.
Reducción de costos.	Reducción de costos absoluta o porcentaje.	De acuerdo con meta anual.	Semestral	Porcentaje de reducción de costos o umbral de rentabilidad.
Reducción de personal.	Reducción absoluta o porcentual del número de trabajadores.	De acuerdo con meta anual.	Semestral	En comparación con antes de introducir el TPM.
Reducción del valor de los stocks de producto.	Reducción absoluta o porcentual del valor de los stocks de producto	De acuerdo con meta anual.	Semestral	En comparación con antes de introducir el TPM.
Reducción del valor de trabajos en proceso	Reducción absoluta o porcentual del valor del trabajo en proceso.	De acuerdo con meta anual.		En comparación con antes de introducir el TPM.
Eficiencia de inversiones en equipo.	$\frac{\text{Producción por periodo (\$)}}{\text{Valor de activos fijos al final del periodo}}$	De acuerdo con meta anual.	Semestral	Indica la productividad de las inversiones en equipo.
Proporción planta/personal.	$\frac{\text{Activos fijos de planta al fin del periodo (\$)}}{\text{N° empleados (al final del periodo)}}$	De acuerdo con meta anual.	Semestral	

Fuente: [URL 4]

b. Indicadores de Eficacia de la Planta

El macro - de la eficacia de la planta de debe calcular la (OEE: eficacia global de la planta) se compone de tres sub-indicadores: disponibilidad, tasa de rendimiento y tasa de calidad. De forma general, es difícil medir la mejora lograda con el TPM evaluando un proceso global, especialmente si éste es continuo y se compone de muchos subprocesos. La eficacia mide el control que la empresa ejerce sobre los resultados y puede definirse como, la relación existente entre el vector producto y el vector resultados, durante el subproceso de la conversión de productos en resultados; esta relación se establece por la calidad del producto al presentar el máximo de efectos deseados y mínimo de indeseados.

En tal caso, el proceso global se divide en sub procesos y se evalúa el rendimiento de cada uno de ellos. Como indicador de importancia particular se selecciona el de eficacia global del peor sub proceso. Además, se mide y evalúa la eficacia de los elementos de equipos clave de los más importantes subproceso.

Además, se mide y evalúa la eficacia de los elementos de los equipos clave de los más importantes subprocesos. Adicionalmente, se mide el número de fallos de proceso y planta y se emplean estas mediciones como referencia para la mejora del proceso. La tabla N°10 muestra algunos ejemplos de estos los indicadores y sus métodos de cálculo y algunas observaciones a considerar.

Tabla N° 10. Indicadores de eficacia de la planta.

Indicador	Fórmula	Objetivo	Intervalo	Observaciones
Disponibilidad	$\frac{\text{Tiempo de operación} - \text{Tiempos perdidos y bajos}}{\text{Tiempos de operación}} \times 100$	90% o más	Semestral	
Tasa de rendimiento.	$\frac{\text{Tasa media actual de producción}}{\text{Tasa de producción estándar}} \times 100$	95% o más	Semestral	Indica el rendimiento de la planta.
Tasa de calidad.	$\frac{\text{Volumen de producción} - (\text{defectos} + \text{reprocesos})}{\text{Volumen de producción}} \times 100$	99% o más	Mensual	Tasa para el conjunto del proceso.
Eficacia global de la planta.	Disponibilidad x tasa de rendimiento x tasa de calidad	80 - 90%	Semestral	Macro indicador de la eficacia global del proceso.
Eficacia global de subproceso.	Igual al anterior.	80 - 90%	Semestral	Eficacia global de subproceso cuello de botella.
Eficacia global de equipos importantes.	Igual al anterior.	85 - 95%	Semestral	Eficacia global de unidades de equipo importantes.
Tasa de producción.	$\frac{\text{Volumen estándar de producción}}{\text{Tiempo de operación}}$	----	Revisar anualmente	Capacidad estándar (nominal) de la planta.
Tasa medida de producción actual.	$\frac{\text{Volumen de producción actual}}{\text{Tiempo de operación}}$	Valor actual	Mensual	Producción real por unidad de tiempo.
Número de fallos de equipos.	Valores actuales para cada clase de equipos.	Grado A= 0 Grado B= 1/10 Grado C= 1/15	Mensual	Número (para cada clase de equipos) de averías inesperadas que han conducido a paradas de producción.
Número de fallos de proceso.	Número de fugas, incidentes de contaminación y fenómenos similares.	Minimizar	Mensual	Incluye cualquier fenómeno que haya conducido a anomalías de proceso o calidad. Normalmente denominadas "Problemas de proceso".

Fuente: [URL 4]

c. Indicadores de Calidad y Ahorro de Energía

En las industrias de proceso, hay que considerarlos como indicadores claves, ya que están directamente relacionados con los costos de producción. Tres de los indicadores de calidad más importantes son el número y valor de las reclamaciones de garantías, y el rendimiento global. Por otra parte, además de las menciones de consumo (electricidad, vapor, agua, etc.) y mejoras similares.

Las tablas N°11 y N°12 muestran ejemplos de indicadores.

Tabla N° 11. Indicadores de calidad.

Indicador	Fórmula	Objetivo	Intervalo	Observaciones
Tasa de defectos de proceso.	$\frac{RC + OS + \text{deshecho}}{\text{Volumen de producción}}$	1 / 10 o menos.	Mensual	.- RC = tasa de generación de productos reciclados. .- OS = productos fuera de especificación.
Costo de defectos de proceso.	Costo total de pérdidas generadas por cada tipo de producto.	Minimizar	Mensual	Costos de reciclaje, pérdidas de degradación de productos y valor de costos de deshechos.
Número de defectos pasados sin detectar.	Número de defectos pasados al proceso siguiente.	0	Mensual.	Errores de muestreo, errores de inspección intermedia, etc.
Número de reclamaciones de garantía.	Número de las reclamaciones de clientes.	0	Mensual.	
Valor de reclamaciones de garantía.	Valor de las reclamaciones para cada tipo de producto.	Minimizar.	Mensual.	Valor total actual de reclamaciones de garantía.
Rendimiento global.	$\frac{\text{Total producto expedido (\$)}}{\text{Total materias primas utilizadas (\$)}}$	Maximizar	Mensual.	Rendimiento global de cada tipo de producto.

Fuente: [URL 4]

Tabla N° 12. Indicadores de ahorro de energía.

Indicador	Fórmula	Objetivo	Intervalo	Observaciones
Consumo de electricidad.	Tendencia de consumo de electricidad (KWH)	De acuerdo con metas anuales	Mensual.	Incluida energía comprada y generada internamente.
Consumo de Vapor.	Tendencia de consumo de vapor.	De acuerdo con metas anuales	Mensual.	
Consumo de combustible.	Consumo de petróleo, gas natural, etc.	De acuerdo con metas anuales	Mensual.	
Consumo de agua.	Tendencia de consumo de agua.	De acuerdo con metas anuales	Mensual.	Incluida agua fresca (potable), reciclada y tratada.
Consumo de lubricantes y fluidos.	Consumo de lubricantes y fluidos hidráulicos.	De acuerdo con metas anuales	Mensual.	
Consumo de materiales auxiliares.	Consumo de disolventes, pintura, etc.	De acuerdo con metas anuales	Mensual.	

Fuente: [URL 4]

d. Indicadores de Mantenimiento

De forma general, se deben evaluar dos aspectos del mantenimiento. Primero, se evalúan las mejoras en la fiabilidad y conservación del equipo y se comprueba cómo ayudan a elevar la eficacia de la planta y la calidad del producto. Segundo lugar, se evalúa la eficiencia del trabajo de mantenimiento.

En las industrias de proceso, es importante sistematizar y acelerar el mantenimiento con parada y lograr un arranque suave y rápido eliminando los problemas de éste. Para valorar la eficacia en la utilización del presupuesto de mantenimiento, se analiza si el trabajo se está realizando mediante la

utilización de los mejores y más económicos métodos.
Las tablas del N° 13 hasta el N° 16 se puede ver los indicadores de mantenimiento.

Tabla N° 13. Indicadores de Mantenimiento: Fiabilidad y Mantenibilidad.

Indicador	Fórmula	Objetivo	Intervalo	Observaciones
Frecuencia de fallos.	$\frac{\text{Número total de paradas debidas a fallos}}{\text{Tiempo de carga}}$		Mensual.	Referido a las paradas de 10 minutos a más
Tasa de gravedad de fallos.	$\frac{\text{Tiempo total de paradas debido a fallos}}{\text{Tiempo de carga}} \times 100$	0.15% o menos.	Mensual.	Mantener el tiempo total de paradas dentro de 1 h/mes.
Tasa de mantenimiento de emergencia.	$\frac{\text{Número de trabajos de EM}}{\text{Número total de trabajos PM y EM}} \times 100$	0.5% o menos.	Mensual.	PM: Mantenimiento preventivo. EM: mantenimiento de emergencia
Costos de paradas debidas a fallos.	Tiempo de paradas x costo por unidad de tiempo	Minimizar.	Mensual	Incluido la producción perdida, costos de energía y costos de horas perdidas de personal
Número de pequeñas paradas y tiempos muertos.	Tendencia en el número de pequeñas paradas y tiempos muertos.	0	Mensual (media diaria)	Referido al número de pequeñas paradas y tiempos muertos de menos de 10 minutos.
MTBF.	$\frac{\text{Tiempo total de operaciones}}{\text{Número total de fallas}}$	De acuerdo con metas anuales	Mensual.	Intervalo medio entre fallos.
MTTR.	$\frac{\text{Tiempo total de paradas}}{\text{Número de paradas}}$	De acuerdo con metas anuales	Mensual.	Tiempo medio de reparaciones.

Fuente: [URL 4]

Tabla N° 14. Indicadores de mantenimiento: Eficiencia

Indicador	Fórmula	Objetivo	Intervalo	Observaciones
Reducción en el número de paradas para mantenimiento (SMD)	$\frac{\text{SMD previo}}{\text{SMD actual}}$	De acuerdo con metas anuales	Anual	La meta es ampliar el número de días de producción continua.
Arranque vertical después de las paradas de mantenimiento.	Tendencia en el número de problemas de arranque después de las paradas de mantenimiento.	Minimizar.	Anual	Evitar los fallos tempranos después de las paradas para mantenimiento.
Tasa de logros del PM.	$\frac{\text{Tareas PM terminadas}}{\text{Tareas PM planificadas}} \times 100$	90% o más	Mensual	Indica el nivel de la planificación del mantenimiento.
Tasa de reducción de personal de mantenimiento.	Tendencia en la reducción del número de personas de mantenimiento.	De acuerdo con las metas anuales	Anual	

Fuente: [URL 4]

Tabla N° 15. Indicadores: Costos de Mantenimiento

Indicador	Fórmula	Objetivo	Intervalo	Observaciones
Tasa de costos de mantenimiento.	$\frac{\text{Costo total del mantenimiento}}{\text{Costos totales de producción}} \times 100$	De acuerdo a metas anuales	Semestral	Indica la proporción de los costos de mantenimiento sobre el costo total.
Costos de Mantenimiento unitario.	$\frac{\text{Costos de mantenimiento}}{\text{Volumen de producción}}$	De acuerdo a metas anuales	Semestral	Costos de mantenimiento por unidad de producto.
Tasa de reducción de costos de mantenimiento.	Tendencia en la reducción en los costos de mantenimiento	De acuerdo a metas anuales	Semestral	Comparación con la situación anterior a la introducción de TPM.
Costos de reparación de fallos inesperados.	Tendencias en los costos de reparación de fallos inesperados	De acuerdo a metas anuales	Semestral	Comparación con la situación anterior a la introducción de TPM.
Honorarios de mantenimiento.	Tendencia en honorarios de mantenimiento pagados a terceros.	De acuerdo a metas anuales	Semestral	Comparación con la situación anterior a la introducción de TPM.
Reducción de Stocks de repuestos.	Tendencia en el valor de los stocks de repuestos.	De acuerdo a metas anuales	Semestral	Comparación con la situación anterior a la introducción de TPM.
Tasa de costos globales de mantenimiento.	$\frac{\text{Costos totales de mantto} + \text{pérdidas por paradas}}{\text{Costos totales de producción}} \times 100$	De acuerdo a metas anuales	Semestral	Comparación con la situación anterior a la introducción de TPM.

Fuente: [URL 4]

Tabla N° 16. Otros Indicadores de mantenimiento

Indicador	Fórmula	Objetivo	Intervalo	Observaciones
Tasa de mantenimiento contratado. (1)	Contratado debido a falta de tecnología y capacidades.	De acuerdo a metas anuales	Anual.	Comparación con la situación anterior a la introducción de TPM.
Tasa de mantenimiento contratado. (2)	Magnitud necesaria para absorber falta de capacidad (falta de personal)	De acuerdo a metas anuales	Anual.	Comparación con la situación anterior a la introducción de TPM.
Tasa de renovación.	Proporción de unidades de equipos obsoletos que han sido modernizados.	De acuerdo a metas anuales	Anual.	Modernizar el equipo obsoleto técnica o físicamente.
Desarrollo interno.	Tendencia en el número de unidades de equipo desarrolladas internamente	De acuerdo a metas anuales	Anual.	Incluir elementos remodelados.

Fuente: [URL 4]

e. Indicadores de Salud, Seguridad y Entorno

En cada planta, los directivos y supervisores asumen la responsabilidad de la salud, la seguridad y el entorno. Generalmente, el “comité de seguridad” organiza equipos que recorren las instalaciones para descubrir posibles problemas o causas de accidentes.

Pese a lo anterior, es difícil conseguir que durante largos períodos de tiempo, no se produzcan accidentes ni contaminación. Para dar solución a esta situación, se deben desarrollar medidas que impidan la repetición de accidentes y desastres. Además, se deben analizar las razones de los fallos y omisiones, y establecer métodos de seguridad tales como el trabajo con señales de viva voz. En la tabla N° 17 lista algunos indicadores de salud, entorno y seguridad.

Tabla N° 17. Indicadores de salud, entorno y seguridad

Indicador	Fórmula	Objetivo	Intervalo	Observaciones
Frecuencia de accidentes.	$\frac{\text{Número de accidentes}}{\text{Horas de trabajo totales.}}$	0	Anual.	Número de accidentes por total de horas de trabajo.
Tasa de gravedad de accidentes.	$\frac{\text{Días perdidos por accidentes}}{\text{Horas totales de trabajo.}}$	0	Anual.	Número de días de trabajo perdidos por accidentes por horas de trabajo
Número de accidentes con pérdidas de días de trabajo	Número actual.	0	Anual.	Mantener por debajo de la media de la industria.
Número de accidentes sin pérdidas de días de trabajo	Número actual.	0	Anual.	Mantener por debajo de la media de la industria.
Número de accidentes de planta.	Número actual.	0	Anual.	Fuego, explosiones, etc.
Número de días continuamente libres de accidentes.	Número actual.	0	Número total de días	Incluir accidentes que requieran o no pérdidas de días de trabajo.
Número de incidentes.	Número actual.	De acuerdo con metas anuales	Mensual.	Incluir accidentes que requieran o no pérdidas de días de trabajo.
Número de puntos peligrosos detectados por los comités de seguridad.	Número actual.	De acuerdo con metas anuales	Mensual.	Mediante las patrullas de seguridad de la planta.
Número de mejoras hechas en trabajos peligrosos.	Número actual.	De acuerdo con metas anuales	Mensual.	Número de medidas sobre seguridad.
Nivel de ruidos del lugar de trabajo.	Medir en puntos fijos usando mapas de ruido.	Dentro de los requerimientos legales	Medición periódica en puntos fijos.	Medir también niveles de luz, concentraciones de polvo, niveles de gas tóxico y otros factores que afecten el entorno.
Número de quejas externas.	Número actual.	0	Anual.	Ruido, polvo, olores, etc.
Número de descargas al exterior.	Número actual.	0	Anual.	Aceite, desperdicio, etc.

Fuente: [URL 4]

f. Indicadores de Formación y Clima Laboral

A través de la formación y la práctica directa, el TPM intenta revolucionar al personal y desarrollar empleados altamente motivados, capacitados, y con seguridad en sí mismos, que conocen íntimamente sus equipos y procesos. La tabla N° 18 ilustra algunos indicadores típicos para esta finalidad. [URL 4]

Tabla N° 18. Indicadores de formación y moral

Indicador	Fórmula	Objetivo	Intervalo	Observaciones
N° de reuniones o tiempo invertido en actividades de pequeños grupos	Números actuales.	De acuerdo con metas anuales	Mensual	Calcular el total de pequeños grupos que se ocultan en cada nivel de la organización.
N° de temas registrados de mejoras Focalizadas	Número registrado para cada tipo de pérdida.	De acuerdo con metas anuales	Mensual	Empezar atacando los tipos de pérdidas que rendirán los mayores beneficios tangibles
Costos ahorrados debido a mejoras Focalizadas.	Costos totales ahorrados con mejoras enfocadas.	De acuerdo con metas anuales	Mensual	Costos totales ahorrados debido a mejoras enfocadas de equipos de proyección, organización permanente y pequeños grupos.
N° de sugerencias de mejora	Número actual.	De acuerdo con metas anuales	Mensual	Como mínimo 100 por año o 8 por mes
N° de prestaciones externas	Número actual.	De acuerdo con metas anuales	Anual	En asociaciones, simposios, conferencias de presentación, etc.
N° de personas educadas en PM	Número actual.	De acuerdo con metas anuales	Anual	Incluido cursos, etc. Internos y externos.
N° de cuantificaciones oficiales adquiridas.	Número actual.	De acuerdo con metas anuales	Anual	Incluidos técnicos de mantenimiento mecánico.

Fuente: [URL 4]

2.2.15. Calidad en los Sistemas de Producción

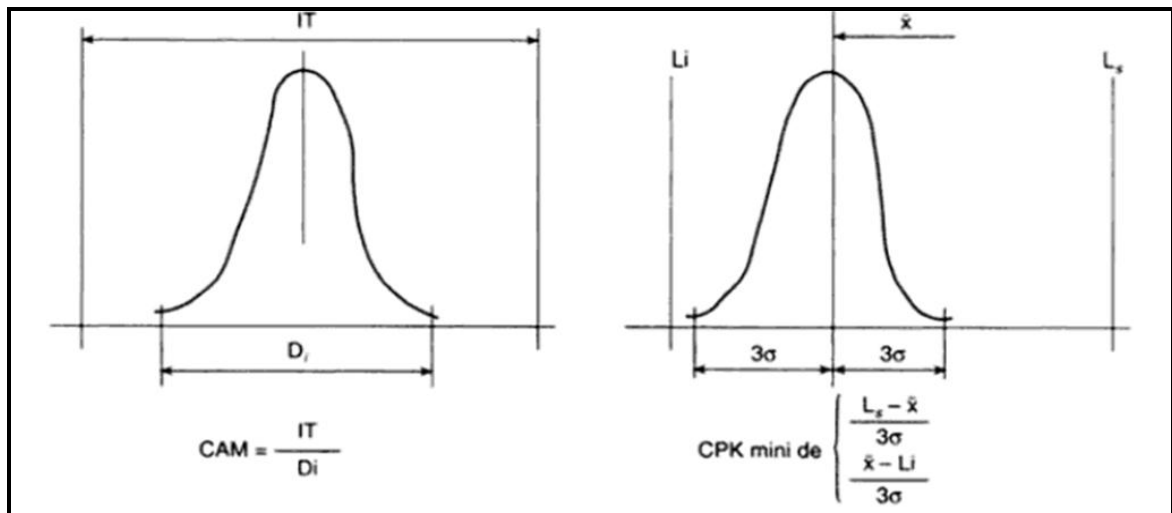
Junto con el resto de actividades de mantenimiento para la prevención de paradas por averías y problemas de calidad en la maquinaria productiva, hoy día es necesario implantar un control de calidad de los equipos, para ello de:

- Los propios operadores de fabricación a través de los controles frecuenciales y el control estadístico del proceso.
- Los inspectores propios del equipo de mantenimiento a través de inspecciones y controles realizados con los medios adecuados.
- Los técnicos de la gestión de calidad de la empresa a través de la medida de un coeficiente de aptitud de las máquinas (CAM) para trabajar con calidad.

2.2.15.1. Indicadores de aptitud para la calidad de una Máquina

Teniendo en cuenta que las tolerancias dimensionales siguen leyes normales, la aceptación de parámetros ligados a dichas tolerancias podemos relacionarla. La figura N°09 se puede observar el siguiente indicador:

Figura N° 09. Grafico indicador de calidad de una máquina.



Fuente: [E- Book 2]

- CAM: Coeficiente de aptitud o adaptación de una máquina para trabajar con calidad.
- CPK: Coeficiente de aptitud al reglaje, o medida de la factibilidad de una máquina a ser puesta a punto correctamente (reglada) y que se cuantifica por el porcentaje fuera de los límites L_s y L_i de la tolerancia, es decir, es un indicador del centraje de la tolerancia obtenida.
- CES: Coeficiente de estado de superficie o facultad del sistema de producción para mantener un estado superficial especificado durante un tiempo determinado.

2.2.15.2. Etapas en el Dominio del Proceso

La variabilidad del proceso es el factor clave para poner en marcha un mantenimiento o condición de la calidad de un proceso, que de forma estadística controle el mismo. Esta variabilidad puede ser debida a:

a. Causas asignables o anormales:

Son aquellas poco numerosas, de efecto aislado pero importante. Producen una variabilidad imprevisible y sus defectos desaparecen al eliminar la causa.

En este grupo están:

- Rotura de útiles o herramientas.
- Materia prima defectuosa (creces no conformes a la especificación, etc.).
- Virutas en apoyos de piezas.
- Degradación de las condiciones estándar de una máquina.
- Errores humanos.

b. Causas aleatorias o normales:

Son numerosas, de efecto poco importante pero paulatino y difícil de corregir por lo que, sobre ellas hemos de practicar la prevención para evitarlas o planificar la intervención para corregir.

En este grupo están:

- Precisión de la máquina.
- Juegos en mesas, carros, herramientas.
- Variaciones ambientales (temperaturas, humedad, etc.).
- Variación de características físicas y químicas del material especificado.

Así pues, el proceso estará controlado cuando la variabilidad se deba exclusivamente a causas normales, siendo por tanto posible predecir dentro de qué límites variará. El control estadístico de proceso vigilará las variaciones naturales o normales y detectará las causas anormales para su inmediata eliminación.

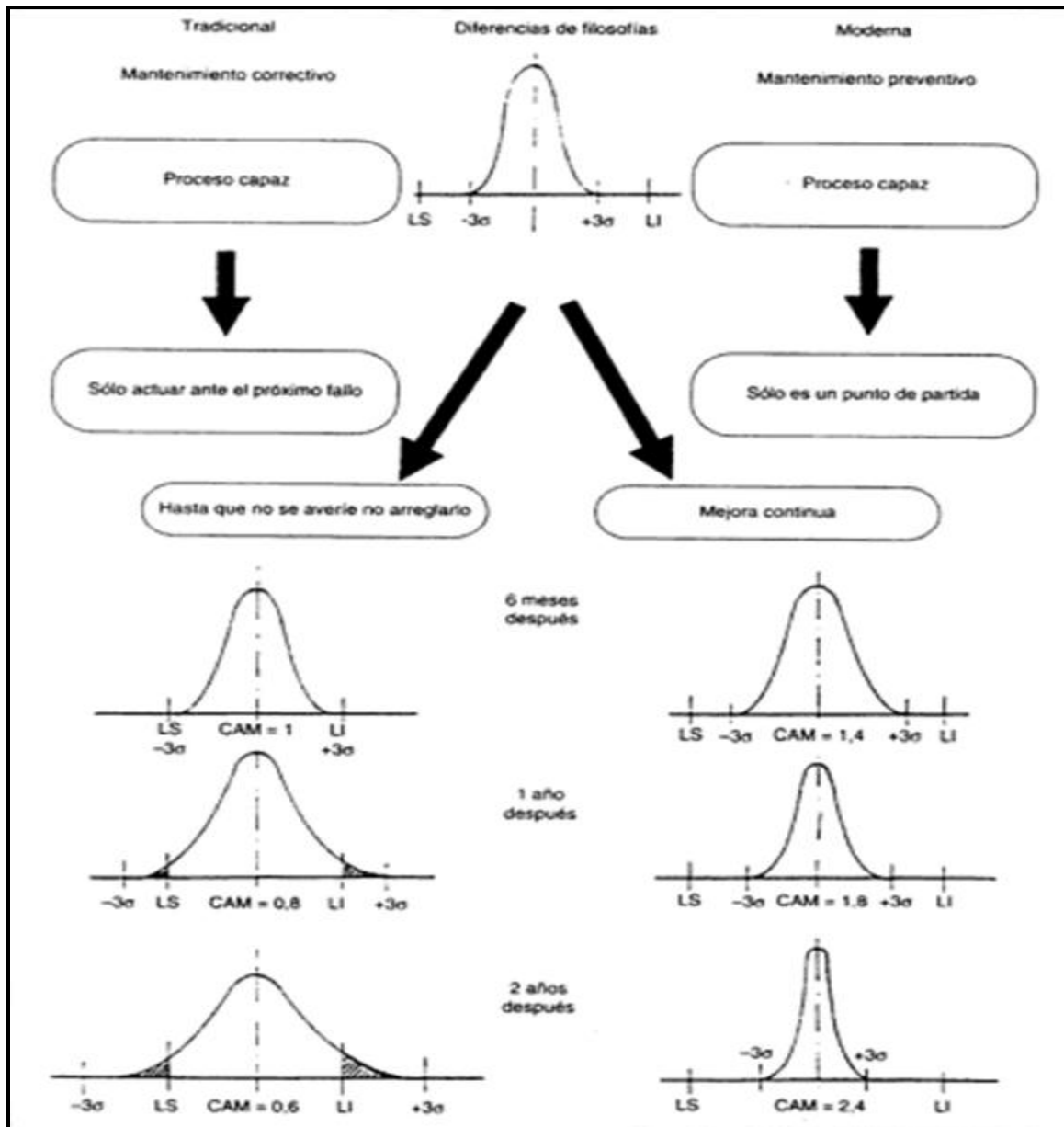
c. Evolución del comportamiento de los sistemas de producción.

En la figura N°10 se puede observar las dos situaciones que se nos pueden presentar en el control de calidad de un proceso:

- Tradicional a través del Mantenimiento correctivo sin más actuaciones que se debe de reparar cuando las dispersiones y averías aparecen.
- Moderno que a partir de un proceso capaz ($CAM = 0 > 1,3$) se actúa con la prevención y la mejora continua, evitando que la máquina se degrade,

optimizando los planes de Mantenimiento preventivo y extendiendo en la organización la responsabilidad y el rigor para mantener por parte de los operadores de fabricación.

Figura N° 10. Grafico evolución y comportamiento de medios de fabricación.



Fuente: [E- Book 2]

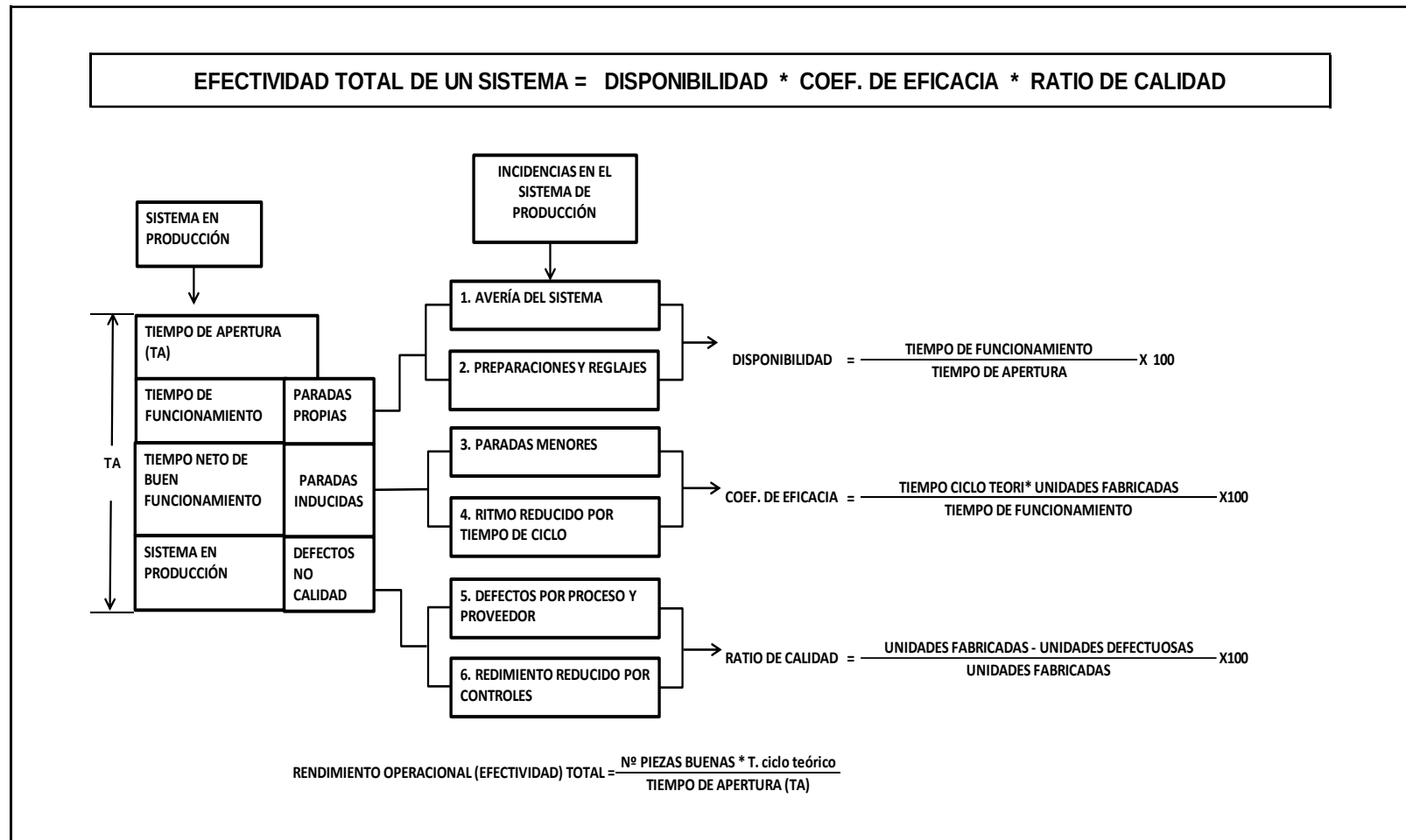
Sin embargo, el envejecimiento de la máquina considerada al entrar irremediablemente en su tercera fase de la curva de la bañera, nos obligará a tomar una decisión final:

1. Revisión general o gran reparación y construcción de la máquina. Es el conjunto de acciones, controles e intervenciones efectuadas con el fin de asegurar la aptitud de una máquina frente a un fallo repetitivo por desgastes o a una situación crítica en la calidad obtenida en la máquina considerada. Implica desmontaje de varios conjuntos.
2. Renovación o sustitución por una máquina nueva. Llegado a este momento, podemos realizar una serie de ensayos que nos va a permitir diagnosticar los desgastes o desviaciones en las tolerancias habituales de las propias máquinas, que hace que el producto obtenido, a pesar de los esfuerzos por mantener y dominar el proceso, está fuera de las tolerancias especificadas.

2.2.16. Efectos del TPM

El TPM pretende eliminar, por la mejora continua, las pérdidas esporádicas y crónicas, analizando las seis grandes incidencias que penalizan la operatividad de un proceso básico. Es decir, pretende conseguir un buen funcionamiento y rendimiento de dicho proceso. En la figura N° 11 se puede ver las seis grandes pérdidas en los sistemas producción y son:

Figura N°11. Grafico las seis grandes pérdidas en los sistemas de producción.



Fuente: [E- Book 3]

- Averías del sistema.
- Preparaciones y reglajes de todo tipo.
- Falta de piezas y otras incidencias de corta duración.
- Ritmo reducido por diferencia entre las condiciones previstas y las reales (tiempo de ciclo, etc.).
- Defectos en el proceso (internos y de proveedores de material procesado).
- Rendimiento reducido entre el comienzo de la producción y la estabilidad de ésta tras un arranque, ajuste, reglaje y reparación (controles para asegurar calidad).

El TPM consigue la efectividad del sistema combinando la disponibilidad, coeficiente de eficiencia y tasa de calidad **[E- Book 3]**

2.2.17. Backlog

Es la acumulación de trabajos o son todos los trabajos, que han sido identificados, pero que no han sido completados, hace referencia al trabajo incompleto o hecho a medias (mientras tanto, mientras hay una parada, mientras aguante). Su unidad de medida son semanas.

Indica la carga de trabajo que tiene un período determinado en función de la labor disponible en una semana para ese período. El desarrollo de las órdenes de trabajo preparación y procedimientos de reparación, programación del trabajo y el seguimiento de la ejecución de los trabajos todo esto parte de una gestión del back log. **[URL 5]**

2.2.17.1 Carga de trabajo

Cantidad de trabajo mantenimiento pendiente por realizar. Se mide en número de días requeridos para efectuar el trabajo de mantenimiento pendiente con los recursos existentes.

Carga de trabajo = $\sum \text{HH Trabajo Pte.} / \text{HH disp.} \times \text{día}$

Recomendado: 3 a 4 semanas.

a. Indicadores de Mano de obra

Utilización mano de obra = Tiempo en Horas – Hombre empleado en efectuar el mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo o en los trabajos adicionales.

Carga trabajo = $\frac{\text{HH estimadas para trabajos pendientes}}{\text{HH disponibles en un día}}$

Back log = $\frac{\text{HH estimadas para trabajos atrasados}}{\text{HH disponibles en un día}}$

Eficiencia = $\frac{\text{HH reales por tarea}}{\text{HH estimadas por tarea}}$

b. Beneficios

Permite distribuir el trabajo uniformemente.

Permite responder oportunamente al cliente.

Identifica la cantidad de personal necesario.

Reducción costos de mantenimiento.

Aumento de la responsabilidad de los técnicos

Reducción en pérdidas de producción. [URL 6]

c. Claves para el éxito de la gestión del Backlog

Establecimiento de objetivos.

Configuración de prioridades.

Establecimiento de responsabilidades.

Implementación de procesos para cumplir los objetivos.

Medición del desempeño.

Revisión de la interpretación o ejecución.

Auditoría del proceso.

d. Manejo del Backlog

Sobrecargas de trabajo.

Ajuste de tareas pendientes con recurso adicional.

Costo de horas extras para atender la sobrecarga de trabajo.

En la tabla N° 19 se puede priorizar las actividades acumuladas según la prioridad inicial. [URL 5]

Tabla N° 19. Cuadro de priorización de actividades.

Prioridad	Tiempo normal estimado para la atención NORMAL	Tiempo normal estimado para la atención ACUMULACIÓN	CALIFICACIÓN
Emergencia	Inmediata	Menor a 7 días	0
Urgencia	Menor a 1 día	Menor a 30 días	1
Necesario	Menor a 7 días	15 A 60 días	2
Deseable	Menor a 30 días	30 a 90 días	3
Prorrogable	Puede dejarse de ejecutar	Especial	4

Fuente: [URL 5]

2.2.18. Tipos de Mantenimiento

Para mayor comprensión en la lectura del documento, a continuación se dará la definición de las diferentes clases de mantenimiento que se han presentado históricamente y algunos a los cuales son utilizados en la aplicación del TPM.

a. Mantenimiento Reparativo:

Es el mismo mantenimiento de conservación correctiva, el cual se realiza cuando ya se ha presentado la falla o avería y es por esto que se pueden presentar paras en los procesos.

No es recomendable aplicarlo y se hace solo en equipos no críticos o secundarios.

b. Mantenimiento Preventivo (MP):

Es aquel en el que se programan las intervenciones o cambios de piezas de la máquina en unos intervalos de tiempo

preestablecidos estadísticamente. Con este mantenimiento se pretenden aumentar los estándares de tiempo entre averías y aumentar la vida útil de la máquina.

c. Mantenimiento Predictivo:

Se basa en el conocimiento del estado o condición operativa de una máquina o instalación. Algunos de los parámetros para identificar una condición negativa en la máquina son: la vibración, el ruido, la temperatura, la velocidad, etc. Que se presenta en todas las máquinas.

d. Mantenimiento Proactivo:

Este tipo de mantenimiento busca la causa de las pérdidas de tiempo, paradas, averías, etc. e implementa soluciones antes de que ocurran las fallas, de tal forma que puede haber modificaciones estructurales en la maquinaria, incluso de rediseño.

e. Mantenimiento basado en Confiabilidad:

Es la integración del mantenimiento preventivo, proactivo y predictivo, es por el cual enfocándolo al conocimiento del comportamiento normal de la máquina. Este tipo de mantenimiento es uno de los más completos, ya que pretende alcanzar la máxima confiabilidad de la planta por medio de un proceso que determina lo que debe hacerse para establecer el status deseado. **[E- Book 7]**

2.2.19. Mantenimiento Preventivo

En la primera Guerra Mundial (1914) las máquinas trabajaron a toda capacidad y sin interrupción, pues su funcionamiento era de vida o muerte; por este motivo la máquina tuvo cada vez mayor importancia y aumentaron en cuanto a la cantidad y el cuidado de éstas. En esta forma nació el Mantenimiento Preventivo, el cual consiste en la detección y tratamiento de anomalías del equipo antes de que

causen defectos o pérdidas; ésta práctica se aceptó en la década de los veinte, que aunque onerosa, resultaba necesaria. Fue hasta 1950 que se empezó a tener en cuenta la máquina como tal y se le dio importancia al servicio que ésta proporcionaba. La maquinaria quedaba en segundo término, pues solamente era un medio para obtener un producto o servicio, que era verdadero fin del centro fabril o empresa. **[E- Book 5]**

Su implementación está regida por un paso a paso definido (ampliando más adelante) que a modo general, se compone de:

- Validación de los equipos críticos.
- Definición de las rutinas predictivas a aplicar y su frecuencia.
- Capacitación del personal técnico.
- Costeo de la matriz de predictivo y definición de la forma como se va a aplicar (con recurso propio o contratado).
- Inicio y seguimiento de la ejecución y resultados de las rutinas.
- Medición de indicadores del proceso y mejora con base en retroalimentación de resultados.

Básicamente se trata de la aplicación de técnicas que buscan definir la tendencia operacional de un equipo, bien sea a través de la extrapolación o el resultado de la toma de datos, por medio del monitoreo de diferentes variables como por ejemplo:

- Temperatura: condición de aceite.
- Presión: Humedad.
- Movimiento mecánico: Tensión y deformación.
- Impulsos, choques: Vibración.
- Ultrasonido: Sonido, ruido.

- Aceleración y desaceleración: Posición mecánica.
- Acción cíclica: Desplazamiento.
- Grado de cambio: Tiempo.
- Concentración: Descargas.
- Función y características eléctricas: Composición.
- Función mecánica: Por sus diferentes características magnéticas y electromagnéticas.

Ambos, el mantenimiento predictivo y el preventivo son planeados y programados, con recursos asignados y costos que deben ser revisados mensualmente. **[E- Book 6]**

Un vistazo más profundo a todas las tareas de mantenimiento Preventivo (PM) revela que, en promedio:

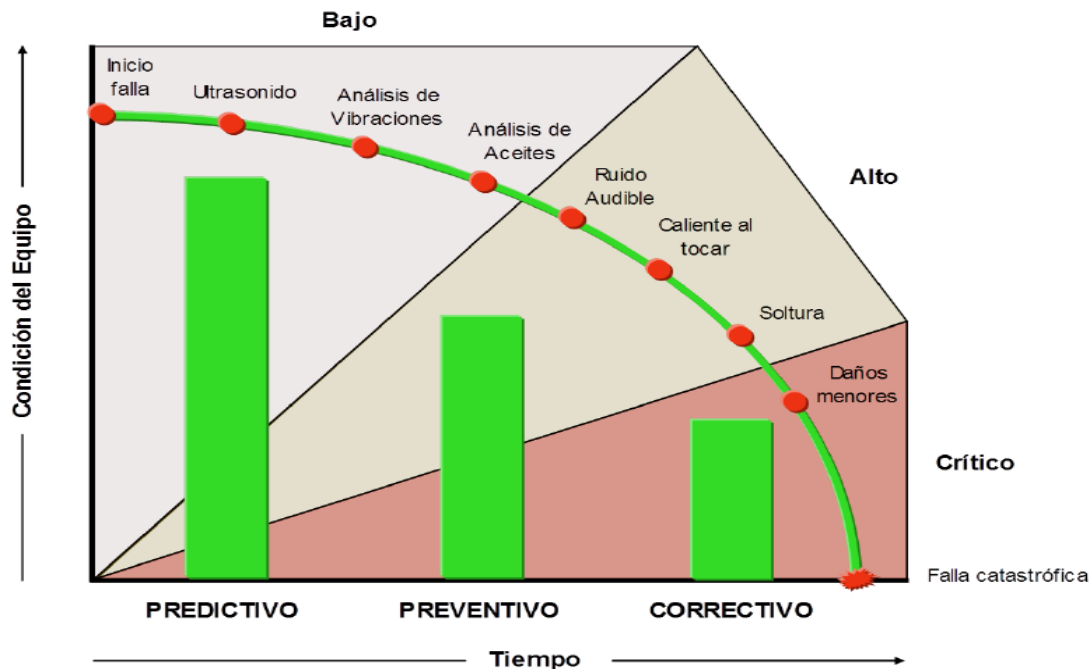
- 30% no agregan valor y deberían ser eliminadas.
- 30% deberían ser reemplazadas con tareas de Mantenimiento Predictivo.
- 30% podrían agregar valor si se rediseñan.

Lo que significa que solo el 10% de las tareas realmente son útiles, el resto solo representan sobre costos.

Los cuales pueden ser disminuidos a través del mantenimiento predictivo debido a que las técnicas están basadas en el hecho que la mayoría de las partes de la evidencia así que las fallas progresan rápidamente, y causen un paro catastrófico. Se habla de un mantenimiento mucho más eficiente, porque se determina el estado de la máquina de forma mucho más exacta y confiable. La mejor forma de ilustrar la evolución de las fallas en un equipo en general es a través de la curva de frecuencia de inspección predictiva (P-F) en

la figura N° 12, curva frecuencia inspección (P - F) donde el tiempo entre inspecciones (tipos de mantenimiento), así como las diferentes condiciones del equipo y que se debe aplicar a cada uno de ellos

Figura N° 12. Grafico curva P - F



Fuente: [E- Book 8]

Es así como se puede entender que al inicio de cualquier falla, se presentan síntomas muy leves, imperceptibles por el humano, pero que pueden ser fácilmente detectables a través de algunas técnicas predictivas. Como en este punto aún hablamos de una falla incipiente podemos hablar de un riesgo “bajo” en la operación del equipo.

Al no tener implementado el mantenimiento predictivo o hacer caso omiso de recomendaciones de las técnicas predictivas aplicadas, la falla del equipo evoluciona y ya se hace perceptible a los sentidos, los operadores comienzan a sentir ruido particular o que el equipo se calienta más de la cuenta. En este punto, debido a que la falla ya es perceptible, por lo general se toma la decisión de intervención,

lamentablemente en muchos casos, la evolución del daño ha sido tan rápida que al parar el equipo ya se aproxima a la falla catastrófica (último nivel de la curva) y ya no se habla de un mantenimiento preventivo si no de un correctivo. [URL 8]

2.2.19.1. Análisis de vibración.

La vibración se define como toda variación en el tiempo, de una magnitud que describe el movimiento o la posición de un sistema mecánico, cuando esta magnitud es alternativamente mayor o menor que cierto valor promedio.

La proximidad de la medición de cada uno de estos valores con la condición real del equipo, dependerá de la frecuencia de su movimiento. Por debajo de 10 Hz, no se perciben casi vibraciones en términos de velocidad o aceleración, pero sí de desplazamiento. Por encima de 1000 Hz, se apreciará mejor la medición, bajo aceleración; y en el rango entre 10 Hz a 1000 Hz, la medición de vibración por velocidad es ampliamente aceptada.

Todas las máquinas rotativas producen vibraciones (son parte de la dinámica del equipo), debido a la alineación y balance de las partes giratorias. La medición de la amplitud de vibraciones a ciertas frecuencias, pueden proporcionar información valiosa sobre la exactitud de alineación del eje, el estado de los rodamientos o engranajes, y el efecto sobre el equipo debido a la resonancia de las carcasas, las tuberías y otras estructuras. El análisis de vibraciones es un método no intrusivo para monitorear la condición del activo durante el arranque, tiempos fuera de servicio y en la operación diaria. Es usado principalmente en equipos

rotativos como turbinas de vapor y de gas, bombas, motores, compresores, máquinas de papel, trenes de laminación, máquinas herramientas y cajas de cambio.

Un sistema de análisis de vibraciones está compuesto por:

- Un recolector de señales (transductor)
- Un analizador de señales
- Un software para el análisis
- Un computador para ejecutar el análisis y almacenar la información

Para obtener mediciones óptimas y lo más uniforme posible, es necesario estandarizar los puntos de medición.

[E- Book 8]

2.2.19.1.1. Equipos para el análisis de Vibraciones.

Medidores de Vibración RMS:

Estos equipos solo proporcionan un valor de magnitud. Son empleados mayormente para llevar registros generales. Con este tipo de equipos no es posible realizar diagnósticos. Los hay fijos y portátiles.

Estos equipos proporcionan el espectro de vibración, con este equipo es posible realizar diagnósticos. Los hay fijos y portátiles. El proceso de toma de datos es independiente del equipo, ya sea un Medidor RMS o un Analizador de vibraciones. En esta sección se describe dicho proceso.

2.2.19.1.2. Tipos de sensores

Dependiendo del grado de criticidad dentro del proceso, así como también de su costo, los responsables del mantenimiento de los equipos pueden seleccionar los sensores adecuados para un buen monitoreo de los mismos. Los sensores que pueden ser utilizados para el monitoreo de las vibraciones son por:

- Sensores de Desplazamiento
- Sensores de Velocidad
- Sensores de Aceleración

Otro parámetro importante para la selección de los sensores, es el tipo de monitoreo que se desea realizar. Con todo lo antes mencionado, los tipos de sensores a utilizar son:

- Monitoreo continuo: Sensores Fijos
- Monitoreo Periódico: Sensores Portátiles.

2.2.19.1.3. Toma de datos

Cuando los datos se toman con un equipo RMS, generalmente se obtiene una Amplitud de la Vibración (mm/seg., g). Algunos pueden variar y proporcionar la Frecuencia dominante en ciclos por minuto (CPM). Cuando los datos se toman en un equipo Analizador de Vibraciones, se obtienen: un espectro de Amplitud de la Vibración la Frecuencia, en donde la Amplitud de la vibración puede estar en unidades de

Velocidad (mm/seg.) o Aceleración (g) así como la Frecuencia en ciclos por minuto (CPM) o Hz. El lugar o ubicación en el cual se toman las mediciones de vibración se denomina Puntos. Estos Puntos se ubican en la carcasa de los rodamientos, elementos de transmisión de potencia y en la estructura de un elemento rotatorio. Se seleccionan los puntos por medio de un criterio personal o bien empleando manuales generales. Es necesario conocer la forma adecuada como se deben tomar los datos para que el análisis de vibraciones sea efectivo, de lo contrario los datos serán erróneos. Para maquinas con ejes horizontales como las transmisiones de molino o ventiladores de tiro por ejemplo, se toman en diferentes direcciones y que son:

- Dirección Vertical, es decir radialmente al eje, con el sensor colocado en forma vertical de la carcasa o del eje de rotación.
- Dirección Horizontal, también radialmente al eje, pero el sensor colocador en posición horizontal.
- Dirección Axial, el sensor se coloca en la misma dirección del eje. **[Tesis 8]**

2.2.19.2. Termografía infrarroja

La Termografía es una técnica que estudia el comportamiento de la temperatura de las máquinas con el

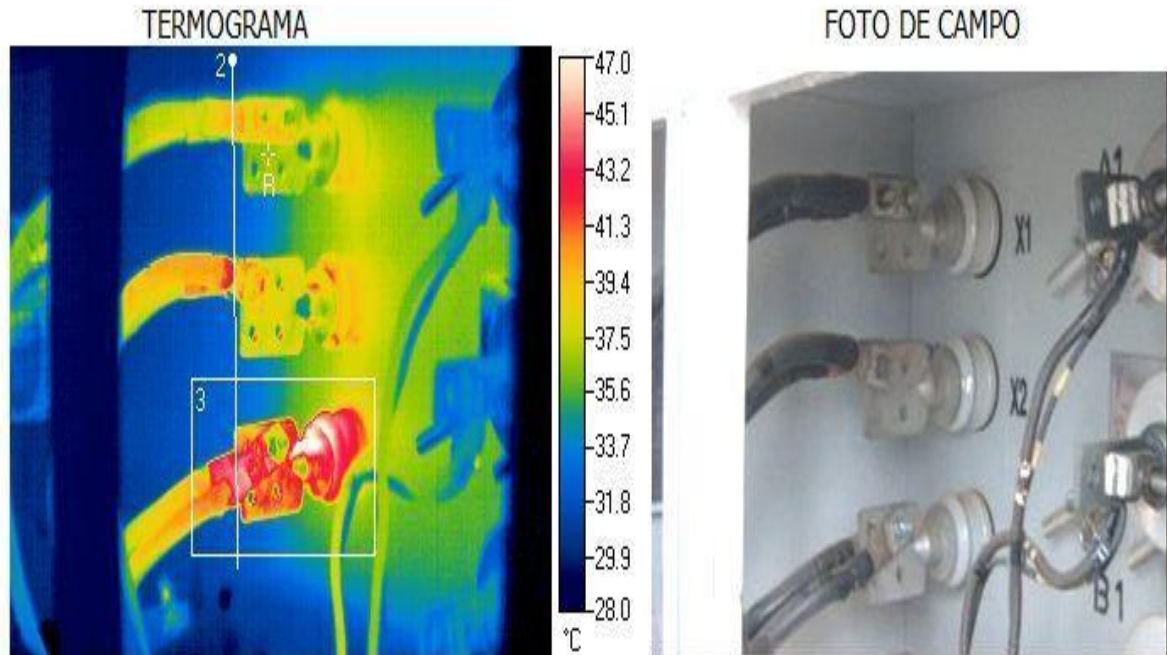
fin de determinar si se encuentran funcionando de manera correcta. La energía que las máquinas emiten desde su superficie viaja en forma de ondas electromagnéticas a la velocidad de la luz; esta energía es directamente proporcional a su temperatura, lo cual implica que a mayor calor, mayor cantidad de energía emitida.

Debido a que estas ondas poseen una longitud superior a la que puede captar el ojo humano, es necesario utilizar un instrumento que transforme esta energía en un espectro visible, para poder observar y analizar la distribución de esta energía. **[URL 9]**

Los diferentes niveles de energía se miden por el detector y luego se transforman en una imagen visible representada por un color diferente o un nivel de escala de grises, con cada nivel de energía. La imagen se puede almacenar en soporte digital o en video, para su revisión, análisis e informes en una etapa posterior. Todos los sistemas de infrarrojos (simple a lo más complejo) son también son muy sensibles a la radiación infrarroja solamente que, no miden la temperatura.

La termografía sirve, principalmente para encontrar los componentes eléctricos que estén más calientes de lo normal, lo que generalmente indica un desgaste o aflojamiento. Por lo tanto, esta técnica permite realizar el mantenimiento a los componentes eléctricos que requieren atención sin necesidad de intervenir el resto de los componentes. La figura 13 se muestra un claro ejemplo de un análisis termo gráfico.

Figura N° 13. Imagen de un transformador del campo tomada por una cámara Termográfica.



Fuente: [Tesis 7]

A mano derecha se observa la foto del equipo “intervenido”, un transformador 750kva, en cuyo buje inferior se encontró un punto caliente, como lo muestra el termo grama de la izquierda. [Tesis 7]

2.2.19.3. Análisis de aceite

El análisis de aceites determina el estado de operación de las máquinas a partir del estudio de las propiedades físicas y químicas de su aceite lubricante. El aceite es muy importante en las máquinas porque sirve la protege del desgaste, controla su temperatura y elimina sus impurezas. Cuando el aceite presenta altos grados de contaminación y/o degradación, no cumple con estas funciones y la máquina comienza a fallar.

La técnica de análisis de aceites permite cuantificar el grado de contaminación y/o degradación del aceite por medio de una serie de pruebas que se llevan a cabo en laboratorios especializados sobre una muestra tomada de la máquina y cuando está operando o cuando acaba de detenerse. El grado de contaminación del aceite está relacionado con la presencia de partículas de desgaste y algunas sustancias extrañas, por tal razón es un buen indicador del estado en que se encuentra la máquina.

El grado de degradación del aceite sirve para determinar su estado mismo porque esta representa la pérdida en la capacidad de lubricar producida por una alteración de sus propiedades y la de sus aditivos. La contaminación en una muestra de aceite está determinada por medio de la cuantificación de:

- Partículas metálicas de desgaste.
- Combustible.
- Agua.
- Materias carbonosas.
- Insolubles.

La degradación en una muestra de aceite está determinada por medio de la cuantificación las siguientes propiedades:

- Viscosidad.
- Detergencia.
- Basicidad.
- Constante Dieléctrica.

La información proveniente de las pruebas físicas y químicas del aceite permite decidir sobre el plan de lubricación y mantenimiento de la máquina. **[URL 9]**

Este tipo de análisis se realiza en un laboratorio especializado, a muestras de aceite tomadas de los equipos en operación, es decir, el lubricante analizado está siendo usado. Tiene por objeto evaluar la condición del aceite, monitorear su grado de contaminación y el nivel o gravedad de desgaste que se está presentando en el equipo rotativo. Esto se hace por medio de:

- Análisis de características físico-químicas con el fin de detectar la situación de las propiedades del aceite y definir si está oxidado, para tomar la decisión de cambio o dejarlo en servicio.
- Revisión sencilla del olor o color del lubricante.
- Viscosidad: indica el flujo del aceite a una temperatura específica. Su variación en el tiempo, muestra contaminación o cambios en la condición del mismo.
- TAN: número total de ácido, muestra la variación de la condición del lubricante.
- TAB: número total de bases, similar al anterior, mide el grado de alcalinidad del lubricante.

Análisis de contaminantes tales como:

- Contenido de agua: contribuye a la corrosión y formación de ácidos. Se realiza a través de diferentes análisis, logrando detectar desde el 0.001% de agua en

el lubricante. Por encima del 0.1% aparecerá suspendida y la muestra se verá turbia.

- Dilución por gases o combustibles: se considera excesiva, cuando alcanza niveles del 2.5 al 5%
- Contenido de partículas sólidas: usado para detectar partículas metálicas y no metálicas, entre 5 y 50 μm
- Análisis del nivel de desgaste de los mecanismos lubricados: muestra cantidades de metal disuelto y partículas de metal entre 5 a 10 μm . Estos representan desgaste, contaminación o aditivos metálicos.

Este tipo de análisis es uno de los más efectivos a la hora de monitorear la condición del activo debido a que muestra su estado interno, de manera más tangible que muchas otras técnicas. Lamentablemente, si no se cuenta con un laboratorio para hacer los análisis o el consumo de lubricante no es lo suficiente para acceder a un muestreo gratuito por parte del proveedor, se convierte en una de las técnicas más costosas. **[E- Book 9]**

2.3. Definición de Términos

5´S: Se trata de cinco términos de origen japonés que comienza con la letra S. Cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar digno y seguro donde trabajar. Estas cinco palabras son SEIRI: Organizar, clasificar, SEITON: Ordenar eficientemente, SEISO: limpieza e inspección

SEIKETSU: Estandarización, SHITSUKE: Cumplimiento o disciplina **[Tesis 1]**

Averías: Es la pérdida de la función de un elemento, componente, equipo. Esta pérdida de la función puede ser total o parcial del equipo que está operativo. **[Tesis 6]**

Disponibilidad: Razón entre el tiempo de corrida del equipo y el tiempo programado para producir. [Tesis 2]

Eficiencia: Representa la racionalidad en el uso de los recursos. Los responsables de la organización de mantenimiento deberán velar por el uso racional de los recursos disponibles, humanos, materiales, económicos y de la información, de tal manera que contribuyan a la consecución de las metas y coadyuven al logro de los objetivos de la empresa. [Tesis 6]

Eficacia: Representa la respuesta oportuna cuando se requiere satisfacer un objetivo. [Tesis 6]

Mantenimiento Total: Podemos definir como un conjunto de actividades disposiciones técnicas, medios y actuaciones que permitan garantizar que las máquinas, instalaciones y organización de una línea automática de producción pueden desarrollar el trabajo que tiene previsto en un determinado Plan de Producción en constante evolución. [Libro 1]

Mantenimiento Autónomo: Esta actividad es básica en un programa TPM y consiste en realizar rondas o inspecciones rutinarias en el área, se efectúan actividades de limpieza, control visual, lubricación de puntos de engrase, pequeños ajustes y operaciones de mantenimiento en un sentido global o lo más amplio posible, a los operadores de fabricación. [Libro 1]

Mejora Enfocada: Incluye todas las actividades que maximizan la eficacia global de equipos, procesos y plantas productivas a través de considerable eliminación de pérdidas o ineficiencias, mejorando el rendimiento global de la planta. [Tesis 1]

MTBF (Mean Time Between Failures): Tiempo promedio entre fallos indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de una falla en una máquina en estudio. [Tesis 4]

Mantenimiento Correctivo: Son servicios de reparación en ítems con falla. Esta estrategia se basa en el acondicionamiento o sustitución de partes en un ítem una vez que éstas fallan. [Tesis 5]

Mantenimiento Preventivo: Servicios de verificación, inspección, control, conservación y restauración de un ítem con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos, tratando de evitar falla. [Tesis 5]

Mantenimiento Predictivo: Servicios de seguimiento del desgaste de una o más piezas o componentes de equipos que a través de análisis síntomas o estimación por evaluación estadística. [Tesis 5]

NEE (Net Equipment Effectiveness): Eficacia neta del equipo, refleja con claridad la verdadera calidad y eficacia del equipo mientras opera. Es una excelente medición de la verdadera condición mecánica del equipo respectivo. [Libro 2]

OEE (Overall Equipment Effectiveness): Eficacia Global del Equipo, es una manera exacta de determinar la eficacia actual del equipo que está operando. [Libro 2]

TEE (Effective Equipment Productivity): Productividad total efectiva del equipo, es un indicador que mide la productividad efectiva. [Libro 2]

TPM (Total Productive Maintenance): Es una gestión que se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye cero accidentes, cero defectos y cero fallas en todo el ciclo de vida del sistema productivo. [Tesis 2]

CAPITULO 3

DIAGNÓSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL

3.1. Descripción general de la empresa

NORSAC S.A. es la empresa líder en el Perú en la fabricación y comercialización de sacos y telas de polipropileno. Fue fundada en 1967 e inició sus operaciones en 1968 en la ciudad de Trujillo, convirtiéndose en la primera empresa de este tipo instalada en América y la primera en el mundo en operar con telares circulares. Orgullosos de la experiencia y reputación que hemos ganado a través de estos años, nuestro compromiso se centra en seguir ofreciendo a nuestros clientes un producto con lo último en tecnología, de la mejor calidad y al mejor precio y servicio

3.1.1 Misión y Visión

Misión

Somos una industria peruana, pionera en el mundo desde 1,967 dedicada a la creación, diseño, fabricación, y comercialización de envases y recubrimientos de tela de Polipropileno, de la mejor calidad y al más bajo costo, que protegen y conservan los bienes y productos de nuestros clientes durante su almacenamiento y transporte.

Trabajamos con maquinaria de tecnología de punta, recursos humanos de primer nivel, y bajo un Sistema de gestión ISO 9001; y donde además el Proceso de Mejoramiento continuo y la innovación permanente de productos y procesos es el modo de trabajo diario de todo su personal.

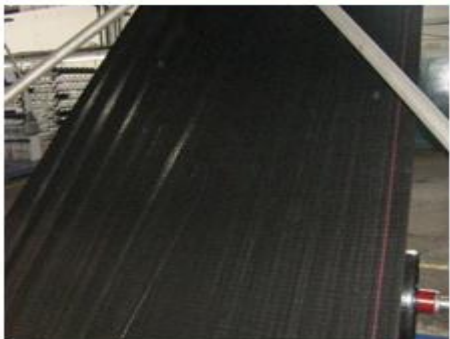
Visión

NORSAC S.A. es una empresa líder en la fabricación y comercialización de envases y recubrimientos de polipropileno con una participación mayoritaria en el mercado peruano y con presencia importante en el mercado sudamericano. Así mismo aspira a ser un referente en la industria latinoamericana de envases y recubrimientos de polipropileno.

3.1.2 Productos

A.Telas

Figura N°14. Grafico principales productos de telas.

Tela Plana	
	<u>Uso</u> Por sus orillos reforzados este producto es usado para recubrimientos de techos y paredes de galpones, además de ser aprovechados en geotextiles, agricultura y carreteras. <u>Color</u> De acuerdo a requerimiento de cliente. <u>Dimensiones</u> De 1 a 5.4 m de ancho y de largo requerido por el cliente <u>Características Adicionales</u> Telas livianas y pesadas de acuerdo a solicitud del cliente y a los estándares manejados por NORSAC S.A..
Tela Tubular	
	<u>Uso</u> Este producto también es usado en la construcción, así como en la industria avícola, agricultura, geotextiles y carreteras en donde aprovechan sus bordes hechos con corte ultrasónico. <u>Color</u> De acuerdo a requerimiento de cliente. <u>Dimensiones</u> Ancho hasta de 4 m y de largo requerido por el cliente
Tela Gasa de Vuelta	
	<u>Uso</u> Este producto es usado como sombreado agrícola, y como barrera antiplagas de insectos y/o pájaros. <u>Color</u> De acuerdo a requerimiento de cliente. <u>Tejido</u> Tipo malla que permite la aeración del producto <u>Dimensiones</u> De 1 a 3 m de ancho. Largo de 200 a 500 m

Fuente: [URL 7]

B. Sacos polipropileno

Figura N°15. Grafico principales productos de sacos.

Sacos Tubulares	
	Uso Envasado de harina de pescado, arroz, harina de trigo, azúcar, químicos, etc. Color De acuerdo a requerimiento de cliente. Dimensiones Ancho de boca de 30 a 85 centímetros. Longitud requerida por el cliente previa Impresión Flexográfica Impresión en la parte frontal y/o posterior del saco con el logotipo y la combinación de colores solicitados por el cliente. Clise elaborado en fotopolímero. Los logotipos pueden ser diseñados y confeccionados en nuestro Departamento de Diseño Gráfico. También es posible, realizar impresiones en policromía. Corte y Costura El corte térmico en zigzag o corte en caliente. Corte térmico recto o corte en frío. La costura se realiza con hilo retorcido de alta tenacidad Características Adicionales Laminado, microperforado, fuelle, válvula y basta en la boca. Estabilizado a la luz ultravioleta
Sacos Malla (Leno)	
	Uso Este producto es usado para el envasado de cebolla, limones, papas, frutas, verduras, etc. Son sacos livianos y resistentes con tejido de malla que permite la aeración del producto que envasa. Color De acuerdo a requerimiento de cliente. Dimensiones Ancho de boca de 25 a 80 centímetros y de longitud requerida por el cliente Costura La costura se realiza con hilo multifilamento polipropileno. Características Adicionales Basta y pita de cierre en la boca.

Maxisacos (Big Bag)	
	Uso Este es un producto contenedor flexible de carga intermedia.
	Color De acuerdo a requerimiento de cliente.
	Capacidad De 1000, 1500 y 2000 Kg
	Modelos Open top, con válvula de carga, válvula de descarga y fondo cerrado, con solapa, etc.
	Costura Realizado con hilo retorcido de alta tenacidad de polipropileno o poliéster.
	Características Adicionales Laminado, liner e impresión

Fuente: [URL 7]

C. Otros productos

Figura N° 16. Grafico productos de Cinta y Manga

Cinta Fibrilizada	
	Uso Este producto es usado en la fabricación de mechas
	Color De acuerdo a requerimiento de cliente.
	Denier De 750 a 2000
Manga	
	Uso Este producto es usado para la confección de sacos.
	Color De acuerdo a requerimiento de cliente.
	Dimensiones Ancho de boca de 30 a 85 centímetros y largo requerido por el cliente, laminados y tejidos.

Fuente: [URL 7]

3.1.3 Ventajas de los productos NORSAC

Características que diferencian a los productos de la empresa y son:

- Sacos cristalinos más transparentes.
- Sacos más livianos y resistentes debido a nuestra tecnología de punta.
- Tela Arpillera con orillo más ancho y resistente.
- Tela Arpillera Sulzer de hasta 5.4 metros de ancho (Únicas en el Perú)
- Tela Arpillera de Gasa Doble Vuelta de hasta 3m de ancho en agro textiles.
- Impresiones en policromía y de mejor calidad.

Esta diferencia representa para el cliente

- Ahorro en su consumo de sacos.
- Proveedor confiable.
- Envases de calidad para sus productos.
- Impresión de calidad para el realce de su marca.

Características de los Sacos de Polipropileno

- Alta resistencia y tenacidad.
- Bajo Peso lo que deriva en menores costos de almacenaje y transporte.
- Higiénico y totalmente atóxico.
- No se encoge.
- Mayor durabilidad y posibilidad de uso.
- Excelente resistencia química.

- Ecológicamente amigable.
- Puede ser coloreado con facilidad
- Alto punto de fusión que le da excelente resistencia mecánica a temperaturas elevadas.
- Resistente a roedores, insectos y bacterias.
- Impermeable al agua.
- Resistente a la abrasión.
- Llenado y vaciado rápido y fácil.
- Resistencia a la manipulación en su almacenaje y transporte.

Ventajas de los Sacos de Polipropileno ante el Papel

- El polipropileno es de mayor tenacidad que el papel.
- El papel necesita 4 veces más peso para obtener la misma resistencia.
- El polipropileno no absorbe el agua por lo que no transfiere humedad al producto que contiene.
- Los sacos de polipropileno son más económicos y maniobrables.

Ventajas de los Sacos de Polipropileno ante el Polietileno

- Los envases de polipropileno son más resistentes.
- Los envases de polipropileno ofrecen mayor estabilidad en las rumas gracias a su mayor coeficiente de fricción que permite un apilamiento más estable.
- El punto de ablandamiento del PP es mucho más alto.
- Los envases de polietileno no son adecuados para transportar cargas pesadas.

- Los envases de polipropileno no se rasgan como los de polietileno.

Ventajas de los Sacos de Polipropileno ante el Yute/Tocuyo

- Los envases de polipropileno son más livianos que los tejidos de fibra natural.
- Los envases de PP son más limpios y manejables.
- Los sacos de PP no contaminan el producto que contienen.
- Pueden ser fabricados de cualquier color.
- Los envases de PP no se encogen.
- El polipropileno es más resistente a la abrasión. [URL 7]

3.2. Descripción del área de impresión en la empresa.

En esta sección, se presenta el proceso productivo actual de la empresa NORSAC para poder comprender los equipos y técnicas que se emplean para ejecutar adecuadamente la metodología y los conocimientos de los pilares más representativos del TPM.

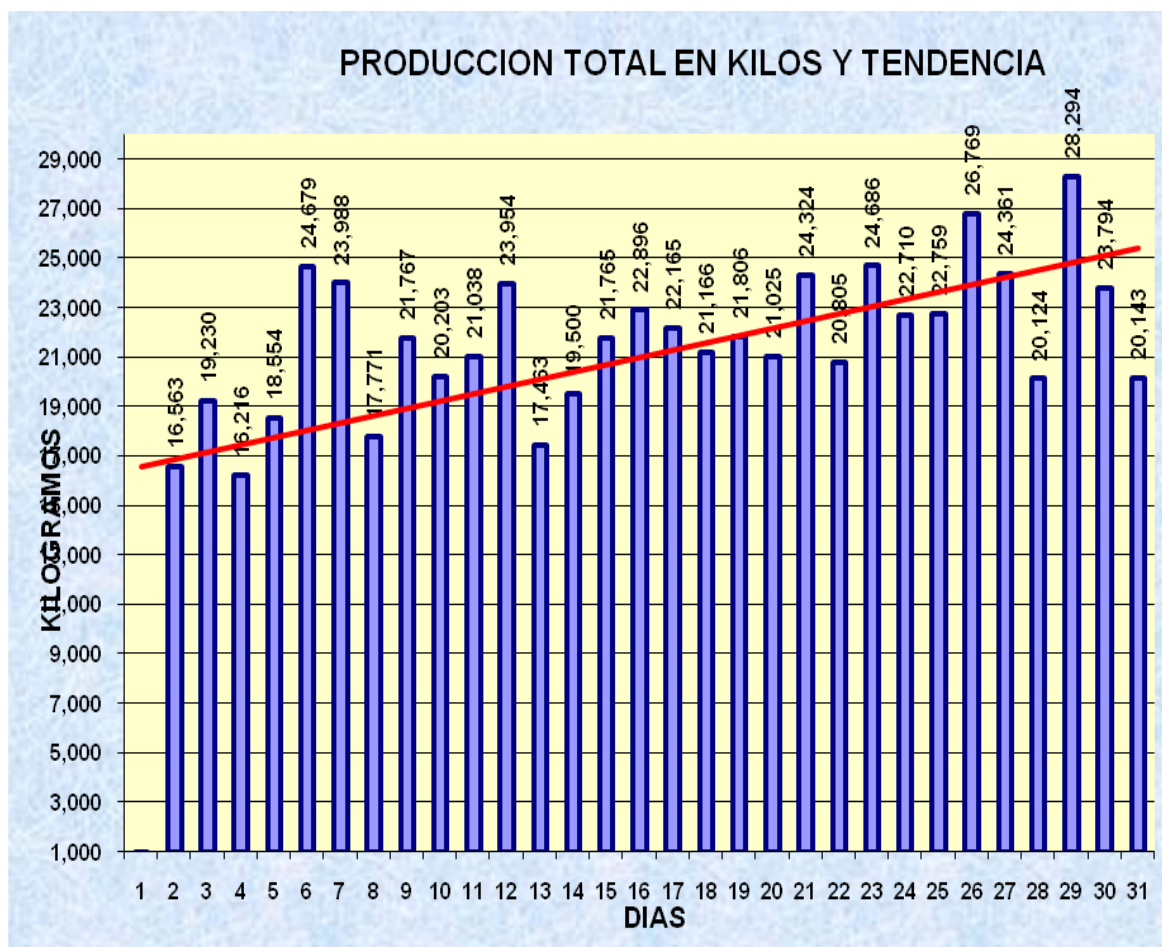
Para efecto de la presente tesis se analizaran el proceso productivo de la línea 1 del área de impresión. (Véase ANEXO A diagrama de flujo de manera general del proceso productivo de la empresa)

La materia prima utilizada, señala las áreas que interviene para la fabricación de cualquier saco, tejido, manga y cinta NORSAC.

3.2.1. Almacén de los recursos físicos de la materia prima.

En la figura N° 17 presenta la producción total en kilos del mes de octubre del año 2014, esta figura explica la evolución del total de kilos consumidos durante el día para las líneas extrusoras en la producción de sacos. La línea de tendencia se mantiene estacionaria a lo largo de todo el año, si bien es cierto que la producción de sacos pesqueros es una temporada al año, pero se realizan producciones sin necesidad de pedido para poder cubrir la demanda de la siguiente temporada.

Figura N° 17. Grafico producción total en kilos y la tendencia.



FUENTE: [URL 7]

La materia prima es almacenada en 3 áreas:

- Área de bobina de tela tubular.- Esta área es utilizada para el almacenamiento, después de ser recubierto o no por la máquina laminadora, las bobinas de tela tiene un peso aproximado de 250 kg. luego es transportada en una carretilla manual de 4 ruedas y sus medidas son de 1 m. de ancho x 1.2 m de largo que tiene una capacidad de carga máxima de hasta 400 kg.
- Área de líquidos.- De manera similar son almacenados los baldes de tinta de diferentes colores y los galones de disolvente que son

en su compartimiento. (Véase ANEXO B almacenamiento de los bidones de tinta y disolventes).

- Área de bobina impresa.- Las bobinas de tela impresa es la más costosa dentro del proceso, pasan a ser almacenadas, para luego pasar a la máquina convertidora marca KON 2002. (Véase ANEXO C Almacenamiento de las bobinas de tela impresa).

3.2.1.1. Características principales de la materia prima.

➤ Polipropileno

El Polipropileno es un termoplástico que es obtenido por la polimerización del propileno, subproducto gaseoso de la refinación del petróleo, en presencia de un catalizador, bajo un cuidadoso control de temperatura y presión que se debe de aplicar. [URL 10]

➤ Alcoholes: N-Propanol

Es un disolvente utilizado en tintas, lacas, cosméticos, lociones dentales, tintas de impresión, lentes de contacto y líquidos de frenos. También sirve como un antiséptico, aromatizante sintético de bebidas no alcohólicas y alimentos, producto químico intermedio y desinfectante. [URL 12]

3.2.2. Proceso de impresión de la Línea #1.

• **Sistema Desbobinado.**

Una vez laminado la bobina de tela, se procede al desbobinado en el dispositivo hidráulico de carga donde se fija la bobina de tela. El dispositivo neumático se regula con el rodillo zandarin que es el frenado donde da origen la longitud tela que va a ser impresa y es centrada por medio de la cámara de video lineal.

- **Mezclado de tinta y disolvente.**

Los líquidos como la tinta y el disolvente son mezclados y con un viscosímetro verifica el nivel de viscosidad que debe tener la tinta que ente 28–30 segundos. La preparación de la tinta, es realizada manualmente por el ayudante y algunas veces por el operario. Toda esta preparación se realiza en unas charolas de acero que tiene una capacidad de 30 litros. Luego se introduce la bomba neumática que está conectada a la cámara de rasquetas vía una tubería flexible la bomba asegura la circulación de la tinta.

- **Cilindro porta cliché.**

La máquina impresora tiene 6 estaciones de impresión, cada estación tiene un cilindro donde es fijado el cliché al cilindro porta cliché mediante una cinta adhesiva de color rojo y asegurada con la chapa de montaje del cliché, y el operario verifica que el cliché sea correctamente pegado al cilindro antes de iniciar el proceso de impresión.

- **Cilindro de impresión.**

Está situado debajo del cilindro portacliché marca la distancia entre el cilindro portacliché y el cilindro de impresión depende del espesor del cliché y es por eso que se puede utilizar diferentes espesores del cliché. El cilindro de impresión es por donde pasa la tela a ser impresa de hasta 120 m por minuto.

- **El cilindro Anilox.**

Es un cilindro de dosificación para suministrar una cantidad constante y regular de tinta. Se regula la cantidad de tinta a través de un timón. La colocación paralela automática de la cámara bajo una presión constante la cantidad de tinta que da constante y ni siquiera tendrá que ser ajustada a altas velocidades.

- **Sincronización de la Maquina.**

Al Iniciar sincronización se realiza pequeños ajustes como juntar los rodillos anilox, luego dirigirse al tablero de control y realizar ajustes para encaje sumando o restando valores. Si impresión requiere moverse horizontalmente dirigirse a estaciones para mover con la perilla horizontal. Calza y/o asegura cliché, arrancar la impresora a baja velocidad y seguir verificando; luego activar el dispositivo de secado. Dirigirse al panel de control, realizar últimos ajustes y llenar hoja de reporte.

- **Dispositivo de secado.**

Son unas toberas soplan el aire caliente sobre el tejido estampando. El aire producido durante el proceso de secado contiene un disolvente y se elimina por aspiración. Una vez estampado, la bobina de tela es trasladada al siguiente proceso de conversión. [URL 11]

A continuación en la tabla N° 20 se adjunta la capacidad de producción de la línea #1 del área de impresión.

Tabla N° 20. Capacidad de producción del área impresión.

Bobinas de tela	Línea # 1
Impreso por un solo lado	0.8- 1.1 TM/H
Impreso por dos lados	0.4 – 0.7 TM/H
Otros	0.5 TM/H

Fuente: [URL 7]

3.2.3. Procedimiento de arranque de impresión.

Antes de iniciar el proceso de impresión el operario debe considerar los siguientes tres procedimientos:

a) Actividades Operativas Del Control

- Operario sincroniza y verifica en la tela de segunda sin impresión el logo especificado, coloca trazabilidad a la impresión.
- Operario una vez realizado su auto control para A tela de primera y un máximo de 50 m. Verifica en la tela de primera el logo alcanza el retazo verificado al inspector turno.
- Operario verifica la impresión de unos 1000m (línea a velocidad de trabajo) en el primer rollo de arranque.
- Operario realiza un auto control cada vez suene circulina el uso visual de la tela.
- Operario al cambio de rollo corta un pedazo de tela y constata con el pedazo de muestra.
- Al inicio de turno el operario para la máquina y corta un pedazo de tela impresa verificando con la muestra hace cambio de trazabilidad.

b) Que Controla el operario

El operario antes de iniciar debe de verificar lo siguiente:

1. Longitud de repetición (medición de marca A marca recta)
2. Tipografía.
3. Limpieza regulación del ancho e intensidad de la tela.
4. Tono de tinta.
5. Viscosidad de tinta (calibración del viscosímetro).

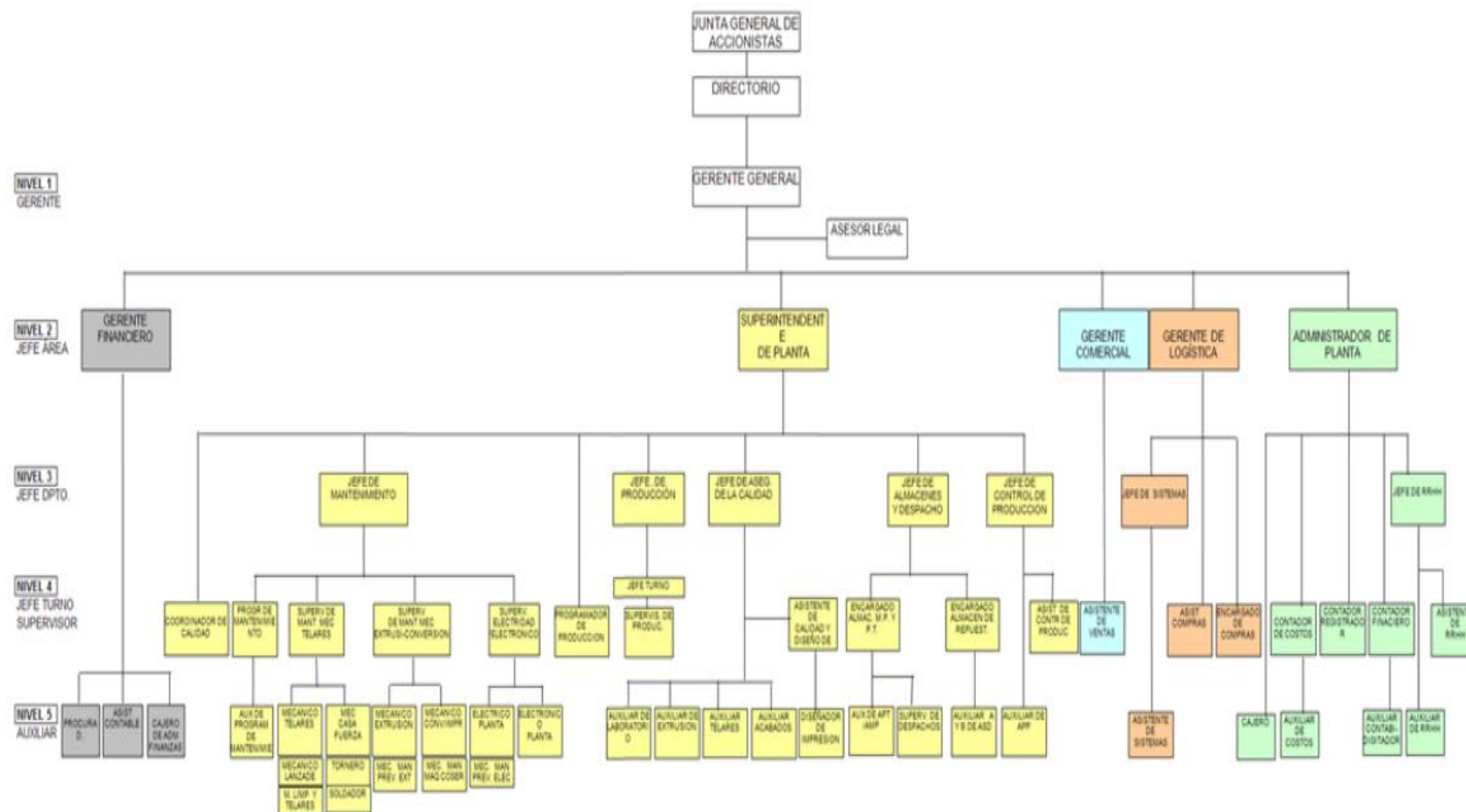
6. Márgenes inferior y superior.
7. Distancia y colocación de marca.
8. Nitidez y
9. Encaje.

c) Valor de Comparación

- Saco muestra de calidad.
- Condiciones de operación por tipo de impresión.
- Kanban.
- Muestrario de tono de tintas.
- Saco muestra o diseño de impresión.

3.3. Organigrama

Figura N°18. Organigrama General de NORSAC S.A.



Fuente: [URL 7]

3.4. Gestión técnica

En la siguiente tabla N° 21 equipos productivos de la planta. Ciertos equipos cuentan con una vida promedio de 20 a 30 años a excepción de otras máquinas que recientemente se ha adquirido la empresa.

Tabla N°21. Equipos productivos de la planta.

Equipo	Descripción
ÁREA RECEPCIÓN Y MEZCLADO	
Tolva #1	Olla de valor de 26kg
Tolva #2	Olla de valor de 26kg
FLUJO DE LA LÍNEA #1	
STAREX 1500	Extrusión # 1
BARMAG	Extrusión # 2
TIREX	Extrusión # 3
STACOTEC 1500	Extrusión # 4
LEONARD I	Extrusión # 5
SL6	Telar # 1
SL61	Telar # 2
ALPHA 6	Telar # 3
SLL4	Telar # 4
SULZER TW-11	Telar # 5
SULZER PU D2	Telar # 6
SULZER P7300 HP	Telar # 7
STACOTEC	Laminadora # 1

KON 2002	Conversión #1
FREDERICK CS-2002	Conversión #2
DYNAFLEX I	Impresora #1
DYNAFLEX I	Impresora #2
BOMBA DE SOLUCIÓN	Bomba de tinta estación # 1
BOMBA DE SOLUCIÓN	Bomba de tinta estación # 2
BOMBA DE SOLUCIÓN	Bomba de tinta estación # 3
BOMBA DE SOLUCIÓN	Bomba de tinta estación # 4
BOMBA DE SOLUCIÓN	Bomba de tinta estación # 5
BOMBA DE SOLUCIÓN	Bomba de tinta estación # 6
TANQUE	Tanque de disolvente
COMPRESOR	Compresor de aire caliente
DYNAFLEX II	Impresora #2
BOMBA DE SOLUCIÓN	Bomba de tinta estación # 1
BOMBA DE SOLUCIÓN	Bomba de tinta estación # 2
BOMBA DE SOLUCIÓN	Bomba de tinta estación # 3
BOMBA DE SOLUCIÓN	Bomba de tinta estación # 4
BOMBA DE SOLUCIÓN	Bomba de tinta estación # 5
BOMBA DE SOLUCIÓN	Bomba de tinta estación # 6
COMPRESOR	Compresor de aire caliente
TANQUE	Tanque de disolvente
PRENSA 01	Enfardelado #1

PRENSA 02	Enfardelado #2
CASA FUERZA	
COMPRESOR TORNILLO GA30	Compresor #1
COMPRESOR TORNILLO GA30	Compresor #2
COMPRESOR TORNILLO GA45	Compresor #3
COMPRESOR GA807	Compresor #4
POZO SUBTERRANEO 01	Pozo #1
POZO SUBTERRANEO 02	Pozo #2
POZO CISTERNA	POZO CISTERNA
TORRE DE ENFRIAMIENTO	Torre #1
GRUPO ELECTRÓGENO	Grupo Electrónico

Fuente: [URL 7]

Dentro de sus nuevos proyectos en operación es automatizar todo el proceso, por lo cual se está renovando la maquinaria.

Otro problema que recientemente enfrentan es el espacio del almacén de materia prima y producto terminado, es por ello que tienen un proyecto de ampliación del almacén.

3.5. Gestión administrativa

La empresa está dedicada a la fabricación y comercialización de productos de polipropileno. Cada país tiene, por lo general, una clasificación industrial propia, en la forma más adecuada para responder a sus circunstancias individuales y al grado de desarrollo de su economía. La empresa se rige de acuerdo a normas y políticas establecidas por la casa por lo cual es encaminada la empresa.

Cada semestre los diferentes departamentos son auditados por el Directorio General de la casa poniendo más énfasis a los procesos productivos (producción, mantenimiento, nutrición, calidad y seguridad).

La empresa por iniciativa propia de la alta dirección y teniendo en cuenta factores como la globalización y la competitividad, tomó en el año 2000, la decisión de implementar un sistema de gestión de la calidad, con el propósito de estandarizar y mejorar nuestros procesos y productos, y con el fin de lograr el cumplimiento y la satisfacción de las expectativas de nuestros clientes. El sistema de gestión de calidad la empresa, ha sido diseñado y estructurado de acuerdo a los requerimientos del sistema de gestión de la calidad ISO 9001: 2008. Actualmente la certificación ISO 9001, está en proceso de renovación año 2015.

Los procedimientos y mejoras de la empresa se manejan de manera separada por lo que cada departamento se encarga de definirlos y hacerlos conocer al resto de las áreas. La decisión que se tome a nivel de jefaturas previamente debe ser aprobada por la gerencia general.

3.6. Gestión de Recursos Humanos

En la empresa la relación entre trabajadores y jefes son los responsables del buen funcionamiento y organización de sus departamentos. Está relación es parcialmente estable, debido a que mientras no exista ninguna volubilidad de equilibrio para el trabajador, este trabajara de la manera que el conoce, pero si se le añade un trabajo adicional a su actividad empezara el desánimo, ya que muchos de los trabajadores tienen escaso nivel cultural y algunos solo llegan al nivel secundario de educación.

Los trabajadores estarán subordinados por el jefe y que estos cumplan con las obligaciones de trabajo que se les imparta. También existen claras excepciones para los trabajadores, existen muchos a los cuales el trabajo los

motiva, siempre están dispuestos a la cooperación para el bienestar de la empresa y prestos a cualquier pedido de autoridad.

3.6.1. Condiciones laborales.

Según el reglamento interno de trabajo de la empresa, las horas laborales de acuerdo a lo que prescribe el código de trabajo. En la siguiente tabla N° 22 se detalla la carga tanto para las áreas administrativas como para las operativas.

Tabla N° 22. Horario de trabajo de la empresa,

ÁREA	TURNO	HORAS
Operativa	Día – Noche	07:00 - 19:00
	Rotativos	19:00 - 07:00
	Refrigerio	12:00 - 13:30
Empleados	Día	08:00 - 18:20
	Refrigerio	13:00 - 13:45

Fuente: [URL 09]

- Servicios
 - El refrigerio nocturno como galletas, té, manzanilla, etc.
 - Alquiler de canchas de fútbol, para mejorar las relaciones de trabajo.
 - Campañas de Salud.

3.6.2. Rol de personal.

La empresa hasta diciembre del año 2015 contaba con la siguiente cantidad de empleados distribuida de la siguiente manera como se muestra la tabla N° 23 en las diferentes áreas.

Tabla N° 23. Rol de Personal Categorizado de la empresa.

CATEGORÍA	NÚMERO DE PERSONAS	CARGO
Nivel 1: Gerente	3	Directores
Nivel 2: Jefes de Área	2	(1)Producción (1)Administración
Nivel 3: Jefes de Dpto.	9	Jefes de Departamento
Nivel 4: Jefes de Turno / Supervisores	6	(3)Jefes de turno (3)Supervisores
Nivel 5: Auxiliares	90	Mando Medio (Asistentes, Auxiliares, Etc.)
Nivel 6: Operativo	210	Operarios
TOTAL	320	

Fuente: [URL 09]

En el área de impresión hay dos líneas productivas, cada línea tiene una máquina. En la tabla N°24 detalla la cantidad de operarios y ayudantes por turno, cada turno cuenta con un supervisor de área.

Tabla N° 24. Cuadro del personal área impresión.

SECCIÓN	CARGO	# DE EMPLEADOS
Impresión	Operarios	4
	Ayudante	4
	Supervisor línea	2

Fuente: [URL 09]

3.7. Identificación del problema e indicadores actuales

3.7.1. Costos de Mantenimiento

A continuación se presenta como objetivo de estudio la máquina del área de impresión a través de un análisis de costos de manera general, en la tabla N° 25 costos de mantenimiento de equipos del área de impresión anual. Cabe recalcar que los datos históricos año 2014.

Tabla N° 25. Costos mantenimiento de equipos del área Impresora.

Sección	EQUIPO	COSTO
Línea # 1	Brazos hidráulicos desbobinado de la máquina Dynaflex I	\$11,890.25
	Rodajes del rodillo danzarín en la máquina Dynaflex I	\$8,110.00
	Sensor Lineal de la cámara de video barra luminosa	\$4,860.80
	Toberas de soplado ionizante en la máquina Dynaflex I	\$2,792.00
	Bomba neumática de las charolas de tinta.	\$3,500.30
	Brazo oscilante de la máquina Dynaflex I	\$1,650.50
	Rodajes del Cilindro Porta cliché de la estación 1 al 6	\$2,150.15
	Rodajes del Cilindro de Impresión de la máquina Dynaflex I	\$1,920.50
	Rodajes Cilindro anilox de la máquina Dynaflex I	\$1,562.00
	Cojinetes de caucho del cilindro anilox	\$1,220.80
	Cámara de rasquetas del sistema de bombeo de tinta y disolvente	\$1,050.15
	Tablero de control del sistema eléctrico de la máquina Dynaflex I	\$17,950.00

	Chumaceras del eje de rotación del árbol neumático.	\$865.30
	Brazos hidráulicos del bobinado impreso la máquina Dynaflex I	\$10,250.60
	SUB TOTAL	\$69,773.35

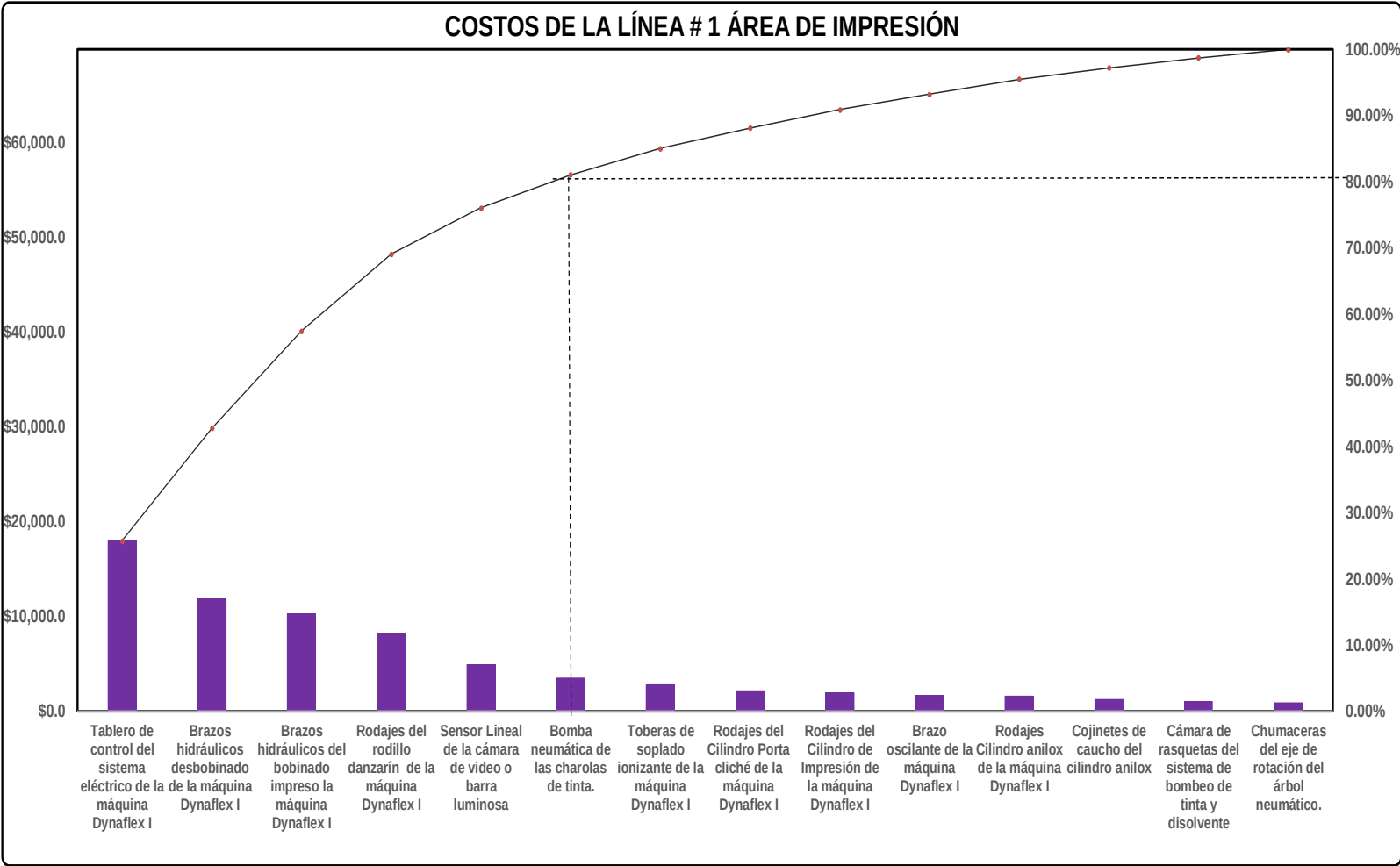
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura N° 19 el diagrama de Pareto del área de impresión y se pudo concluir que se tiene como mayor costo en esta área de impresión, siempre están trabajando y su funcionamiento es vital para la planta que fluya en sus procesos productivos. Los principales gasto son:

- Tablero de control del sistema eléctrico de la máquina impresora.
- Brazos hidráulicos del desbobinado de la máquina impresora.
- Brazos hidráulicos del bobinado impreso la máquina impresora.
- Rodajes del rodillo danzarín de la máquina impresora.
- Sensor Lineal de la cámara de video o barra luminosa máquina.
- Bomba neumática de las charolas de tinta.

Cabe mencionar que los demás muestran otro porcentaje menor pero son considerados como un punto crítico debido a que si llegara a fallar el producto a imprimir queda en espera hasta que puedan corregir los errores o fallas especialmente los cojinetes de caucho.

Figura N° 19. Diagrama de Pareto Costos de la Linea # 1.



Fuente: Elaboración propia

3.7.2. Pérdidas de tiempo de producción

Para el análisis se ha recurrido a un trabajo de campo y con los registros de producción a pesar de que no existan indicadores se emiten reportes por parte de los supervisores de producción en donde detallan todas las novedades del día (paradas programadas y no programadas). A continuación se describen los principales indicadores utilizados en el área de producción, para posteriormente ver como estos se comportan y tomar las medidas correctivas necesarias con el objetivo de mitigar el impacto que puede tener cada uno de ellos dentro del proceso productivo actual.

En la tabla N° 26 las no conformidades generadas entre julio y diciembre del año 2014, por lo cual el área de impresión es considerada un área crítica del proceso de producción y afecta directamente a la calidad del producto impreso.

Tabla N° 26. Cuadro de no conformidades generadas Julio - Diciembre 2014

No Conformidad de Sacos	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Sacos con impresión defectuosa.	120	130	108	140	90	120
Sacos marchados por impresión.	118	143	130	80	125	70
Sacos con boca pegada.	80	57	60	75	49	38
Sacos con válvula fuera de especificaciones.	55	48	30	39	51	37
Sacos de pestaña laminado defectuosa.	70	102	83	62	58	45
Fardos con error de conteo.	2	3	2	1	0	0
	445	483	413	397	373	310

No Conformidad de Manga	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Rollo con peso fuera de especificación	4	6	6	7	5	4
Rollo con características diferentes la muestra	2	1	0	1	1	0
Rollo con defecto de tejido	2	0	1	1	2	1
	8	7	7	9	8	5
No Conformidad Cinta	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Cinta con peso fuera de especificación	0	0	1	0	1	1
Cinta con tono de color contaminado	2	3	1	0	1	0
	2	4	6	4	3	1
Total No Conformidades Por Mes	455	493	426	409	383	316

Fuente: [URL 7]

3.7.2.1 Calcular la eficacia del equipo.

Cuando se identifican todas las pérdidas, la eficacia del equipo se calcula sobre una base progresiva.

El equipo está en la planta las 24 horas por día. De este modo, el total de minutos disponibles en 24 horas (1440) representa el tiempo potencial de producción para el equipo. Si la empresa elabora productos en dos turnos (de 12 horas cada uno), el tiempo de producción disponible (720 minutos). Se debe restar otras pérdidas de tiempo, como tiempo improductivo no planificado cada uno, reuniones, almuerzo,

recesos o producción no programada. El cálculo de la utilización del equipo es de un 84%. Cuando se deduce el tiempo no usado restante, el tiempo de corrida (605 minutos) permite calcular OEE. Al restar el tiempo destinado al montaje y ajustes (63 minutos), se puede determinar la disponibilidad planificada (81%). En este punto comienza el cálculo de la NEE (eficacia neta del equipo). Al eliminar las pérdidas por averías, tiempo improductivo no planificado, se calcula el porcentaje de tiempo de operación (87%). En innumerables ocasiones ésta cifra que la administración de planta recibe, lo cual crea una falsa impresión del potencial y el rendimiento del equipo. Esto es una pérdida, la puesta en marcha y el funcionamiento son solo parte de los elementos del proceso. Cuando se analiza el equipo contra el tiempo real programado para operar, surge un porcentaje de rendimiento significativamente diferente. El tiempo de operación es una pieza clave de la información, pero si se planifica que el equipo tendrá una disponibilidad de tiempo (81%), entonces el tiempo de operación (87%) multiplicado significa que el equipo es, en realidad, productivo sólo al (71%) del tiempo.

Se puede arribar al mismo resultado se divide tiempo operativo neto (405 minutos) entre tiempo de corrida (569 minutos). El último cálculo determina la tasa de calidad, este tiempo de defecto se resta del tiempo operativo de uso, lo cual da el tiempo productivo neto. Se necesitan 1 minuto para producir 120 piezas individuales; esto genera una pérdida adicional de 67 minutos (tasa de calidad del 79%). El tiempo productivo neto 245 minutos. Por día son 24 horas (1440 minutos), ahora el turno diurno es de 12 horas por día (720 minutos). ¡Se redujeron a sólo 245 minutos de tiempo

productivo neto, durante la impresión del producto! Aquí hay grandes oportunidades de mejoramiento. Montajes, ajustes, fallas de equipo, interrupciones inútiles y menores y pérdida de velocidad. (Véase ANEXO D Procedimiento de medición de la productividad). La mayoría de las plantas tienen capacidad de producción oculta. Las pérdidas ocultas suelen llegar al 25%, el 30% o más del 50%. También hay formas de calcular la productividad en curso, determinar los potenciales del equipo y generar una medición bastante útil. El cálculo de estos tres indicadores TEEP, OEE, NEE se requiere que se conozcan las pérdidas y la utilización del equipo. En la figura N° 21 los tres indicadores que utiliza TPM y de posibles mejoramientos al identificar y eliminar las pérdidas en el proceso productivo.

Figura N°20. Grafico los tres Indicadores utilizadas TPM.

TEEP (productividad total efectiva del equipo)			
= Utilización	x Disponibilidad	x Eficacia del rendimiento	x Tasa de calidad
79%	71%	77%	79%
TEEP			34%
OEE (eficacia global del equipo)			
= Disponibilidad	x Eficacia del rendimiento	x Tasa de calidad	
71%	77%	79%	
EEO			43.06%
NEE (eficacia neta del equipo)			
= Tiempo de operacion	x Eficacia del rendimiento	x Tasa de calidad	
87%	77%	79%	
NEE			53%

Fuente: Elaboración propia

El TPM se concentra en pérdidas del equipo, que interrumpen la eficacia de éste. Las pérdidas del equipo pueden deberse a:

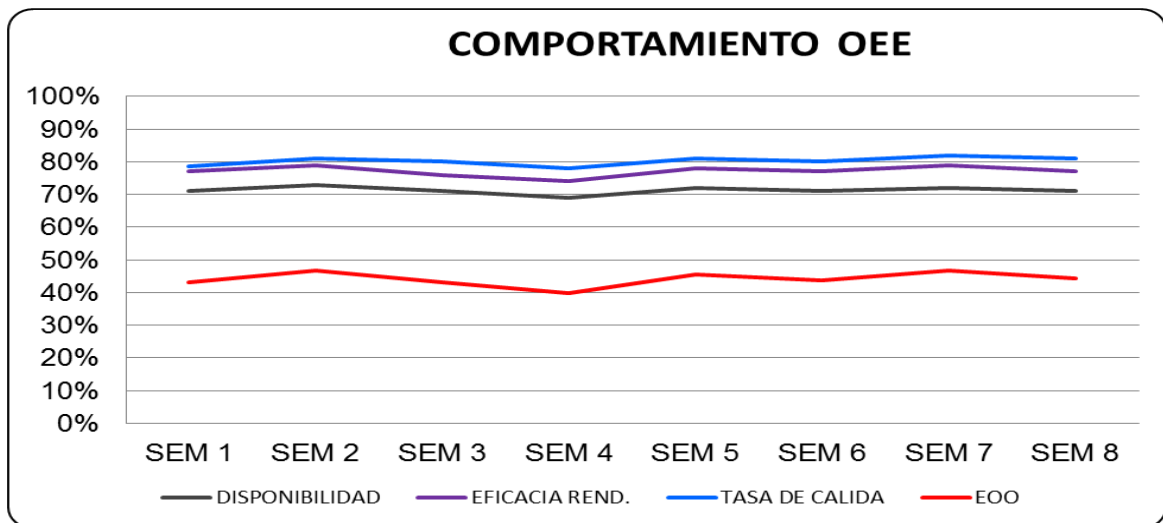
- Montaje, ajustes y fallas.
- Interrupciones inútiles y menores.
- Velocidad reducida.

3.7.2.2 OEE (Overall Equipment Effectiveness o Eficiencia Global de Equipo):

Es la relación porcentual que sirve para conocer la eficiencia productiva de la máquina industrial. Para calcular se obtuvo los resultados de la disponibilidad, eficiencia rendimiento y tasa de calidad.

En la figura N° 21, se observa las últimas 8 semanas que la disponibilidad y la eficiencia rendimiento son dos factores que dentro de la máquina impresora. Afectan significativamente su OEE, los cuales representan oportunidades de mejora dentro del proceso productivo de la empresa.

Figura N° 21. Gráfico del comportamiento del OEE en estudio.

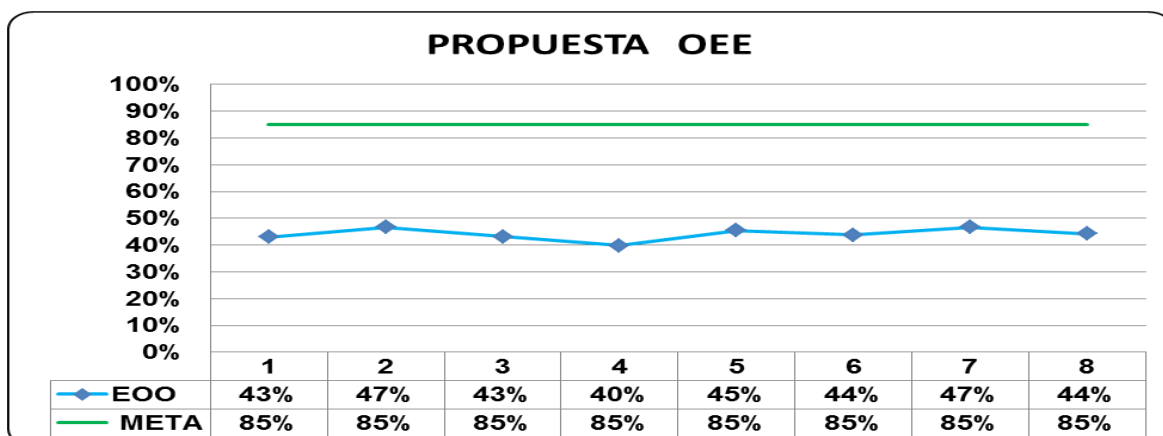


Fuente: Elaboración propia

El estudio de la propuesta de mejora enfocada bajo una gestión TPM tiene como objetivo aumentar el OEE en un 85% y que se va a desarrollar en el capítulo 4 donde se plantea las mejoras.

En la figura N° 22 Gráfico de la propuesta OEE, el porcentaje que apunta la propuesta proponiendo las técnicas y herramientas del TPM.

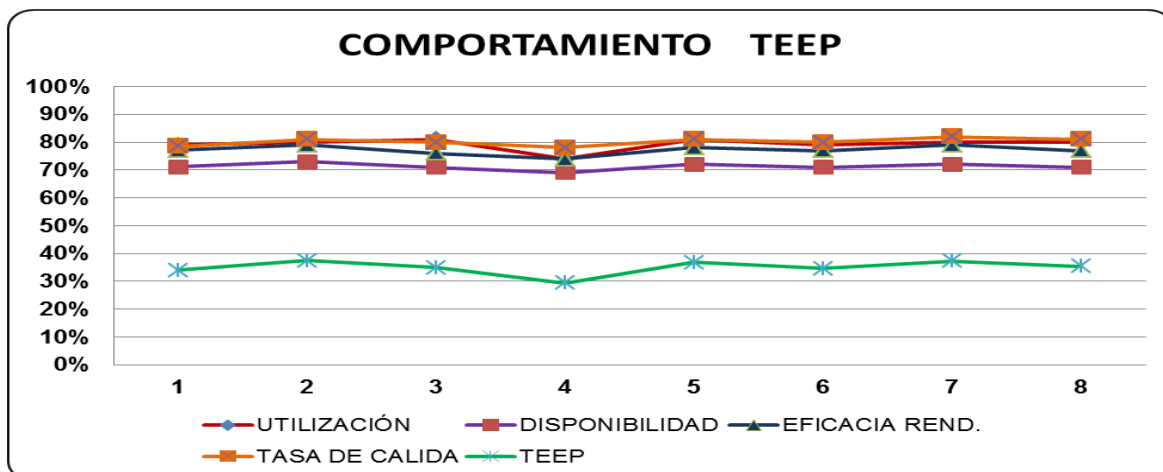
Figura N° 22. Gráfico de la propuesta OEE.



Fuente: Elaboración propia

3.7.2.3 TEEP (effective equipment productivity o productividad total efectiva del equipo): Es la que mide la productividad real del equipo. En la figura N° 23 se observa el porcentaje de medición de la productividad efectiva durante las 8 semanas que duro el estudio.

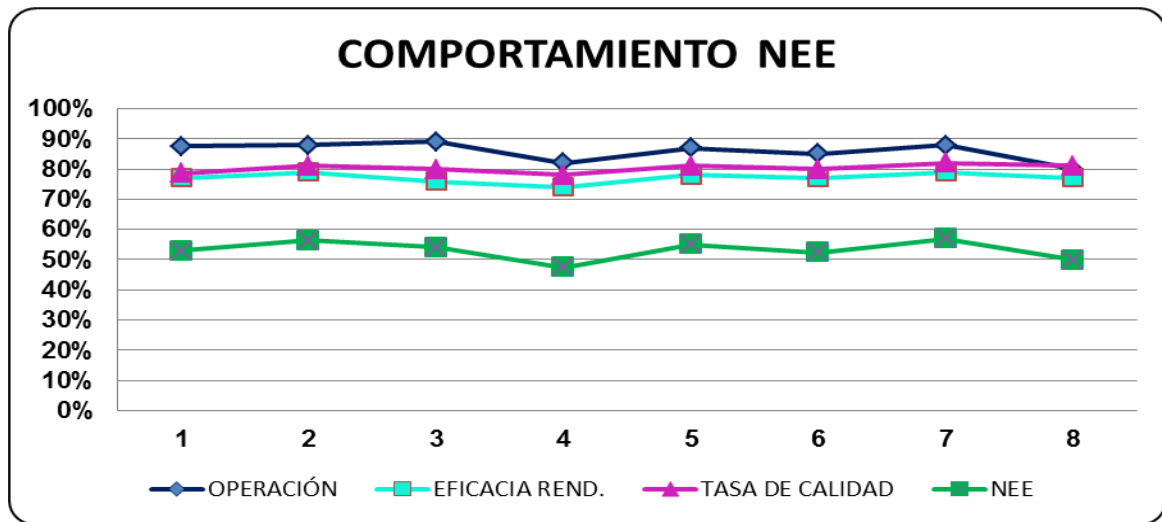
Figura N° 23. Gráfico del comportamiento del TEEP en estudio.



Fuente: Elaboración propia

3.7.2.4 NEE (Net Equipment Effectiveness o Eficacia Neta del Equipo): Esta fórmula refleja con claridad la verdadera calidad y eficacia del equipo mientras opera. En la figura N° 24 es el porcentaje en donde se puede ver la medición verdadera condición mecánica del equipo. Excluye el tiempo improductivo planificado y montajes y ajustes.

Figura N° 24. Gráfico del comportamiento del NEE en estudio.

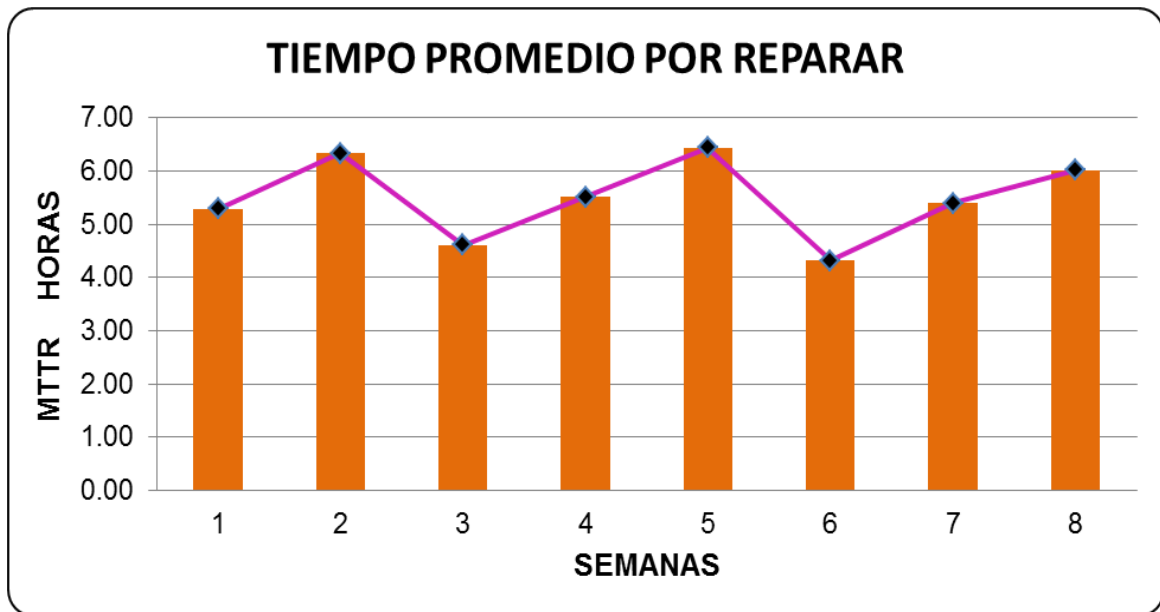


Fuente: Elaboración propia

3.7.2.5 MTTR (Mean Time To Repair o Tiempo promedio para reparar): Es el tiempo utilizado que se necesita para la reparación de cada una de las máquinas y poder comenzar el proceso productivo. Este indicador nos mide la efectividad en restaurar la máquina a condiciones óptimas de operación.

En la figura N° 25 el tiempo promedio de reparación, se está generando un inadecuado plan de gestión de mantenimiento; hace que la máquina se deteriore a una velocidad mayor que lo normal y como consecuencia la generación de producto no conforme.

Figura N° 25. Gráfico Tiempo Promedio en Reparar MTTR.



Fuente: Elaboración propia

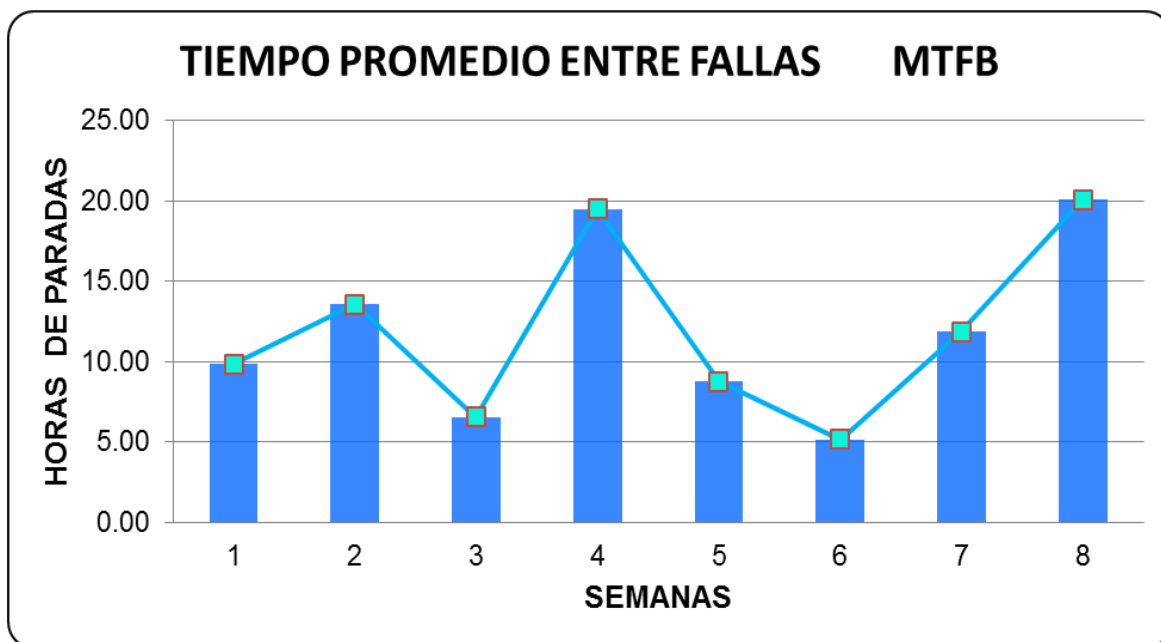
3.7.2.6 MTBF(Mean Time between Failures o Tiempo promedio entre fallas):

Indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de una falla en la máquina en estudio. Mientras mayor sea su valor, mayor será la confiabilidad de la máquina en estudio.

Para el cálculo del MTBF se usara el reporte de la máquina ya que nos permite la obtención de los valores del tiempo total de operación y el número de fallas semanales.(Véase Anexo E Reporte de análisis de MTBF Y MTTR del equipo)

En la figura N° 26 el MTBF no es constante y con una pequeña tendencia que sube y baja, lo que demuestra la necesidad de una aplicación de Mantenimiento como el mantenimiento autónomo para llevar la máquina desde un estado actual de deterioro a un deterioro natural y así poder alargar el tiempo de vida.

Figura N° 26. Gráfico de Tiempo Promedio Entre Fallas (MTBF)



Fuente: Elaboración propia

Luego de haber terminado e identificado los principales indicadores se procederá a mostrar en la tabla N°27 los puntos de partida que han sido determinados en el presente estudio de valor actual.

Tabla N° 27. Principales Indicadores como punto de partida.

Indicador	Punto Partida	Propuesta
OEE	43%	Por definir
MTBF	12 Horas/mes	Por definir
MTTR	5.5 Horas/mes	Por definir

Fuente: Elaboración propia

En la empresa en estudio, cuenta con acciones de mantenimiento correctivo, planificado y formatos preventivo que esto conlleva a cabo que la máquina falla en cualquier momento, es por ello la propuesta de mejora en un mantenimiento preventivo y de un mantenimiento

autónomo debido a la alta variabilidad de MTBF. Para eso a continuación en la tabla N° 28 se procederá a realizar una valorización de pérdidas de la máquina impresora DYNAFLEX I, en base al mantenimiento actual y puedo hacer las siguientes estimaciones:

Tabla N° 28. Valorización de perdidas de la empresa en estudio.

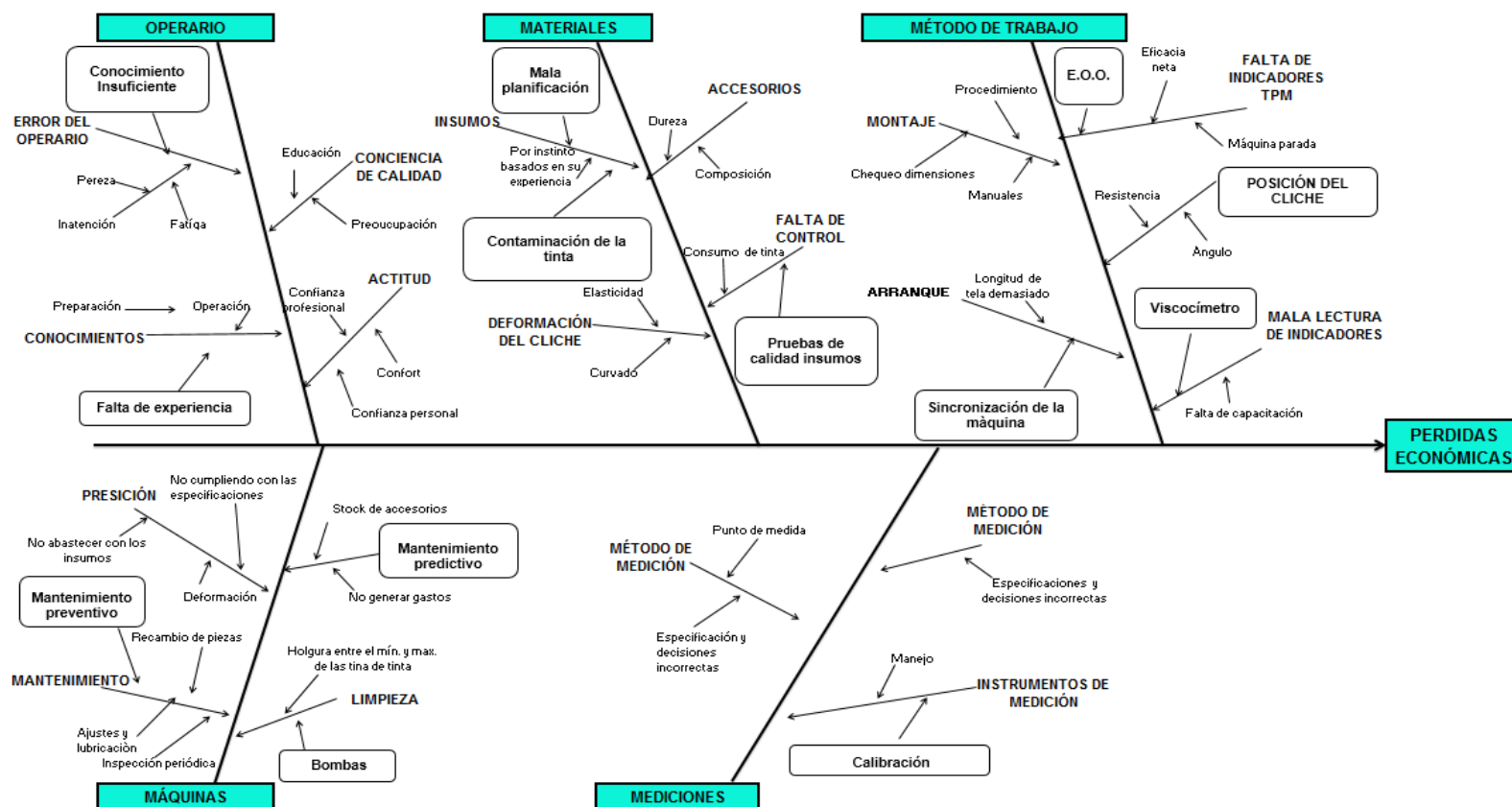
Horas a la semana que la máquina es improductiva en promedio	11.9 Horas / semana
Horas al mes que la máquina es improductiva en promedio	47.69 Horas / mes
Capacidad de producción de máquina impresora	500 kg/ mes
Kilogramos de sacos polipropileno dejados de producir al mes	23,849 Kg/ mes
Toneladas de sacos de polipropileno de producir al mes	23.85 Ton
Número de meses de producción	12
Kilogramos de sacos de polipropileno de producir al año	23,6289 Kg/ año
Toneladas de sacos de polipropileno de producir al año	236.28 Ton/ año

Fuente: Elaboración propia

3.7.3 Análisis Ishikawa:

Se presenta el diagrama de Ishikawa en la figura N° 27 y las causas raíces para el problema propuesto “ ¿En qué medida la aplicación de la propuesta de Mejora Enfocada bajo una Gestión TPM impacta en las pérdidas económicas del área de impresión en NORSAC S.A.?”

Figura N° 27. Diagrama de Ishikawa sobre las pérdidas económicas en la producción sacos de polipropileno.



Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la figura anterior N°27, las pérdidas económicas en el proceso productivo del área de impresión, se determinó que hay muchos paros en la máquina por fallas y principalmente ajustes al momento de imprimir en policromía los sacos de polipropileno. Las razones por las pérdidas económicas se debe a las siguientes causas raíz:

1.- Operario: No está calificado para hacer este trabajo, por falta de experiencia y conocimiento en la mezcla de los insumos, calibración y sincronización que se emplea en la máquina DYNAFLEX I. Estos son indebidamente manipulados procesados, produciendo productos no conformes o rechazados. La falta de actitud por hacer un buen trabajo y la confianza personal como profesional, reduciendo así la eficiencia productiva de la máquina industrial. Esto origina pérdidas económicas para la empresa en insumos y afecta directamente al producto ya que la venta de sacos se reduce a la mitad de precio.

2.-Máquina impresora: Al tener un mantenimiento preventivo, en el recambio de piezas y accesorios como también una programación de las acciones correctivas (mantenimiento correctivo). Muchas veces no son controladas para minimizar los tiempos muertos, lubricación o no cuentan con stock de piezas en el almacén. Esto origina fugas y derrames en los rodillos, toberas, mangueras, bomba de succión de tinta de las estaciones a imprimir, recalentamiento de los motores, limpieza, etc. Como resultado da origen a paradas imprevistas, el consumo de los insumos, afecta al producto directamente manchándolo y es rechazado para luego ser reprocesado.

3.-Método de trabajo: Debido principalmente a la falta de indicadores TPM como es el indicador E.O.O. (eficacia global del equipo) que dicho indicador permite saber la eficacia actual del equipo que está en operación. Como también no hay un estándar de calidad que se pueda seguir en la lectura del viscosímetro que al mezclar los insumos, y el alcohol residual se pierde el

color que afecta directamente al producto originando productos no conformes y que son reprocesados o vendidos a mitad de precio.

4.-Materiales: No hay una buena planificación de los insumos por su instinto se mezcla la tinta y el alcohol residual basados solo por la experiencia producto de ello, se produce una imagen del logo mal impreso que no cumple con las especificaciones del cliente, son rechazados para nuevamente reprocesarlo, se pierda tiempo en el proceso productivo.

5.-Mediciones: No hay un estándar de calidad con las especificaciones en el cliché, muchas decisiones son incorrectas, sobre todo en el punto de medida que se debe seguir en las estaciones de impresión. Originado paradas imprevistas por interrupciones inútiles y menores.

Los problemas que generan las pérdidas económicas en el área de impresión por paradas imprevistas por la máquina, falta de experiencia y conocimiento de los operarios un control y seguimiento del mantenimiento preventivo. La máquina no está funcionando, ni desarrollando su máxima velocidad de operación, las causas raíces las clasificaremos. En la siguiente tabla N°29 las causas pérdidas económicas en el área de impresión.

Tabla N° 29. Causas de pérdidas económicas en el área de impresión.

N°	Causas de pérdidas económicas en el área impresión	Frecuencia
1	Operario	32
2	Máquina impresora	48
3	Método de trabajo	65
4	Materiales	15
5	Mediciones	26

Fuente: Elaboración Propia

Nota: La muestra es por solo 3 meses de trabajo normal de 24 horas.

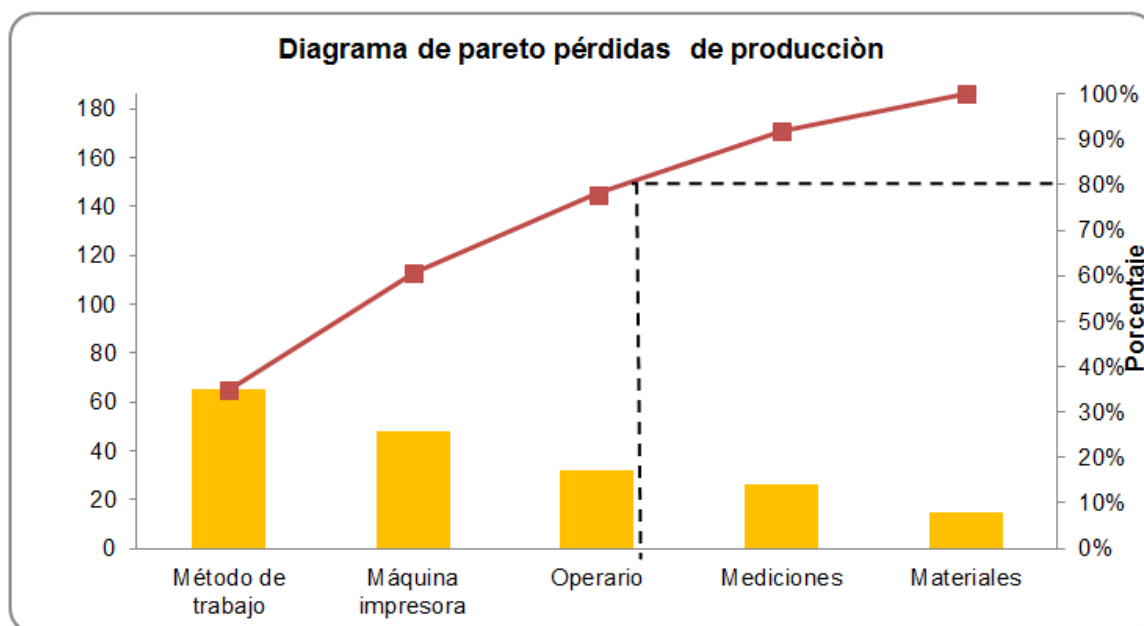
En la siguiente tabla N°30. Frecuencia y porcentaje de causas de las pérdidas económicas del área de impresión.

Tabla N°30. Frecuencia y porcentaje de causas que originan las pérdidas económicas del área de impresión.

Nº	Causas de pérdidas económicas en el área de impresión	Frecuencia	Porcentaje acumulado
1	Método de trabajo	65	35%
2	Máquina impresora	48	61%
3	Operario	32	78%
4	Mediciones	26	92%
5	Materiales	15	100%

Fuente: Elaboración Propia

Figura N°28: Diagrama de Pareto de las causas de pérdidas económicas del área impresión



Fuente: Elaboración Propia

3.7.4 Indicadores actuales:

Tabla N° 31. Cuadro de Indicadores actuales

Causa Raíz	Indicador	Valor		Herramientas y Mejoras
		Mensual	Anual	
No desarrollar un indicador EOO (Eficacia Global del Equipo) que permite saber la eficacia actual del equipo que está en operación	EOO= Disponibilidad X Eficacia del rendimiento X Tasa de Calidad	43.06%	80 - 90 %	Análisis de lubricación , vibración y una cámara termografía para mejorar la disponibilidad del equipo Capacitar a los operarios en calibrar y sincronizar la máquina para mejorar el rendimiento del equipo y no deje de operar en su máximo nivel Desarrollar el A.M.E.F. y Mantenimiento Autónomo para mejorar en la calidad de los productos producidos por la máquina y reducir los productos defectuosos.
El no hacer un seguimiento, control de mantenimiento preventivo y correctivo a la máquina impresora Dinaflex I da origen a no elevar la eficacia de la planta y calidad del producto, así como una eficiencia del trabajo de mantenimiento.	MTBF= Tiempo total de operaciones / Número total de fallas	12hr / mes	De acuerdo a metas anuales	MTBF (Tiempo medio entre fallas) es un tiempo promedio que un equipo cumple su función sin interrupción debido a una falla funcional; al reducir este tiempo aumenta la disponibilidad del equipo
	MTTR= Tiempo total de parada / Número de paradas	5.5hr/ mes	De acuerdo a metas anuales	MTTR (Tiempo medio de restauración) es el tiempo promedio para restaurar la función de un equipo despues de una falla funcional ayuda en analizar y diagnosticar la falla , también el tiempo para conseguir la refacción, etc.
Falta desarrollar operarios altamente capacitados y motivados, y seguridad de sí mismos que conocen intimamente sus equipos y procesos del área de impresión	N° de personas educadas en 5'S y Mantenimiento Autónomo	8.3%	100%	Un Plan Maestro de 5'S y Mantenimiento Autónomo

Fuente: Elaboración propia.

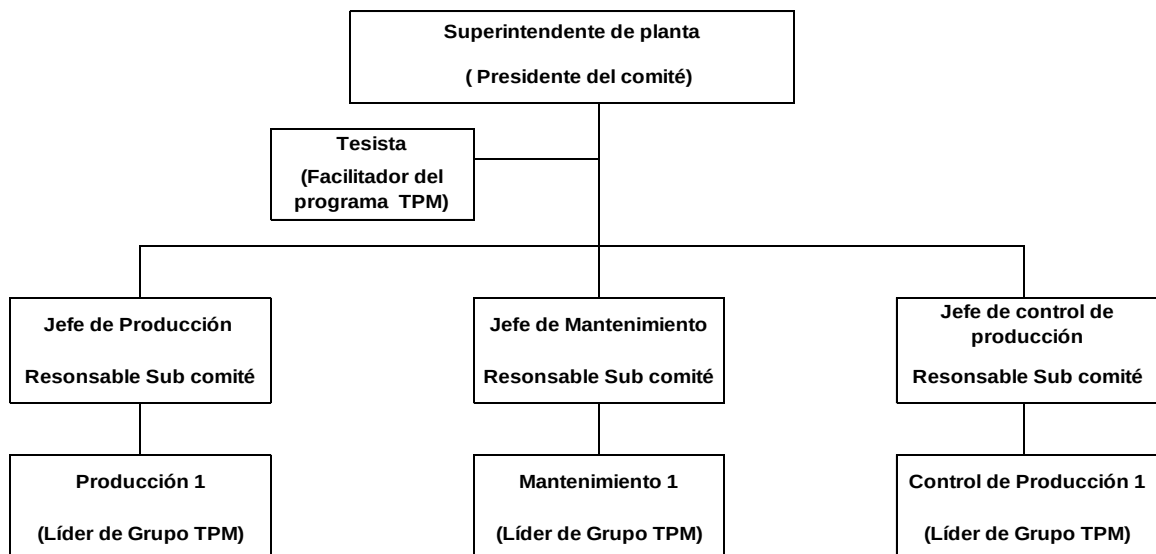
CAPITULO 4

SOLUCIÓN DE LA PROPUESTA

4.1 Planificación del Programa TPM

Primero es necesario conformar un equipo que pueda dirigir y apoyar a la empresa en el desarrollo de los pilares y ejecución de actividades para poder implementar el TPM. Las responsabilidades de forma general de los integrantes del comité TPM estarán repartidas como se muestra en la figura N° 29 conformar un comité TPM. A continuación se muestra el organigrama y responsabilidades del comité TPM para la empresa.

Figura N° 29. Grafico comité TPM



Fuente: Elaboración Propia

- a. **Presidente comité TPM.-** Es la máxima figura para el liderazgo del TPM en una organización, se encargará de dar apoyo en todos los aspectos a las necesidades del TPM como:
- Supervisar y revisar los avances del TPM en la planta.
 - Asignar los recursos necesarios para el TPM.
 - Brindar el reconocimiento de los logros del personal involucrado TPM.
 - Fomentar el compromiso y participación de los trabajadores.

b. Facilitador del programa TPM

- Coordinar los trabajos de mejora de los equipos
- Coordinar la preparación de los cursos, así como asegurar la capacitación a todo el personal operativo.
- Llevar el control de la documentación referente a la capacitación y certificación de los operadores.
- Difundir la filosofía del TPM en todos los departamentos y en todos los niveles.
- Ejecutar auditorias de TPM.
- Evaluar el rendimiento de los operadores y gestionar su certificación.
- Llevar el control de costos del TPM.

c. Responsable sub comité jefe de departamento mantenimiento:

- Garantizar el cumplimiento de mantenimiento preventivo de los equipos.
- Apoyar en la formación de los grupos TPM
- Apoyar en la elaboración de los módulos de capacitación.
- Entregar indicadores de costo de mantenimiento de equipos definidos.
- Participar en el restablecimiento de las condiciones operativas óptimas del equipo.

d. Responsable sub comité jefe de departamento producción:

- Informar en el comité de TPM los avances en su área.
- Crear las directivas necesarias para la ejecución adecuada del TPM en su departamento.
- Asegurar la disponibilidad de los equipos por mantenimiento preventivo.

- Controlar los costos del TPM.

e. Responsable sub comité jefe de control de producción:

- Llevar el control de los indicadores de TPM de la sección
- Revisar y mantener actualizado los programas de mantenimiento autónomo.
- Realizar seguimiento a las órdenes de trabajo generadas en la sección.
- Garantizar la disponibilidad de los equipos para el mantenimiento preventivo, según programa.
- Verificar el cumplimiento de mantenimiento preventivo.
- Supervisar el cumplimiento de las reuniones de los grupos de TPM.
- Brindar las herramientas y materiales necesarios, para mantenimiento autónomo.

f. Líder de grupo TPM

- Dirigir las reuniones del grupo TPM.
- Coordinar y programar las reuniones del grupo TPM, levantar el acta de reunión de su grupo TPM, y distribuirla a los responsables indicados.
- Realizar el seguimiento a las actividades programadas en las reuniones de los grupos TPM.
- Comprometer y motivar a su personal en la asistencia a las reuniones.
- Supervisar el cumplimiento de las actividades asignadas en las reuniones de TPM.
- Verificar el adecuado mantenimiento, almacenamiento y control de las

herramientas de su equipo.

g. Personal de Mantenimiento(apoyo)

- Brindar asesoramiento técnico a los operadores para el cumplimiento de la capacitación autónoma.
- Capacitar y entrenar a los operadores en las actividades de mantenimiento autónomo, así como en reparaciones básicas de sus equipos.
- Apoyar en la evaluación de los operadores.
- Participar en las reuniones de TPM del grupo asignado.

h. Operadores, miembro de grupo

- Cumplir con las actividades de mantenimiento autónomo.
- Participar en la “Capacitación Autónoma” para compartir experiencia y conocimientos con compañeros.
- Llenar formatos y mantenerlos archivados de acuerdo a lo establecido.
- Conservar y controlar adecuadamente los recursos asignados.
- Analizar las posibles mejoras en sus equipos.
- Comunicar oportunamente los principales problemas en sus equipos.

Para estos puestos se requieren líderes bastantes proactivos y decididos a liderar a los subgrupos con el mejor empeño posible. Como un punto importante, dentro de la propuesta es el plan maestro TPM es donde se concretan las actividades principales y secundarias secuenciales para conseguir las metas propuestas. Es necesario que todo el comité actúe en función a este plan maestro como propuesta de mejora. (Véase ANEXO F el plan maestro TPM)

4.2 Pilar 2 Mejora Enfocada

Los aspectos que se va a completar a continuación y que son necesarios y significativos en la adaptación de las técnicas y herramientas, sin importar cuál de estas serán seleccionados. Los objetivos generales y específicos planteados anteriormente en la tabla N° 32, indicadores propuestos que ayudará a cumplir dichos objetivos, cabe destacar que el alcance de las herramientas y técnicas seleccionadas será al área de impresión.

Tabla N° 32. Cuadros de indicadores propuestos.

N°	Objetivos propuestos	Indicador
1	Aumentar la EOO en un 85%	Aumentar la disponibilidad, calidad y eficacia del equipo
2	Reducir los costos de mantenimiento	Reducción en su presupuesto de mantenimiento
3	Alcanzar la Disponibilidad del equipo al 94%	Mantenimiento Preventivo
4	Proponer una capacitación al 100% de Mantenimiento Autónomo	Cumplimiento de las capacitaciones
5	Alcanzar la calidad del equipo al 95%	AMEF y Mantenimiento autónomo
6	Alcanzar la eficacia del equipo a un 95%	Mantenimiento autónomo
7	Reducir a un 5% del producto no conforme	Calidad del producto

Fuente: Elaboración propia

4.3 Mantenimiento Preventivo.

Arreglar los equipos antes de su fecha prevista de fallo. “Es reemplazar los componentes antes de que fallen”.

4.3.1 AMEF.

Es una técnica de prevención, que se utiliza para detectar por anticipado los posibles modos de falla, con el fin de establecer los controles adecuados que eviten la ocurrencia de defectos y que forma parte importante dentro del pilar de Mejoras Enfocadas.

El AMEF (Failure Mode and Effect Analysis o Análisis de Modo de la falla): Se actualizara siempre que se considere un cambio en el diseño, aplicación, ambiente, material del producto, o en los procesos de manufactura o ensamble. Lo más importante dentro del desarrollo del AMEF, es que las personas especializadas dentro del análisis lleguen a conclusiones y planes de acción para mejorar el funcionamiento de los equipos y alargar más su ciclo de vida. Para desarrollar el AMEF, se hizo a través de reuniones, entrevistas al supervisor de planta y de calidad también a los operarios ayudantes que operan y conocen los equipos sea por su experiencia o conocimientos técnicos en general. Para poder ejecutar de una mejor manera el AMEF se tuvo que capacitar adecuadamente al personal participante para que puedan determinar adecuadamente la prioridad de riesgo de cada componente. Tipo de AMEF de diseño, se deberá usar para analizar componentes de diseños. Se enfoca hacia los modos y efectos de falla asociados con la funcionalidad de su componente, causados por el diseño. Enumerar que es lo que se espera del diseño del producto, que es lo que quiere y necesita el cliente, y cuáles son los requerimientos del área de producción. Los

equipos críticos de la empresa y las acciones a realizar y aumentar la disponibilidad y calidad. (Véase ANEXO G AMEF)

4.3.2 Determinar los equipos críticos y actividades.

Para seleccionar y determinar los equipos críticos en el área de impresión, hay dos factores claves:

El primer factor es:

- Frecuencia de fallos: Número de veces que un equipo se daña en un intervalo de tiempo dado.
- Las consecuencias de su aparición.

El segundo involucra los siguientes aspectos:

- Impacto Operacional.- Es el porcentaje de producción que se afecta cuando ocurre la falla.
- Flexibilidad Operacional.- Es la posibilidad de realizar un cambio rápido para continuar con la producción sin incurrir en costos o pérdidas considerables.
- Costos de mantenimiento.- Es el costo que se genera al reparar una determinada falla, teniendo en cuenta el personal y repuestos requeridos.
- Impacto en la Seguridad ambiental y Humana.- Es la posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños al ambiente, a la salud o vida de la comunidad.

Los criterios para determinar la criticidad es establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos y creando una estructura que facilite la toma de decisiones acertadas y efectivas, y permite direccionar el esfuerzo y los recursos a las áreas donde es más importante y/o necesaria mejorar la confiabilidad y administrar el

riesgo. La siguiente tabla N° 33 que es un cuadro de calificación criticidad equipos de críticos.

Tabla N° 33. Cuadro calificación criticidad de equipos críticos.

CRITERIO	TIPO	ASPECTO	MEDIDA
A Frecuencia de Falla	A1	Mayor a 5 fallas/mes	3
	A2	3 - 4 fallas/mes	2
	A3	1 - 2 fallas/mes	1
B Impacto Operacional	B1	Parada inmediata de toda la planta	10
	B2	Para toda la línea de impresión (recuperable en otras líneas)	8
	B3	Impacto en los niveles de producción o calidad	6
	B4	Repercute en costos operacionales adicionales (indispensable)	4
	B5	No genera ningún efecto o impacto significativo sobre las demás operaciones	1
C Flexibilidad Operacional	C1	No existe alguna opción producción y no hay forma de recuperarlo.	5
	C2	Hay opción de producción a la capacidad mínima permisible.	4
	C3	Hay opción de repuesto compartido.	3
	C4	Función de repuesto disponible.	2

D Costo de Mantto	D1	Mayor o igual a \$4000/mes	2
	D2	Menor a \$ 4000/mes	1
E Impacto en la seguridad ambiental y humana	E1	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna.	8
	E2	Afecta el ambiente produciendo daños irreversibles.	6
	E3	Afecta las instalaciones o personas causando daños severos.	5
	E4	Provoca daños menores causando daños leves en las personas.	4
	E5	Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas establecidas por el entorno.	1
	E6	No provoca ningún tipo de daño a personas instalaciones o el medio ambiente.	0

Fuente elaboración propia

Una vez definidos los parámetros y sus respectivas medidas de evaluación se procedió a reducir de la lista de activos aquellos equipos que no influían mayormente en el proceso. El impacto o consecuencia total de una falla se determina sumando los valores de las categorías correspondientes a cada columna o criterio multiplicando por el valor de la categoría obtenida en la tabla N° 34 determina el Análisis frecuencia de falla y criticidad.

Tabla N° 34. Análisis Frecuencia de Falla y Criticidad.

DESCRIPCIÓN GENERAL		FRECUENCIA DE FALLA		IMPACTO OPERACIONAL		FLEXIBILIDAD OPERACIONAL		COSTO DE MANTENIMIENTO		IMPACTO SEGURIDAD AMBIENTAL Y HUMANA	
#	EQUIPO	FREQ (FALLAS/MES)	MEDIDA	TIPO	MEDIDA	TIPO	MEDIDA	TIPO	MEDIDA	TIPO	MEDIDA
DESBOBINADO											
1	Brazos hidráulicos desbobinado de la máquina Dynaflex I	A2	2	B2	8	C1	5	D2	1	E3	6
2	Rodajes del rodillo danzarín de la máquina Dynaflex I	A1	3	B2	8	C1	5	D2	1	E4	4
3	Sensor Lineal de la cámara de video o barra luminosa	A3	1	B4	4	C2	4	D2	1	E6	0
FLEXOGRÁFICA											
4	Toberas de soplado ionizante de la máquina Dynaflex I	A3	1	B2	8	C2	4	D1	2	E5	1
5	Bomba neumática de las charolas de tinta.	A2	2	B3	6	C3	3	D2	1	E6	0
6	Brazo oscilante de la máquina Dynaflex I	A3	1	B4	4	C2	4	D2	1	E3	5
LÍNEA 1											
7	Rodajes del Cilindro Porta cliché de la máquina Dynaflex I	A1	3	B2	8	C1	5	D2	1	E1	8
8	Rodajes del Cilindro de Impresión de la máquina Dynaflex I	A2	2	B2	8	C1	5	D2	1	E1	8
9	Rodajes Cilindro anilox de la máquina Dynaflex I	A1	3	B3	6	C2	4	D2	1	E3	5
10	Cojinetes de caucho del cilindro anilox	A1	3	B4	9	C2	5	D2	1	E5	2
11	Cámara de rasquetas del sistema de bombeo de tinta y disolvente	A2	2	B3	6	C2	4	D2	1	E5	1
12	Tablero de control del sistema eléctrico de la máquina Dynaflex I	A2	2	B3	8	C2	4	D1	2	E4	4
13	Chumaceras del eje de rotación del árbol neumático.	A2	2	B5	1	C3	3	D2	2	E6	0
14	Brazos hidráulicos del bobinado impreso la máquina Dynaflex I	A2	2	B2	8	C1	5	D1	2	E3	5

Fuente: Elaboración propia

Criticidad Total = Frecuencia * Consecuencia

Consecuencia = (impacto operacional * flexibilidad operacional) + costo de mantenimiento + impacto seguridad y medio ambiente.

Los cálculos, se presenta la tabla N° 35 los resultados de criticidad

Tabla N° 35. Cuadro de resultados de criticidad total.

SECCIÓN	N°	EQUIPO	FREQ	CONSECUENCIA	CRITICIDAD TOTAL
DESBOBINADO	1	Brazos hidráulicos desbobinado de la máquina Dynaflex I	2	47	94
	2	Rodajes del rodillo danzarín de la máquina Dynaflex I	3	45	135
	3	Sensor Lineal de la cámara de video o barra luminosa	1	17	17
FLEXOGRÁFICA	4	Toberas de soplado ionizante de la máquina Dynaflex I	1	35	35
	5	Bomba neumática de las charolas de tinta.	2	19	38
	6	Brazo oscilante de la máquina Dynaflex I	1	22	22
LÍNEA 1	7	Rodajes del Cilindro Porta cliché de la máquina Dynaflex I	3	49	147
	8	Rodajes del Cilindro de Impresión de la máquina Dynaflex I	2	49	98
	9	Rodajes Cilindro anilox de la máquina Dynaflex I	3	30	90
	10	Cojinetes de caucho del cilindro anilox	3	48	144
	11	Cámara de rasquetas del sistema de bombeo de tinta y disolvente	2	26	52
	12	Tablero de control del sistema eléctrico de la máquina Dynaflex I	3	38	114
	13	Chumaceras del eje de rotación del árbol neumático.	2	5	10
	14	Brazos hidráulicos del bobinado impreso la máquina Dynaflex I	3	47	141

Fuente: Elaboración propia

Este análisis de criticidad indicará los equipos que tienen mayor riesgo en el procesos productivo. En la tabla N° 36 matriz de criticidad de los equipos de fallas y consecuencias que se obtuvo en el análisis previo para la matriz.

Tabla N° 36. Matriz de Criticidad.

FRECUENCIA	3			Rodajes Cilindro anilox de la máquina Dynaflex I		Cojinetes de caucho del cilindro anilox Brazos hidráulicos desbobinado de la máquina Dynaflex I Tablero de control del sistema eléctrico de la máquina Dynaflex I	Rodajes del Cilindro Porta cliché de la máquina Dynaflex I Rodajes del rodillo danzarín de la máquina Dynaflex I Brazos hidráulicos del bobinado impreso la máquina Dynaflex I
	2	Chumaceras del eje de rotación del árbol neumático.	Bomba neumática de las charolas de tinta.				Rodajes del Cilindro de Impresión de la máquina Dynaflex I
	1		Sensor Lineal de la cámara de video o barra luminosa	Brazo oscilante de la máquina Dynaflex I Cámara de rasquetas del sistema de bombeo de tinta y disolvente	Toberas de soplado ionizante de la máquina Dynaflex I		
	(1-10)	(11 - 20)	(21 - 30)	(31 - 40)	(41 - 50)		
CONSECUENCIAS							

Fuente: Elaboración propia

En La tabla N° 37, impacto de los equipos en el proceso productivo que tendria si los equipos fallaran en el área impresión.

Tabla N° 37. Impacto de los equipos en el proceso productivo.

SECCIÓN	N°	EQUIPO	IMPACTO	ACCIONES RECOMENDADAS	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN DE UN MANTENIMIENTO PREVENTIVO
DESBOBINADO	1	Brazos hidráulicos desbobinado de la máquina Dynaflex I	Parada de producción	Mayor Control en el Mantenimiento semanal	Análisis de lubricante
	2	Rodajes del rodillo danzarín de la máquina Dynaflex I	Parada de producción	Mayor Control en el Mantenimiento semanal	Medidor de vibración
	3	Sensor Lineal de la cámara de video o barra luminosa		Hacer un seguimiento mensual	Medidor de vibración
FLEXOGRÁFICA	4	Toberas de soplado ionizante de la máquina Dynaflex I		Hacer un seguimiento quinsenal	Medidor de la radiación infraroja
	5	Bomba neumática de las charolas de tinta.		Hacer un seguimiento quinsenal	Medidor de la radiación infraroja
	6	Brazo oscilante de la máquina Dynaflex I		Hacer un seguimiento quinsenal	Medidor de vibración
LÍNEA 1	7	Rodajes del Cilindro Porta cliché de la máquina Dynaflex I	Parada de producción	Mayor Control en el Mantenimiento semanal	Medidor de vibración
	8	Rodajes del Cilindro de Impresión de la máquina Dynaflex I	Parada de producción	Mayor Control en el Mantenimiento semanal	Medidor de vibración
	9	Rodajes Cilindro anilox de la máquina Dynaflex I	Parada de producción	Mayor Control en el Mantenimiento semanal	Medidor de vibración
	10	Cojinetes de caucho del cilindro anilox	Parada de producción	Mayor Control en el Mantenimiento diario	Análisis de lubricante
	11	Cámara de rasquetas del sistema de bombeo de tinta y disolvente		Hacer un seguimiento quinsenal	Medidor de vibración
	12	Tablero de control del sistema eléctrico de la máquina Dynaflex I	Parada de producción	Mayor Control en el Mantenimiento diario	Medidor de la radiación infraroja
	13	Motor y chumaceras del eje de rotación del árbol neumático.		Hacer un seguimiento mensual	Medidor de la radiación infraroja y de vibración
	14	Brazos hidráulicos del bobinado impreso la máquina Dynaflex I	Parada de producción	Mayor Control en el Mantenimiento semanal	Análisis de lubricante

Fuente: Elaboración propia

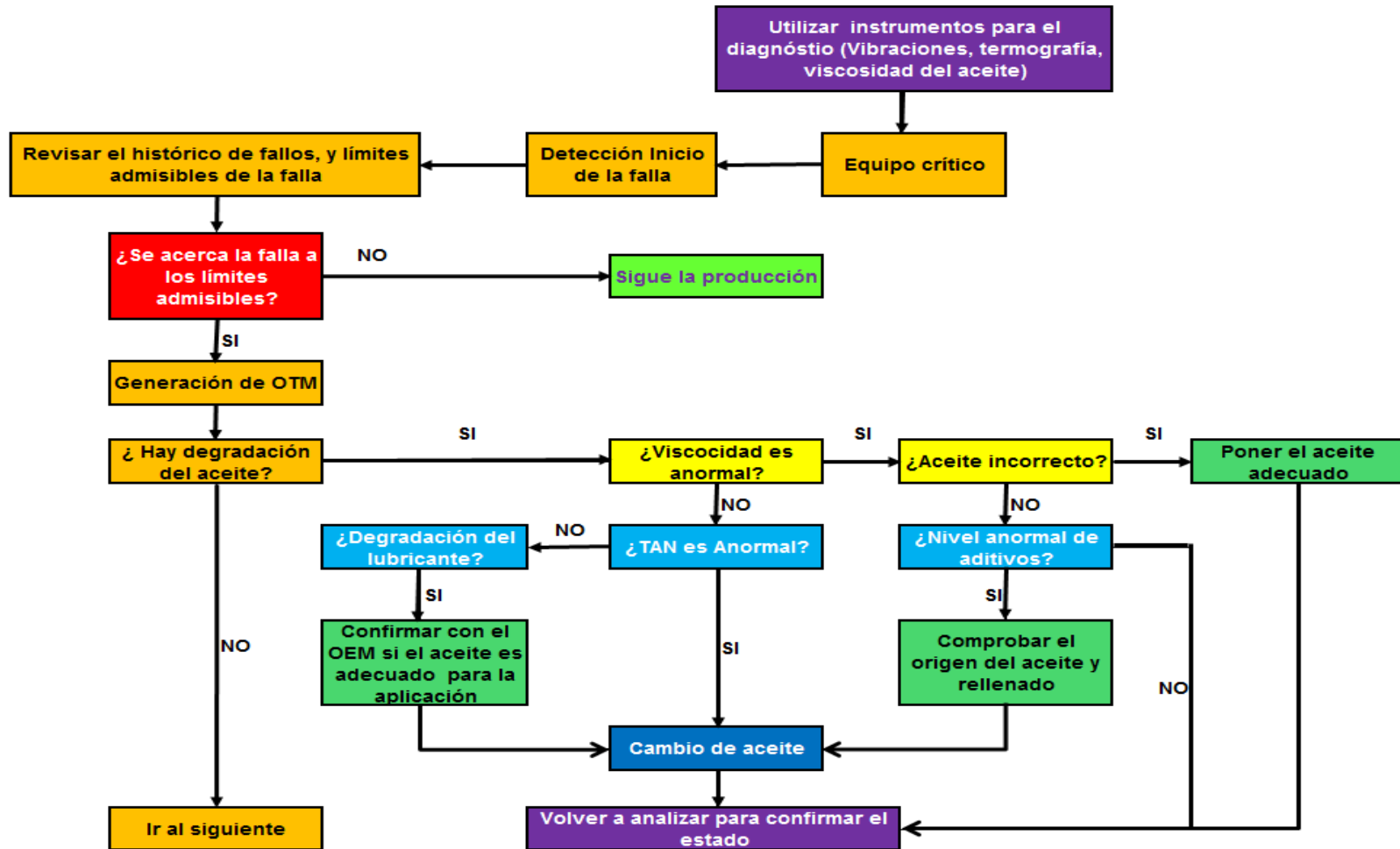
4.3.3 Desarrollo de un Mantenimiento Preventivo

Dentro de la empresa existe un plan de mantenimiento preventivo, que no basta las actividades que se desarrollan, en intervalos de tiempo y se realizan dichas actividades, número de personas necesarias para realizar cada actividad, costos asociados, repuestos o materiales necesarios; y una pequeña instrucción de cómo realizar cada tarea, llenando formatos.

El departamento de mantenimiento ante las constantes amenazas de paradas de los equipos, que generan tiempos perdidos por causa de las paradas inesperadas, adopta la metodología de trabajo que es parte de cero averías la cual consiste en aplicar a cada uno de los equipos (productivos e instalaciones) de la planta un sistema de mantenimiento preventivo planificado, que consiste en la medición de los equipos a través de instrumentos de vibración, infrarrojo y análisis de lubricantes. La cual se basa en establecer las condiciones a la que está sometido dicho equipo (CBM= Mantenimiento Basado en Condición) o las experiencias pasadas y vividas por los operadores y/o los técnicos (TBM= Mantenimiento Basado en el Tiempo).

Para validar lo anteriormente expuesto cada una de las paradas inesperadas son registradas y evaluadas diariamente en conjunto (operarios, técnicos y supervisor de mantenimiento) y según el caso se define si conlleva o no a un “Informe de Falla”. A continuación en la siguiente figura N° 30 se presenta un flujo de decisión que determina de manera investigativa la causa raíz del problema, para así evitar y en algunos casos prevenir su reincidencia.

Figura N°30. Flujo de Decisión Mantenimiento Preventivo



Fuente: Elaboración propia

Como propuesta es hacer un reporte general de análisis de mantenimiento preventivo, donde se puede anticipar a las posibles fallas si sobre salen de los límites admisibles, no hay que esperar que la máquina se detenga en cualquier momento para recién programar su mantenimiento. Sí están dentro de los límites, sigue en producción normalmente.

Para tomar una acción de mantenimiento preventivo no hay que esperar la ocurrencia de una avería, entonces para mantener los equipos en condiciones estándares, se hace un reporte donde para alcanzar cero averías bajo una gestión TPM, se debe determinar las contramedidas que se aplica a las averías en los equipos.

El reporte general de análisis de Mantenimiento preventivo es que el operario de mantenimiento realice un seguimiento en el programa MICROSOFT OFFICE EXCEL, donde no basta el uso de sus tres sentidos (vista, oído, olfato) sino que también tenga el apoyo de la tecnología como son los instrumentos de medición, el análisis de lubricación, de vibración y por último un instrumento de radiación infrarroja procedente de un objeto en estudio que generan una imagen térmica que los equipos productivos emiten.

Este reporte general mediante este mecanismo de los instrumentos de medición prevenga las posibles anomalías en el equipo, como fugas, ruidos anómalos y olores fuera de los estándares. Aumentando la disponibilidad del equipo a un 95%. Llegando así a la propuesta de mejora enfocada que es OEE de un 85%. (Véase ANEXO H Propuesta de un reporte general de datos de los límites admisibles).

4.3.3.1 Análisis de lubricación.

En el diagnóstico del capítulo anterior podemos poner como 1 en ranking de importancia, esto se debe a toda la información que podemos obtener ya que es muy completa. En los reportes de mantenimiento revelan que los problemas relacionados con la lubricación conforman entre un 40% a 60% del total de las fallas en la máquina de tipo mecánico y electromecánico y estas fallas es la que da origen de que la disponibilidad sea de un 71%. Entre una de las propuestas de mejoras, es el análisis de lubricantes que es dentro de las técnicas predictivas y que se encuentran actualmente, debe de pasar a ser preventiva es una de las más económicas y fáciles de implementar en un programa de mantenimiento.

El SKF TMEH 1 es un instrumento portátil que muestra información inmediata sobre la condición del aceite y evita, en muchos casos, la necesidad de llevar a cabo largas investigaciones de laboratorio. La unidad mide los cambios en la constante dieléctrica de un aceite.

En la figura N°31 el instrumento de medición de aceite, al comparar las mediciones obtenidas de aceites usados y sin usar del mismo tipo y marca, el controlador de la condición del aceite es capaz de determinar el grado de cambio en la condición del aceite. El cambio dieléctrico está relacionado directamente con la degradación y el nivel de contaminación del aceite, y permite al usuario alcanzar intervalos optimizados entre los cambios de aceite y detectar el aumento del desgaste mecánico y la pérdida de las propiedades lubricantes del aceite. El precio es de unos S/. 4,928. (Véase ANEXO I Características técnicas)

Figura N° 31. Medidor de la condición de aceite.



Fuente: [URL 13]

El objetivo de evaluar las condiciones del aceite, monitorear su grado de contaminación y el nivel o gravedad de desgaste que está presentando en el equipo rotativo y esto se hace de:

- TAN (Número de ácido total): Mide la presencia de los productos ácidos presentes en el aceite. Un TAN alto se corresponde con un aumento del desgaste y puede ser señal de un proceso de oxidación o degradación térmica.
- TAB (Número total de bases): Similar al anterior, mide el grado de alcalinidad del lubricante.
- Viscosidad: Es la medida de la viscosidad determina hasta qué punto el aceite se ha contaminado o degradado.

- Ferrografía: Nos permite observar varios de los productos de la degradación de los lubricantes. Cuando el aceite sufre estrés debido a un exceso de carga, aparecerán polímeros de fricción.

Análisis de contaminantes tales como:

- Contenido de agua: Constituye a la corrosión y formación de ácidos.
- Contenido de partículas sólidas: Usado para detectar partículas metálicas y no metálicas, entre 5 y 50 micras.

Toda máquina industrial incorpora aceite en su sistema para cumplir diversas funciones, como lubricación, refrigeración, aislamiento, etc. La eficacia con que el fluido cumple estas funciones depende del grado de contaminación y degradación del mismo afectando directamente la vida útil de las máquinas o equipos del sistema productivo. A través de un análisis de aceite efectivo pueden obtenerse los siguientes beneficios:

- Establecer intervalos apropiados para los cambios de aceite y filtros.
- Detectar grado de contaminación.
- Identificar patrones anormales de desgaste.
- Determinar degradación química del aceite y aditivos.

Llevar a cabo con éxito un programa que incluye el análisis de aceites garantiza alta productividad, menos costos de mantenimiento, reducción de los paros imprevistos, aumento del precio de reventa de los equipos y la eliminación de grandes fallas a través de pequeñas reparaciones. (Véase ANEXO J Análisis de lubricante).

4.3.3.2 Vibraciones.

El análisis de vibraciones es el único método conocido capaz de anticiparse a la avería y además detectar la causa raíz que la produce. Por ejemplo, es importante que el analista de vibraciones pueda informar de un fallo potencial de un rodamiento, pero sería mejor si además pudiera justificar con sus datos cual es la posible causa del fallo. El precio del analizador en el mercado varía entre unos S/. 7,133.

Las principales razones son las siguientes:

a) Razones económicas:

- Costes directos: Es sabido que la mayoría de los equipos que operan en planta son caros, tanto a la hora de adquirirlos como a la hora de tener repuestos. Además de esto, existen equipos nuevos tales como Laminadora STACOTEC y la impresora DYNAFLEX I, en el que la avería muchas veces es reparada por personal perteneciente al proveedor, lo que afecta a los costes directos de la empresa. Por tanto realizar un buen análisis de vibraciones en grupos de bombeo, generador, etc., reduce de manera eficaz estos costes.
- Costes indirectos: Las plantas productivas cuentan con su producción comprometida de antemano y debe asegurarse que se alcanza esta producción pues es objetivo de la empresa. Por tanto si un equipo falla por avería, se dejará de producir cierta cantidad lo que supone unos costes indirectos mayores. Lo que se propone es realizar un mantenimiento preventivo para evitar la parada involuntaria del equipo.

- Seguros: El seguro de las máquinas disminuye si se dispone de un buen mantenimiento preventivo, puesto que minimiza el riesgo de que se produzca un fallo catastrófico del equipo.

b) Razones de seguridad:

Cuando se produce un fallo catastrófico se pone en peligro la integridad de los trabajadores por lo que se debe poner mucho énfasis en minimizar estos riesgos de fallos.

c) Razones de calidad:

Para poder asegurar que los productos cumplan con los estándares de calidad que los clientes demandan, se ha de tener la maquinaria funcionando en condiciones óptimas hasta que llegue una parada programada en el supuesto caso que se haya detectado una anomalía en la máquina tras haber sido sometida a un análisis de vibraciones.

La función que desempeña un analista de vibraciones se puede asimilar al trabajo de un médico, es decir, se dispone de cierta información del equipo procedente de datos medidos (presión, temperatura, intensidad, tensión, etc.), junto con los datos espectrales obtenidos tras el análisis por vibración, y en base a todo este conocimiento se procede a diagnosticar cual es el problema y cual ha podido ser la causa.

Por tanto, esa información debe ser lo suficientemente clara para que se pueda diagnosticar de una manera eficiente y acorde a las condiciones del equipo. Para obtener datos de calidad, se dispone de ciertas características tales como:

a) Precisión:

Indica cuanto se desvía el dato medido del valor real. El objetivo sería adquirir datos dentro de un intervalo de precisión razonable, puesto que, a mayor precisión, mayor será el costo en instrumentos de medida.

b) Repetitividad:

Es la capacidad del equipo para dar el mismo valor medido una y otra vez para la medición de un mismo fenómeno en idénticas condiciones. Esta característica es fundamental puesto que permite comparar resultados históricos, no solo de vibración, sino de cualquier propiedad que se desee medir y ver su evolución a lo largo del tiempo.

c) Instrumentación:

Todos los instrumentos de medida tienen un rango en el cual las mediciones que se pueden obtener guardan relación con la realidad, lo que se busca pues es lo que los instrumentos de medida se encuentren dentro de su rango lineal. La propuesta de mejora, es la compra de un vibrómetro tipo lápiz marca FLUKE modelo 805.

En la figura N°32, Medidor de vibraciones tipo lápiz. La información de este instrumento de medición, tiene la propiedad de poder caracterizar el estado actual del equipo a analizar, pero también se debe contextualizar respecto a su evolución histórica y que se encuentran dentro de un rango de confianza, con el objetivo de construir una proyección futura y poder decidir cuándo se

tenga un fallo que acción tomar. (Véase ANEXO K Especificaciones técnicas)

Figura N° 32. Medidor de vibraciones tipo Lápiz.



Fuente: [URL 14]

4.3.3.3 Cámara Termografía.

Son equipos sofisticados que miden la emisión natural de radiación infrarroja procedente de un objeto y generan una imagen térmica. Al no necesitar contacto físico con el sistema, las inspecciones pueden realizarse a pleno funcionamiento sin pérdida o reducción de productividad. Una importante ventaja que tienen estos sistemas, es la velocidad de respuesta sobre los termómetros de contacto. La energía medida viaja desde el cuerpo o superficie a censar al sensor a la velocidad de la luz. La respuesta de estos instrumentos es del orden de los

milisegundos o microsegundos. La imagen producida es presentada en la pantalla de la cámara como una imagen en colores, donde cada color representar un nivel térmico en la superficie. Hoy en día, las cámaras termografía cuentan con herramientas de análisis avanzado como: selección de rangos, aplicación de perfiles térmicos, almacenamientos de imágenes, etc. Las cámaras varían de acuerdo al modelo y su precio es de unos S/. 12,768.

Esta propuesta de mejora en el mantenimiento preventivo es mediante la técnica de la termografía en base a:

- Índices de disponibilidad, así se determinó incluir los equipos que hacen parte de la producción, estos se clasificaron como; tableros eléctricos, motores eléctricos, rodamientos y otros que en este caso corresponde al área de impresión.
- Equipos en los que se pueden inspeccionar y detectar alguna falla por aumento de la temperatura o por una distribución anormal de ésta.
- Equipos y componentes que no se encontraban monitoreados desde la sala de control y que por lo tanto sus índices de temperatura eran desconocidos por el técnico.

Después de tener definidos los equipos, se determinaron y clasificaron según la matriz de criticidad los equipos seleccionados y que encuentran distribuido en el siguiente proceso del área:

- Motor de frenado del rodillo zandarin, ajuste de tela.

- Motor ventilador de las toberas aire caliente secado de la impresión.
- Bomba de disolvente del alcohol residual en el mezclado de los insumos.
- Motor del árbol hidráulico.
- Bomba de las charolas de tinta.
- Transformador en el tablero de control.
- Contactores en el tablero de control
- Relés en el tablero de control.
- Variador de velocidad de los rodillos de cliché.

La propuesta de la cámara termografía, es que antes de diseñar la ruta y el cronograma del recorrido de las subestaciones, es preciso identificar y definir los recursos que el departamento de mantenimiento debe de considerar como:

a. Instrumentos de medición:

La propuesta de la cámara termográfica debemos tener en cuenta lo más básico:

- Formato de imagen JPGE, BMP , GIF
- Resolución 240 x 480 pixeles
- Precisión de lectura: +/- 2°C
- Medición e intervalos de temperatura: -20°C a + 350°C
- Almacenamiento de información.
- Sensibilidad térmica.

La sensibilidad térmica es lo más importante al momento de escoger en la figura N°33 Cámara termográfica marca FLUKE, modelo TiR110

Figura N° 33. Cámara termográfica.



Fuente: [URL 15]

b. Capacitación en manipular la cámara termografía:

La cámara termográfica va destinada, exclusivamente a los técnicos especialistas del área eléctrica que realizan las actividades de inspección. Actualmente se cuenta con termógrafos capacitados y certificación en termografía nivel I, por un especialista de nivel III en termografía de la ASNT (American Society for Nondestructive Testing o Sociedad Americana de pruebas no destructivas). (Véase ANEXO L Especificaciones técnicas de la cámara termográfica).

c. Software;

Es de gran eficacia proporciona un conjunto de herramientas que permite mostrar optimizar, anotar y analizar las imágenes y los videos de infrarrojos. Así mismo, genera informes completamente personalizables y además ofrece las presentaciones que los usuarios avanzados para crear informes y realizar análisis detallados. (Véase ANEXO LL Imagen infrarroja de un generador eléctrico).

d. Tiempo:

La propuesta es que para la ejecución e iniciación de un programa de mantenimiento preventivo es el planificador y un especialista en gestión de activos.

4.3.3.3.1 Sistema de Información.

Dentro de la propuesta del programa de mantenimiento preventivo, es fundamental crear un sistema de información que facilite un desempeño óptimo de las actividades. En la propuesta de mejora se define algunos aspectos fundamentales de información que debemos considerar y que son:

- Datos técnicos de los todos los equipos a inspeccionar.
- Temperaturas máximas de operación de todos los equipos según el fabricante.
- Un estudio de fallas posibles a detectar.
- Frecuencias de inspección asociado a su modo de falla a detectar con la termografía.

En la figura N°34 la tarjeta de información del equipo para tener una información organizada y poder hacer un seguimiento de estos.

Figura N° 34: Grafico tarjeta de Información del Equipo.

MOTOR TRIFASICO CON FRENO ELECTROMAGNÉTICO DEL ÁRBOL NEUMÁTICO			
Empresa:	NORSAC SAC.		
Área:	Impresión		
Sección:	Desbobinado		
Marca:	STARLINGER		
Revolución (rpm):	1800 rpm		
Potencia de consumoVA:	220 VCA		
Momento de Inercia del freno Kgm2:	0.008		
Potencia nominal:	2.6 KW / 3.8 HP		
Corriente (Amp)	12 AMP		
Frecuencia:	60 Hz		
Temperatura ambiente	30 °C	Temperatura max	45 ° C

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.3.2 Formato de Análisis de la cámara termográfica para la presentación de datos.

Una propuesta es la creación de un formato de análisis de la cámara termográfica, que se puede diseñar una plantilla en MICROSOFT OFFICE; EXCEL, atendiendo las recomendaciones de la planta y de la norma ISO en termografía 18434 - :

2008 supervisión de la condición y diagnóstico de máquinas. El formato se comprende de partes importantes para su generación, estas son:

1. Título del reporte, nombre del equipo, numero de reporte, fecha de creación.
2. Imagen patrón que contiene una imagen termográfica la cual nos da una idea general del comportamiento en estado normal que debe de estar funcionado el equipo.
3. Imagen visual. Es una fotografía tomada con la función de imágenes visuales de la cámara termográfica.
4. Imagen termográfica la cual nos permite hacer una observación y un análisis cuantitativo y cualitativo para el análisis de prevención a falla.
5. Herramientas de análisis. Es un análisis se han incluido datos de temperaturas como: ambiente, reflejada, admisible, de punto caliente y la diferencia entre admisible y la de punto caliente.
6. Descripción de la imagen termográfica. En esta parte se hacen los comentarios relacionados con la falla encontrada y en lo posible se especifica la ubicación exacta de ésta.
7. Causas probables de sobrecalentamientos: el termógrafo diagnostica las causas posibles asociándola a su modo de falla.

8. Prioridades que dentro los criterios de valoración se debe especificar en la gravedad de la anomalía, estos se clasifican en :

Prioridad A: anomalía grave lo que requiere atención inmediata.

Prioridad B: anomalía seria que requiere atención tan pronto como sea posible.

Prioridad C: Anomalía que requiere monitoreo y comprobación, repara cuando sea conveniente.

9. Recomendaciones. El termógrafo evalúa la criticidad de la falla y hace las recomendaciones técnicas necesarias para el mantenimiento correctivo basándose en los criterios y las normas. (Véase ANEXO M Formato de análisis termográfica del equipo).

4.4 Mantenimiento Autónomo.

La idea de propuesta del mantenimiento autónomo es que el operario sepa diagnosticar y prevenir las fallas eventuales de sus equipos y este de modo prolongar la vida útil del mismo. A través de este pilar es aprovechar el conocimiento y contacto que los operarios tienen con los equipos para mantenerlos en condiciones óptimas y poder prevenir lo siguiente:

- Contaminación por agentes externos.
- Rupturas de ciertas piezas.
- Errores en la manipulación.

En el Mantenimiento autónomo es necesario una aplicación previa de disciplina 5´s. Para luego instruir al operario en limpiar, lubricar y revisar.

Existen tres etapas de desarrollo que se pretenden alcanzar y son:

- Mejorar la efectividad de los equipos con la participación del personal.
- Mejorar las habilidades y capacidades de los operarios para mantener altos niveles de eficiencia de los procesos de producción.
- Mejorar el funcionamiento en general de la organización.

4.4.1 Consideraciones de la propuesta.

La creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y seguras; es decir se trata de imprimirle “calidad de vida” al trabajo. Es importante tener en consideración los aspectos siguientes:

- a) Definir equipo responsable: Coordinará la propuesta de implementar el mantenimiento del sistema 5S, generando procedimientos, áreas aplicables y responsables.
- b) Capacitar y difundir: Capacitar a la gente a seguir el buen hábito de organización.
- c) La propuesta de Implementar 5S y mantenimiento autónomo: Eliminar lo necesario, ordenar, limpiar, mantener, lubricar y ajustar.
- d) Auditorias del sistema de implementación.
- e) Acciones correctivas: Elaboración de planes para corregir y prevenir no conformidades.
- f) Seguimiento: Monitoreo y revisiones internas del área.
- g) Mantenimiento y mejora.

4.4.2 Propuesta actual respecto a las 5'S.

Uno de los grandes problemas dentro de la empresa en estudio es la falta de organización que se puede observar desde el primer momento que uno ingresa al área en estudio, este desorden, por ejemplo hace los operarios demoren tiempo en encontrar las cosas, lo cual no genera valor agregado al proceso productivo.

Un factor crítico dentro del proceso productivo a controlar el polvo y la limpieza de sus instalaciones, ya que al ser una empresa de

fabricación de productos plásticos, es importante que los productos que fabrican estén libres de estos agentes contaminantes.

A continuación se presentará los lugares que serán atacados con la propuesta de implementación de las 5'S y que será un punto de partida para la implementación de otras herramientas al área de impresión y son:

1. Almacén de materia prima

Dentro del área en estudio, se encontró que el lugar donde se almacenan la materia primas (bobinas de tela, galones de tinta) para el ingreso del proceso productivo está desordenado, ya que se encuentran ubicados en lugares inadecuados, lo que dificulta el manipuleo, la ubicación de los mismos al momento de que estos ingresen al proceso productivo y en algunas ocasiones dificulta el paso para la ubicación de la materia prima necesaria al tener que mover algunas bobinas de plástico y bidones de plástico para llegar a aquella requerida en ese momento.

2. Charolas de tinta

Dentro del proceso productivo existen las charolas de tinta, en la cual se mezcla los insumos de tinta y alcohol residual con el objetivo de poder tener una tonicidad de color.

En la figura N° 35 charolas de tinta no hay una adecuada limpieza que son necesarias para realizar las operaciones en esta área, lo cual trae como consecuencia, producto no conforme, mal impreso baja su valor en el precio, así como que las actividades se demore más tiempo de lo necesario, ya que en esta área no existe el reproceso es por el cual estos productos no conformes son llevados a otra área para ser triturados convirtiéndose como materia prima de segunda. Pero si se tuvieran el conocimiento de limpieza y las herramientas necesarias disminuiría las horas-hombres trabajadas en este proceso.

Figura N° 35. Charola de Tinta



Fuente: Elaboración propia

4.4.3 Plantear la propuesta 5'S y de un Mantenimiento autónomo.

Con el objetivo de poder lograr los resultados esperados de la propuesta, las 5'S con el mantenimiento autónomo, y proyectarlo a otras líneas, el programa de implementación contara de 4 etapas basadas el ciclo PHVA (Planear, Hacer, verificar y actuar), también conocido como “circulo de Deming” de Edwards Deming:

A. La primera etapa (Planear):

Será la preparación para el lanzamiento de implementación del programa de las 5'S y mantenimiento autónomo que consistirá en los siguientes puntos: Comunicar de la introducción de las 5'S y el mantenimiento autónomo a través de la declaración por parte de la gerencia (30min).

1. Capacitación de la introducción sobre las 5'S, el mantenimiento autónomo, por parte de una consultora y que

se puede lograr con ellos a los supervisores, jefes, y líderes de planta y equipo (2 horas).

2. Definición de objetivos y metas a llegar través del análisis de los resultados obtenidos del OEE, MTTF y MTTR en la tabla N°38 se puede definir indicadores PQCS (Productividad, Calidad, Costo y Seguridad). Luego de terminar esta parte se procederá a realizar una reunión del equipo para la aprobación de objetivos y metas alcanzables.

Tabla N° 38. Cuadro de indicadores propuestos PQCS

INDICADORES	EFFECTIVIDAD DE LA PROPUESTA DE LAS 5'S Y MANTENIMIENTO AUTÓNOMO
PRODUCTIVIDAD (P)	Aumento de la productividad Laboral
	Aumento la eficacia de operación a 95%
	Reducir las paradas inútiles
CALIDAD (Q)	Reducir los productos no conformes
	Reducir las quejas del departamento de calidad
	Reducir los productos vendidos de segunda
	Aumentar la calidad a un 95%
COSTOS (C)	Reducir los costos de mantenimiento
	Reducir el costo de energía
	Reducir el inventario de insumos
SEGURIDAD (S)	Reducir los accidentes
	Reducir los contaminantes

Fuente: Elaboración propia

3. Diseño y aprobación de la propuesta de un plan maestro en la implementación de 5'S y el mantenimiento autónomo (Véase ANEXO N Propuesta del plan maestro de implementación 5'S y Mantenimiento Autónomo).
4. Lanzamiento de la propuesta de implementación de las 5'S y Mantenimiento Autónomo que tiene un tiempo de casi 1 mes.

B. La segunda Etapa (Hacer):

Finalizado la primera etapa, se pasará a la etapa de expectación, con el objetivo de poder involucrar al personal sobre la importancia de implantación de las 5'S y el mantenimiento autónomo dentro de la organización. Se comenzará con una campaña de expectación de cuatro semanas dentro de las áreas donde se implementaran el programa, las cuales serán las secciones de desbobinado, línea 1, almacén de insumos y operarios de impresión, en las cuales se difundirá entre el personal avisos y afiches sobre las 5'S y el mantenimiento autónomo con el objetivo de generar expectativa al interior del personal y así poder generar la participación en los mismos de una manera espontánea y hasta divertida para no perjudicar el ambiente laboral, ya que la idea de la campaña, es que las 5'S y el mantenimiento autónomo no se sienta como un exceso de carga laboral, sino presentarla como una actividad recreativa organizada por el área de recursos humanos con el apoyo de la presidencia y altos directivos.

Una vez concluido este proceso de expectación, se procederá con la implementación dentro de las áreas definidas en el alcance del proyecto con una duración de 11 meses. Con la ayuda del jefe de recursos humanos, se encargará de agendar las reuniones y

se responsabilizará por la difusión del material promocional de las campañas. Estas jornadas contarán con los siguientes espacios:

a) Inicio:

En esta reunión se hará al inicio de cada S, en el cual se capacitara y explicará al personal el objetivo de cada una de las S y las actividades que se van a trabajar en el lapso de las dos semanas. Se pondrán ejemplos prácticos de la cotidianidad de la empresa en estudio, para explicar el desarrollo de esta herramienta. Duración de 120 minutos

b) Desarrollo de la Aplicación:

Se realizará los días en la cual haya parada de producción o días en la cual la demanda de producción sea menor dependiendo del plan de producción mensual, será dedicado exclusivamente a conseguir los objetivos planteados por la herramienta que se está trabajando es esas semanas. Duración 1200 minutos.

c) Final:

Al final del desarrollo se hará una reunión de retroalimentación, para analizar los logros y dificultades encontrados por el personal, se llevará un registro de los mismos para no repetir los errores futuros, y así convirtiéndose en un organización que aprende. Duración 240 minutos.

A continuación se explicara los pasos de la implementación:

1. Seiri: Reunión Inicial.

Una vez que se ha explicado en qué consiste el objetivo de las 5'S, las fases y el tiempo de cada una de las S, procederá a explicar al personal en qué consiste la primera S: lo primero es identificar todo lo que está sobrando dentro

del área y los puestos de trabajo, es por ello que se debe explicar que es necesario hacer una lista de elementos que se creen innecesarios. Colocar una tarjeta en función a una lista de colores que se explicara líneas a continuación:

- a. Herramientas y materiales utilizados constantemente para la realización de la labor:

Para estos elementos se utilizan etiquetas de color verde. Se clasifican en esta categoría los elementos que se utilizan constantemente en el puesto de trabajo; es decir, herramientas y materiales que se utilizan una o más veces para el desempeño de sus funciones.

- b. Herramientas y materiales que son utilizados en el puesto de trabajo, pero que no se utilizan de forma constante:

Para la identificación de estas herramientas o elementos se utilizan etiquetas de color amarillo. A esta categoría corresponde aquellos elementos que se utilizan en el puesto de trabajo pero no de forma constante; es decir, que son herramientas y materiales que no se utilizan en la elaboración de todas las unidades de producto que pasan por el puesto de trabajo.

Al momento de seleccionar los materiales deber ir al lugar que le corresponda y continuar seleccionando hasta quedar limpio el lugar de trabajo.

- c. Herramientas y materiales que no se requieren en el puesto de trabajo:

Los materiales y herramientas que corresponden a esta categoría se identifican con tarjetas de color rojo (Véase ANEXO O Modelo de la tarjeta roja para materiales y

herramientas Innecesarios). Se incluye en esta categoría los elementos que resultan innecesarios en el puesto de trabajo y que no van a ser de utilidad en otras áreas de la empresa. Para el proceder con el listado, etiquetado y colocación de tarjeta roja en los materiales y herramientas innecesarios, que se les dará a cada uno de los participantes en el programa de implementación de las 5'S el día del desarrollo y las preguntas para identificar si existe un elemento innecesario o no:

¿Es necesario este material?, ¿Si es necesario, es necesario esa cantidad?, ¿Si es necesario, tiene que estar localizado aquí?, ¿Si es necesario, la herramienta aquí? Esta lista permite registrar el elemento innecesario, su ubicación, cantidad encontrado, posible causa y acción sugerida para su eliminación. La idea de esta S antes de ordenar es ubicar aquel material dentro de su puesto de trabajo. Como ejemplo al almacén de bobinas, el cual se encuentra desordenado y que imposibilita la ubicación rápidamente del material o cuando los galones de tinta del proceso productivo, debido a que no es rotulado y es por eso que no es fácil la visualización de la materia prima buscada debido a la acumulación el material. Después de haber listado, etiquetado los elementos con los colores mencionados y colocado de las tarjetas roja en los materiales seleccionados, como por ejemplo, las cajas de cartón, bolsas, herramientas y material que pertenece a otra área con etiqueta de color amarillo y que por tal motivo no deben encontrarse en esta área, lo cual es fundamental que el operario pueda identificar los lugares

determinados para cada cosa dentro del área y su puesto de trabajo.

La idea de la propuesta de mantenimiento autónomo es que cada operario sepa diagnosticar y prevenir las fallas eventuales de su equipo y de este modo prolongar la vida útil del mismo. No se trata de que cada operario cumpla el rol de un mecánico, sino de que cada operario conozca y cuide su equipo.

2. Seiri: Reunión final.

Al finalizar la campaña se hará otra reunión para poder escuchar a los operarios respecto a cómo les fue, resultados encontrados, aspectos a tener en cuenta para la otra campaña, etc.

A continuación se detallará la su situación actual y la propuesta:

Actualmente en la empresa en estudio, el almacenaje de la materia prima (bobina de tela) es dentro de un espacio destinado para tal fin, pero los productos que llegan al área de impresión son acomodados en función al orden en el cual llegan y en el espacio que se vaya desocupando. Al momento de ser necesaria cierta materia prima específica para su ingreso a producción, se debe estar buscando el kanban (es una herramienta que permite controlar visualmente la demanda y gestionar el suministro) es una tarjeta donde indica y autoriza la cantidad en metros tiene la bobina de tela, el tipo de impresión selecciona, de que telar ha venido. La materia prima que se encuentre más cerca al ingreso al proceso productivo sin tener en cuenta el kanban, lo que genera que exista tiempos relativamente altos de espera de la materia prima antes que ingrese al proceso productivo, por lo cual se propone una

división del espacio en tres sectores claramente demarcados.

Los materiales que ingresan principalmente al área son la bobina de tela, los galones de tinta y el disolvente, es por ello que se demarcará sus lugares de almacenamiento y se señalará sus respectivos lugares con el objetivo de crear una adecuada visualización y ubicación de los elementos que ingresarán al proceso productivo. A su vez, con el objetivo de ser eficientes y efectivos, se colocaran las etiquetas a los galones de tinta. Una vez que se han definido los lugares en los que se ubicaran los diferentes elementos de acuerdo con sus características y las necesidades de trabajo de cada una de las personas en su puesto de trabajo se procederá a realizar la implementación del mantenimiento autónomo en la cual estará incluida la limpieza inicial, esto significa que se eliminará la suciedad (polvo, residuos, suciedad etc.) que puede existir en el puesto de trabajo y de las máquina a cargo de los operarios.

Continuando con la propuesta es fundamental la implementación del mantenimiento autónomo que se lleve a cabo de manera adecuada y auditada, para así poder asegurar el comienzo de la implementación del mantenimiento autónomo. Véase (ANEXO P: Evaluación del lugar de trabajo)

Con el objetivo de aumentar la efectividad global del equipo se propone inicialmente una capacitación completa y clara a los operarios sobre técnicas de inspección, preparación de estándares de inspección, técnicas de lubricación y técnicas de limpieza, haciendo énfasis en el manejo adecuado de la maquinaria impresora DYNAFLEX I y el funcionamiento básico de cada parte de la máquina a su cargo para que los operarios al utilizarla tengan en cuenta el trabajo que está haciendo la

máquina y el desgaste que está sufriendo. El objetivo de esta capacitación gradual pero intensiva es lograr que cada uno de los operarios conozca profundamente la máquina que opera, especialmente las partes de la máquina seleccionada, para poder así detectar desgaste y posibles fallas que se puedan presentar antes de que sucedan y ellos mismo puedan intervenir en actividades básicas propias del desarrollo de su trabajo tales como lubricación, limpieza, apriete de tuercas, etc. Esta capacitación será dictada por la persona que cuenta con mayor experiencia en técnicas de lubricación, inspección y ajuste y, a su vez mayor experiencia en el manejo de la máquina.

C. La tercera etapa (controlar):

Se realizará el monitoreo y medición de las actividades planeadas que están relacionadas con la creación del hábito al interior del personal con el objetivo de que se vuelva parte cotidiana de sus actividades. Es importante que se haga un gran reconocimiento para las personas que no sólo se adelantan a la gestión durante las jornadas de limpieza y demás actividades, sino que mantienen muy bien aseado su lugar de trabajo y siguen los estándares establecidos. En esta etapa se evalúan los estándares de limpieza, lubricación y apriete establecida en las etapas anteriores con el objetivo de poder mejorar sus métodos y tiempos de limpieza en base a la experiencia acumulada por el operador. También es importante informar a los operarios de las responsabilidades que tienen con la máquina, productos y herramientas que manipulan en el proceso productivo.

D. La cuarta etapa (actuar):

Se relaciona con una revisión general por parte del equipo del proyecto TPM, si es que se han detectado errores parciales en los

pasos anteriores, se realizará un nuevo ciclo PHVA con nuevas mejoras y si no se han detectado errores relevantes y la factibilidad de aplicar las 5'S y el mantenimiento autónomo en las otras líneas manufactureras.

4.4.4 La propuesta de implementar las tarjetas del Activo.

Las tarjetas de activos para los equipos es el resultado de análisis de criticidad de los más riesgosos, tiene que ser bien compacto y si es posible muestre los principales datos que el operador y cualquier persona ajena al proceso lo pueda claramente identificar y conocer. (Véase ANEXO Q propuesta de la tarjeta del activo)

4.4.5 La propuesta de las etiquetas de color azul y roja

Estas etiquetas permiten identificar cuando un equipo, instalación o activo en la empresa se encuentra en la necesidad de reparación o servicio técnico, el cual puede realizarse de acuerdo al caso que se presente; cuando es una situación en la cual el operador está en capacidad de atender la eventualidad del equipo y tiene todos los recursos para darle servicio técnico se coloca sobre el equipo a revisar una etiqueta azul, en caso de ser otra situación que involucra una atención de mayor nivel o reparación más complicada y que el operador desconozca como resolverlo, se coloca sobre el equipo a atender una etiqueta roja para que el técnico de mantenimiento o un especialista atienda la novedad. Todos los campos deben de ser llenados, reportados y reparados lo más próximo posible, dentro de esta estrategia es sumamente muy importante que los operarios, técnico, supervisor o jefe que encuentre la novedad se haga del problema y lo gestione lo más pronto posible. En la figura N° 36 propuesta de etiquetas de color rojo y azul.

Figura N° 36. Grafico propuesta de etiquetas de color azul y rojo.

ETIQUETA AZUL PRODUCCIÓN	ETIQUETA ROJA MANTENIMIENTO
Anomalia N°:..... Turno : Fecha:.....	Anomalia N°:..... Turno : Fecha:.....
Información General	Información General
Activo:..... Área:..... Identificado por	Activo:..... Área:..... Identificado por
PRIORIDAD	PRIORIDAD
ALTA ☐ MEDIA ☐ BAJA ☐	ALTA ☐ MEDIA ☐ BAJA ☐
CRITERIO DE INCONFORMIDAD	CRITERIO DE INCONFORMIDAD
Roto ☐ Ruidoso ☐ Dañado ☐ Mal estado ☐ Sucio ☐ Otros ☐ Especifique otros:	Roto ☐ Ruidoso ☐ Dañado ☐ Mal estado ☐ Sucio ☐ Otros ☐ Especifique otros:
DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN
.....	

Fuente: Elaboración propia

Es indispensable que por lo menos una vez a la semana se revisen todas las instalaciones para constatar el estado de las etiquetas pegada y buscar nuevas anomalías para repararlas.

CAPITULO 5

EVALUACIÓN ECONÓMICA

5.1 Análisis Resultados

En este capítulo, se muestran los resultados obtenidos luego de haber aplicado los conocimientos en cuanto al desarrollo de la metodología TPM, el resultado general son los pilares del TPM como es la Propuesta de Mejora Enfocada y Mantenimiento autónomo que es muy satisfactorio. Sin duda uno de los puntos claves es la OEE para poder identificar los equipos críticos dentro de la línea e incrementar la disponibilidad, eficacia del rendimiento y calidad de la máquina seleccionada.

La propuesta de aplicar mantenimiento preventivo en el área de impresión puede traer grandes ahorros en la tabla N° 39 el ahorro mensual de la propuesta, y el costo de parada por hora es un dato proporcionado por el área de Control de la Producción y está en función de la distribución de los costos fijos del área de impresión en el producto terminado.

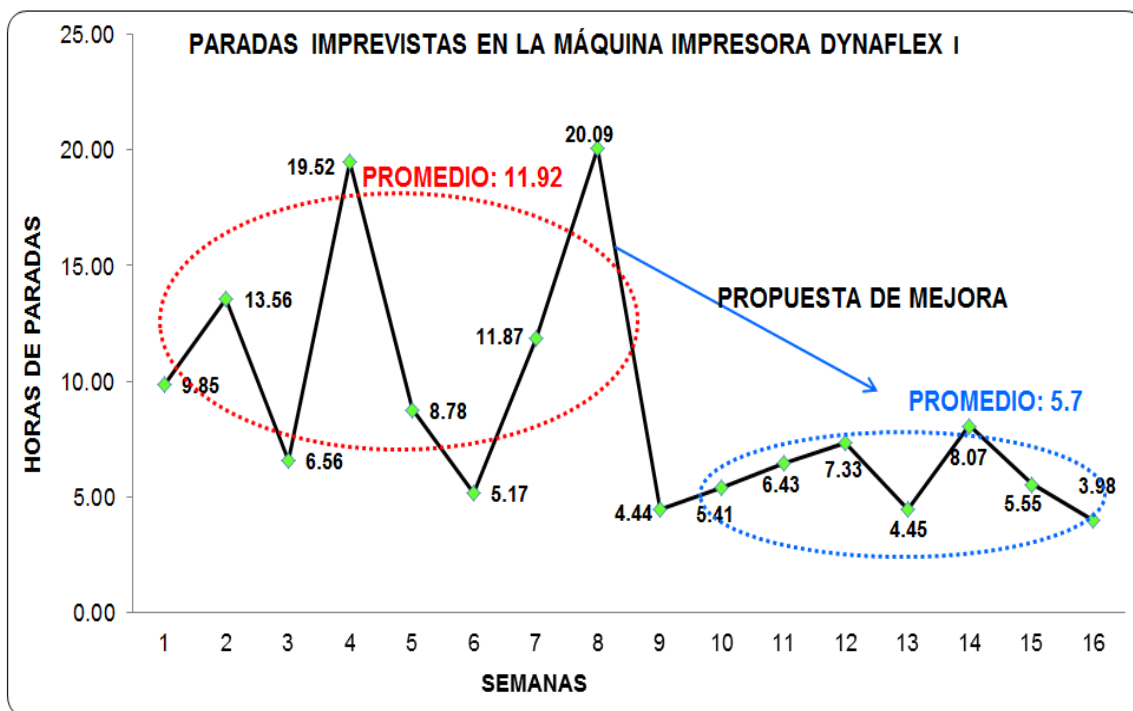
Tabla N° 39. Cuadro de ahorro mensual de la propuesta.

	Antes de la propuesta			Después de la propuesta			
Máquina	Horas de parada a la semana	Costo de parada por hora S/.	Costo mensual por paradas S/.	Horas de parada a la semana	Costo de parada por hora S/.	Costo mensual por paradas S/.	
DYNAFLEX I	11.92	20.75	989.73	5.71	20.75	473.79	
Total mensual s/.			989.73	Total mensual s/.			473.79

Fuente: Elaboración propia.

La propuesta puede significar un ahorro de 515.94 NS/mes al disminuir las horas de paradas imprevistas. El cálculo se ha obtenido de la medición semanal del tiempo por paradas imprevistas. El tiempo por paradas antes y después de la propuesta se ha calculado en base a promedios. A continuación se muestra la figura N° 37 paradas imprevistas de la máquina impresora.

Figura N° 37. Grafico paradas imprevistas de la máquina.



Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de pérdida económica actual por parada de producción imprevista.

➤ **Datos:**

Capacidad horaria: 500 kg/hora

Tiempo perdido por falla: 1.7 hora/día

Valor unitario del producto: 2.5 \$/kg

Pérdida diaria por: $500 \text{ kg/h} \times 1.7 \text{ h/d} \times 2.5 \text{ $/kg} = 2,125 \text{ $/día}$

Pérdida anual: $2,125 \text{ $/día} \times 362 \text{ días/año} = 769,250 \text{ $/año}$

Al no tener implementado una gestión TPM bien desarrollado, aumentan las probabilidades de que se genere una falla grave y de no encontrar la causa raíz y el repuesto de estas máquinas importadas, es decir el tiempo de reparación sería mucho mayor. Por lo tanto las pérdidas económicas de la empresa ascienden a un promedio de unos 769,250\$/año.

Pérdida económica proyectada por reducción de tiempo de parada de producción

➤ Datos:

Capacidad horaria: 500 kg/h

Tiempo perdido por falla: 0.82 hora/día

Valor unitario del producto: 2.5 \$/kg

Pérdida diaria por: $500 \text{ kg/hora} * 0.82 \text{ hora/día} * 2.5 \text{ \$/kg} = 1,025 \text{ \$/día}$

➤ Beneficio por reducción de pérdida de producción:

$2125 - 1,025 = 1100 \text{ \$/d} = 33,000 \text{ \$/mes} = 112,200 \text{ NS/mes}$

➤ Beneficio económico neto del proyecto:

$515.94 + 112,200 = 112,715.94 \text{ NS/mes}$

Propuesta de inversión

Para poder determinar los costos de la propuesta TPM en la Tabla N°40 detalle del costo de la propuesta de implementación, donde se indica los rubros de inversión aproximada que la empresa debe de invertir y debe de continuar haciéndola para poder mantener los pilares del TPM dentro de un año calendario.

Tabla N° 40. Detalle del costo de la propuesta de implementación TPM.

Pilar	DETALLE	CANTIDAD	U.E.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Propuesta de Mantenimiento Autónomo	Costo de Volantes del TPM	1	ciento	S/. 70.00	S/. 70.00
	Costo de separatas del curso TPM (15 hojas)	500	und	S/. 2.00	S/. 1,000.00
	Costo de afiches del TPM	50	und	S/. 3.50	S/. 175.00
	Costo de tablero de control de etiquetas	1	und	S/. 550.00	S/. 550.00
	Costo de útiles de limpieza	1	und	S/. 135.00	S/. 135.00
	Costo de pintura de color amarillo, verde y rojo	3	Baldes 20Lt.	S/. 115.00	S/. 345.00
	Costo de elaboración de las etiquetas azul y roja	1000	und	S/. 0.10	S/. 100.00
	Costo de tarjetas del activo	1	ciento	S/. 55.00	S/. 55.00
	Costo de Operarios	16	Empleados	S/. 4.00	S/. 128.00
	Costo del asistente RRHH	2	Empleado	S/. 8.33	S/. 33.32
	Costo del jefe de producción	1	Empleado	S/. 25.00	S/. 50.00
	Costo del jefe de Mantenimiento	1	Empleado	S/. 23.50	S/. 47.00
	Costo del jefe de RRHH	1	Empleado	S/. 23.50	S/. 47.00
	Costo del capacitador	2	Externo	S/. 200.00	S/. 800.00
	Costo del jefe de producción	1	Empleado	S/. 25.00	S/. 500.00
	Costo del jefe de Mantenimiento	1	Empleado	S/. 23.50	S/. 470.00
	Costo de jefe de RRHH	1	Empleado	S/. 23.50	S/. 470.00
	Costo del equipo del proyecto de propuesta	3	Externo	S/. 25.60	S/. 1,536.00
	Costo del capacitador	1	Externo	S/. 200.00	S/. 4,000.00
	Costo de los Operarios	16	Empleados	S/. 4.00	S/. 256.00
	Costo del jefe de producción	1	Empleado	S/. 25.00	S/. 100.00
	Costo del jefe de Mantenimiento	1	Empleado	S/. 23.50	S/. 94.00
	Costo del jefe de RRHH	1	Empleado	S/. 23.50	S/. 94.00
	Costo del capacitador	2	Externo	S/. 200.00	S/. 1,600.00
Propuesta de Mejora en el mantenimiento preventivo	Costo del equipo del proyecto de propuesta -AMEF	3	Externo	S/. 25.60	S/. 307.20
	Vibrómetro	1	und	S/. 7,133.06	S/. 7,133.06
	Cámara termográfica	1	und	S/. 12,768.00	S/. 12,768.00
	Análisis de Aceite	1	und	S/. 4,928.32	S/. 4,928.32
TOTAL					S/. 37,791.90

Fuente: Elaboración propia

Determinación del tiempo de retorno de la inversión

ROI = Inversiones /beneficio neto anual = años

$$= 37791.90 \text{ NS} / 112,715.94 \text{ NS/anual} = 0.34 \text{ años}$$

$$= 0.34 * 12 = 4 \text{ meses}$$

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones.

Para finalizar el trabajo de investigación en este capítulo se mencionan las conclusiones de la propuesta de mejora en el área de impresión. Además también las recomendaciones que la empresa debería seguir y que pueda mantener a largo plazo las iniciativas y cambios plasmado en la presente tesis.

1. Las propuestas vistas en este trabajo de investigación es fundamental, de que todos los miembros de la organización desde los directivos hasta los operarios se involucren en la implementación del TPM y el compromiso de toda la organización.
2. Se puede reducir los tiempos muertos y el desorden que hay en el área de impresión, brindando un mejor lugar de trabajo al momento de buscar materia prima e insumos para realizar arreglos en la línea 1 productiva.
3. La propuesta de implementación de mantenimiento autónomo es fundamental iniciar con las 5'S, como se pudo ver en este trabajo de investigación, ya que sin ella sería imposible obtener los beneficios esperados de la propuesta de mejora.
4. Para cualquier mejora de implementación es fundamental detectar los problemas, la recolección de información confiable que permita calcular indicadores en función PQCS (Precio, Calidad, Costo, Seguridad), ya que con ellos es el punto de partida.
5. La mejora propuesta en el AMEF como: Limpieza de las charolas de tinta, el viscosímetro entre otros, ayudara a que los indicadores de eficiencia y calidad aumente llegando al objetivo de que la OEE sea de un 85% propuesto.
6. La propuesta de las cámaras termográficas se pueden tomar cuando los equipos se encuentren funcionando a la máxima carga; para tomar los

patrones únicamente sino sobre pasan las temperaturas máximas de funcionamiento que establecen los fabricantes y los especialistas encargados, de la parte de lubricación para el caso de la máquina DYNAFLEX I.

7. Del diagnóstico de la matriz de criticidad de una falla, debe de estar respaldado por la experiencia del personal, como propuesta la empresa debe de ordenar un curso de capacitación y certificación en termografía nivel I, avalado por un especialista de nivel III ASNT (American Society for Nondestructive Testing).
8. Con el fin de reducir las horas de paradas imprevistas, del área de impresión a 0.82 horas, reduciendo un 48.2% del tiempo improductivo y las pérdidas económicas a 1,025 \$/ día y \$30,750 \$/ mes.
9. Para mí como experiencia más valiosa fue haber adquirido y compartido conocimiento con el personal de mantenimiento y producción que en su gran recorrido en la industria, aportan a mí formación profesional fortaleciendo aspectos importantes como en el trabajo y la capacidad de enfrentar a los problemas que se presentan en los proyectos reales.

6.2 Recomendaciones.

1. Cuando se plantee la propuesta de mejora enfocada que es uno de los pilares del TPM es fundamental que todos los miembros de la organización comprendan que al implementar el TPM tiene como objetivos cero fallas, cero defectos y cero accidentes, esto genera ventajas competitivas.
2. Los directivos y el comité TPM son los únicos responsables de los errores y tomas de decisiones; al momento de implementar el TPM en toda la planta, es por el cual debe de hacerse reuniones, capacitaciones, seguimiento y control mensualmente para garantizar calidad en el producto y una mejor gestión en el mantenimiento.
3. Otros resultados más contundentes como propuesta se recomendarán, la ampliación de la metodología 5´S en toda la planta producción y tomando en cuenta la importancia de cada pilar a implementarse, yo recomiendo que inicien en cada área más crítica que puede iniciar área de mezclado.
4. La propuesta en este trabajo de investigación que es la implementación del TPM se debe llevar a cabo tal como explica en este trabajo de investigación con el objetivo de garantizar los beneficios expuestos.
5. La limpieza y el orden se obtienen con la implementación de las 5´S que es la base del mantenimiento autónomo y deben ser respetadas por todas las personas con el objetivo de tener un área laboral mucho más agradable y seguro.
6. La propuesta de mantenimiento autónomo como pilar de inicio de un mantenimiento productivo global va a permitir que toda la organización implemente los demás pilares, y se convertirá en una empresa de clase mundial que garantice llegar en el tiempo un OEE de 85% y esto genere una ventaja con las demás empresas que luchan día tras día en el mercado tan competitivo.

BIBLIOGRAFÍA

A. Tesis

- [Tesis 1]** Rolando G.V. (2007) TPM Reducción de costos y maximización de la productividad en Proceso (Pampa Larga) de Minera Yanacocha. (Tesis de grado).Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- [Tesis 2]** Parrado A. P. & Sánchez B. J.(2004) Estructuración e Implementación del pilar Mejora Enfocada en Tetra Pack (Tesis de grado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- [Tesis 3]** Ruiz J. Y. (2012) Propuesta de Mejora bajo la filosofía TPM para la empresa Cummins de los Andes S.A.(Tesis de grado).Corporación Universitaria Lasallista, Medellín, Colombia.
- [Tesis 4]** Silva B. J. (2005) Implementación del TPM en la zona de Enderezadoras de Acero Arequipa. (Tesis de grado). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- [Tesis 5]** Rodríguez R. J. (2012) Propuesta de Mejora de la Gestión de Trabajo del área de Mantenimiento de la Empresa Minera Barrick Misquichilca S.A. Mina Lagunas del Norte. (Tesis de grado). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
- [Tesis 6]** Vargas G.P. (2012) Propuesta de implementación de un Mantenimiento Productivo Total (TPM) para la reducción de costos e incrementar la producción de una planta Galletera de la Región (Tesis de grado) Universidad Privada del Norte, Trujillo Perú.
- [Tesis 7]** Ruiz A.A. (2012) Modelo para la implementación de Mantenimiento

Predictivo en las Facilidades de Producción de Petróleo. (Tesis de grado). Universidad Industrial de Santander, Santander, Colombia.

[Tesis 8] Castellano T. M. & Sánchez M. M. (2005) Programa de Mantenimiento Predictivo por Análisis de Vibraciones en Equipos Críticos De La Industria Azucarera. (Tesis de grado). Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, San Salvador, El Salvador.

B. E – Books

[E- Book 1] El Japan Institute of Plan Maintenance (JIPM).TPM en industrias en Proceso. Versión en español TGP Madrid, España (1995).

[E- Book 2] Mantenimiento Total de la Producción (TPM).Proceso de Implementación y Desarrollo. Sacristán, F. Madrid, España (2001).

[E- Book 3] Técnicas de Resolución de Problemas: Criterios de producción y el mantenimiento. Sacristán, F. Madrid, España (2003).

[E- Book 4] El Auto mantenimiento en la Empresa: Etapas y experiencias para su implantación. Sacristán, F. Madrid, España (2002).

[E- Book 5] La productividad en el mantenimiento Industrial: Villanueva, E. D.F. México, México (2000).

[E- Book 6] Principios de Mantenimiento: Gonzales, B. & Ramón C. Cartagena, Colombia (2007)

[E- Book 7] Mejoramiento Continuo por medio del Mantenimiento productivo: Hernández, L. Bogotá, Colombia (2009)

[E- Book 8] Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance. Girdhar, P. USA (2004)

[E- Book 9] Mantenimiento predictive: Análisis de aceites. Albarracín P. Cartagena, Colombia (2007)

C. Libro

[Libro 1] Sacristán, F. (2005) Manual del Mantenimiento integral en la Empresa, (4ra Edición). España: Fundación Confemetal.

[Libro 2] Zandin, K. (2005) Manual del Ingeniero Industrial, (5ta Edición). México: McGraw Hill

D. Direcciones Electrónicas

[URL 1] Monografía (2006). TPM [En línea] Recuperado el 13 de febrero del 2014, de

<http://www.monografias.com/trabajos99/mantenimiento-productivo-total-tpm/mantenimiento-productivo-total-tpm.shtml>

[URL 2] Cero averías (2012) [En línea] Recuperado el 13 de febrero del 2014, de

<http://www.ceroaverias.com>

[URL 3] Mantenimiento Autónomo y Desarrollo Organizacional (1996) [En línea] Recuperado el 3 de Marzo del 2014, de

<http://www.ceroaverias.com/encyclopedia/centroTPM/index2013.htm>

[URL 4] Estudio sobre el Estado de Situación de la Implementación del TPM en Chile (2010) [En línea] Recuperado el 3 de Marzo del 2014, de

http://www.mantenimientoplanificado.com/tpm_archivos/4.6%20indicadores%20TPM.pdf

[URL 5] El Back log o Acumulación de trabajo (2008) [En línea] Recuperado el 26 de Abril del 2014, de

http://reliabilityweb.com/assets/uploads/art/PDF/el_backlog_o_acumulacion_de_trabajo.pdf

[URL 6] Planeación operativa y programación en mantenimiento Colombia

(2009)[En línea] Recuperado el 26 de mayo del 2014, de
http://reliabilityweb.com/assets/uploads/art/PDF/planeacion_operativa_y_programacion_en_mantenimiento.pdf

[URL 7] NORSAC S.A. Líder en la fabricación de Sacos y Telas polipropileno
(2000)[En línea] Recuperado el 18 de setiembre del 2014, de
<http://www.norsac.com.pe>

[URL 8] Por qué su programa de mantenimiento preventivo no está
funcionando (2011) [En línea]Recuperado el 11 de octubre del
2014, de
<http://reliabilityweb.com/sp/articulos/por-que-su-programa-de-mantenimiento-preventivo-no-esta-funcionando/>

[URL 9] Técnicas De Mantenimiento Predictivo Utilizadas En La Industria
Condicional basadas en la medición de variables físicas (2015)
[En Línea] Recuperado el 15 de marzo del 2015, de
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4546591.pdf>.

[URL 10] PETROQUIM: Empresa productora de polipropileno en Chile
(2015) [En Línea] Recuperado 18 de mayo del 2015, de
<http://www.petroquim.cl/que-es-el-polipropileno/>

[URL 11] STARLINGER: Empresa industrial innovadora de ingeniería
mecánica y tecnología de procesos en Europa (2015) [En línea]
Recuperado el 26 de julio del 2015, de
<http://www.starlinger.com/>

[URL 12] PERUQUIMICOS: Empresa especializada en la importación,
almacenaje y distribución de productos químicos (2015) [En línea]

Recuperado el 18 de agosto 2015, de

<http://www.peruquimicos.com>

[URL 13] SKF: Empresa Sueca se dedica al diseño y provisión de rodamientos, sellos, sistemas de lubricación, productos y sistemas para mantenimiento(2015)[En línea] Recuperado el 25 de setiembre 2015, de

http://www.skf.com/binary/tcm:42-25237/14374ES_TMEH1_tcm_42-25237.pdf

[URL 14] FLUKE: Corporación líder mundial en la fabricación, distribución y mantenimiento de equipos de medida electrónicos y software (2015)[En línea] Recuperado el 25 de setiembre 2015, de

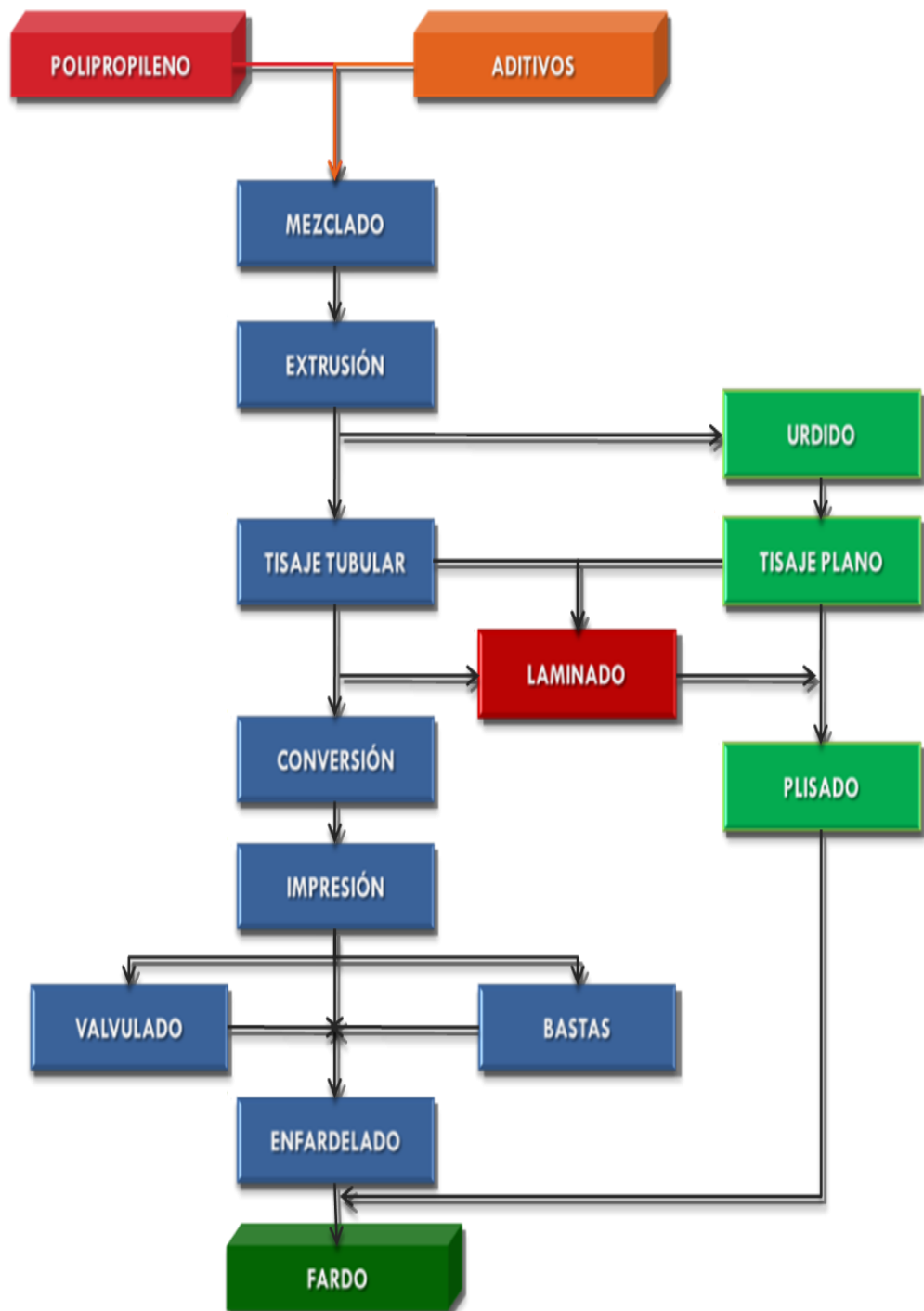
<http://www.fluke.com/fluke/eses/Analizadores-de-Vibraciones/Fluke-805-Vibration-Meter.htm?PID=74298>

[URL 15] FLUKE: Corporación líder mundial en la fabricación, distribución y mantenimiento de equipos de medida electrónicos y software (2015)[En línea] Recuperado el 25 de setiembre 2015, de

<http://www.fluke.com/fluke/eses/products/camaras-termograficas>

ANEXOS

ANEXO A: Diagrama de Flujo del Productivo de la Empresa.



ANEXO B: Almacenamiento de bidones de tinta y disolventes



ANEXO C: Almacenamiento de las bobina de tela impresa.



ANEXO D: Procedimiento de medición de la productividad

TIEMPO TOTAL DISPONIBLE (12 HORAS) (-)NO PROGRAMADO PARA CORRIDA (-) TIEMPO IMPRODUC. PLANIFICADO (INCL. AVERÍAS)	720 -45 -106	UTILIZACIÓN = $\frac{(\text{TIEMPO TOTAL DISPON.} - \text{TIEMPO IMPROD. PLANIF}) \times 100\%}{\text{TIEMPO TOTAL DISPONIBLE}} = \frac{720 - 45}{720} \times 100\% = 79\%$
TIEMPO DE CORRIDA (-) MONTAJES Y AJUSTES	569 -106	DISPONIBILIDAD PLANIFICADA= $\frac{(\text{TIEMPO DE CORRIDA} - \text{TIEMPO DE MONTAJE}) \times 100\%}{\text{TIEMPO DE CORRIDA}} = \frac{569 - 106}{569} \times 100\% = 81\%$
		DISPONIBILIDAD= 71%
TIEMPO OPERATIVO (-) TIEMPO IMPRODUCT. NO PLANIFICADO (FALLAS)	463 -58	TIEMPO DE OPERACIÓN= $\frac{(\text{TIEMPO OPERATIVO} - \text{TIEMPO IMPRODUCTIVO}) \times 100\%}{\text{TIEMPO OPERATIVO}} = \frac{463 - 58}{463} \times 100\% = 87\%$
TIEMPO OPERATIVO NETO (-)INTERRUPCIONES OCIOSAS Y MENORES (-) VELOCIDAD REDUCIDA	405 -44 -49	EFICIENCIA DEL RENDIMIENTO= $\frac{(\text{TIEMPO OPERATIVO NETO}-\text{TIEMPO PERDIDO}) \times 100\%}{\text{TIEMPO OPERATIVO NETO}} = \frac{05 - 44 - 4}{405} \times 100\% = 77\%$ $\eta = \frac{\text{CAPACIDAD NOMINAL} \times 100\%}{\text{CAPACIDAD REAL}} = \frac{39963}{52080} \times 100\% = 77\%$
TIEMPO OPERATIVO PARA USO (-) DEFECTOS EN PROCESO (EQUIV. DE 120 PIEZAS A 1 MIN) TIEMPO PRODUCTIVO NETO	312 -67 245	TASA DE CALIDAD= $\frac{(\text{TIEMPO OPERATIVO EN USO} - \text{PÉRDIDAS DE TIEMPO DEFECT.}) \times 100\%}{\text{TIEMPO OPERATIVO EN USO}} = \frac{312 - 67}{312} \times 100\% = 79\%$ $\frac{(\# \text{ DE PIEZAS PRODUCIDAS} - \text{DEFECTUOSAS}) \times 100\%}{\# \text{ DE PIEZAS PRODUCIDAS}} = \frac{63 - (67 \times 1)}{39963} \times 100\% = 79.9\%$

ANEXO E: Reporte de análisis de MTBF Y MTTR del equipo

SEMANA	CORRIDA	DÍA (Min)	DÍA (Hora)	TIEMPO OPERACIÓN (Horas)	NÚMERO DE FALLAS	MTBF (Horas)	DISPONIBILIDAD	Tiempo Manntto TURNO I	DÍA (Min)	DÍA (Hora)	TIEMPO PARADA (Horas)	FALLAS	MTTR (Horas)
1	434	434	7.23	50.63	9	5.63	68.03%	204	204	3.40	23.80	9	2.64
2	465	465	7.75	54.25	7	7.75	70.99%	190	190	3.17	22.17	7	3.17
3	418	418	6.97	48.77	13	3.75	61.93%	257	257	4.28	29.98	13	2.31
4	478	478	7.97	55.77	5	11.15	80.20%	118	118	1.97	13.77	5	2.75
5	430	430	7.17	50.17	10	5.02	60.91%	276	276	4.60	32.20	10	3.22
6	405	405	6.75	47.25	16	2.95	57.77%	296	296	4.93	34.53	16	2.16
7	465	465	7.75	54.25	8	6.78	71.54%	185	185	3.08	21.58	8	2.70
8	492	492	8.20	57.40	5	11.48	79.23%	129	129	2.15	15.05	5	3.01

ANEXO F: El plan maestro TPM

ACTIVIDADES PROGRAMADAS	CRONOGRAMA DESARROLLO DE TRABAJO TPM																							
	ENE. 2015				FEB. 2015				MARZ. 2015				ABR. 2015				MAY. 2015				JUN. 2015			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ACTIVIDADES PRE DESARROLLO																								
Levantamiento en sitio, de procesos claves en cada área - Macroprocesos																								
Elaboración de cronograma de trabajo																								
Aprobación de cronograma de trabajo																								
DIAGNÓSTICO ACTUAL DE LA EMPRESA																								
Gestión administrativa																								
Gestión técnica																								
Análisis de causa raíz del problemas encontrados (Producción - Mantenimiento)																								
1° ETAPA DESARROLLO: DISEÑO PROGRAMA MANTENIMIENTO Y CONTROL OPERACIONAL																								
Definición de objetivos estratégicos																								
Tableros de control (Indicadores para la gestión del mantto)																								
Selección de equipos y actividades críticas																								
2° ETAPA DESARROLLO: MANTENIMIENTO AUTÓNOMO PARA LAS OPERACIONES																								
Elaboración de tarjeta de equipos																								
Elaboración de Guías Operativas																								
3° ETAPA DESARROLLO: MEJORA ENFOCADA																								
Análisis de Modo y Efecto de la Falla AMEF																								
4° ETAPA DESARROLLO: CONTROL OPERACIONAL PARA LAS ACTIVIDADES DE RIESGO																								
Análisis de tareas y evaluación de riesgo																								
Elaboración de Programa de prevención de riesgo																								
5° ETAPA DESARROLLO: PLAN DE MANTENIMIENTO																								
Planificación del mantenimiento																								
METODOLOGÍA 5'S																								
Organización																								
Oreden																								
Limpieza																								
Estandarización																								
Disciplina																								

ANEXO G: AMEF

ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTO DE LA FALLA											
AMEF DE :		Equipo:	Dynaflex I		Departamento:	Producción				Fecha: 17 de junio 2015	
□ PROCESO • DISEÑO		Código:	DF 100		Responsable:	Supervisor de producción				Hoja: 1/1	
DESCRIPCIÓN PARTE O PROCESO	FUNCIÓN PARTE O PROCESO	MODO DE LA FALLA	EFECTO DE LA FALLA	CAUSA DE LA FALLA	SITUACIÓN ACTUAL				ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABLE	
					MÉTODO DETECCIÓN	OCURR.	SEVER.	DETEC.			NPR
Charolas de tinta	Es un recipiente de acero inoxidable con capacidad de 40 litros	Mala mezcla de la tinta	Producto no conforme	Operación errática falta de experiencia	Inspección visual	2	7	8	112	Mantenimiento Autónomo	PRODUCCIÓN
		Contaminación de la tinta	Producto no conforme	Operación errática falta de experiencia	Inspección visual	7	6	8	336	Mantenimiento Autónomo	PRODUCCIÓN
Viscocimetro	Es un instrumento de medición en forma de una copa, mide la tonacidad de la tinta debe tener una viscosidad entre 22 - 28 segundos.	Exceso de disolvente.	Producto no conforme	Operación errática falta de experiencia	Inspección visual	9	7	8	504	Mantenimiento Autónomo y compra de un colorimetro	PRODUCCIÓN
		Una mala tonacidad de tinta	Parada de línea	Operación errática falta de experiencia	Inspección visual,	9	6	8	432	Mantenimiento Autónomo y compra de un colorimetro	PRODUCCIÓN
		Mala medición del instrumento.	Parada de línea	Operación errática falta de experiencia	Inspección visual	10	7	8	560	Mantenimiento Autónomo y compra de un colorimetro	PRODUCCIÓN
Insumos	Alcohol residual y tinta	No llevar un control de insumos	Parada de línea	Operación errática	Inspección visual y control de insumos	7	8	7	392	Mantenimiento Autónomo	PRODUCCIÓN
		Escases de insumos.	Parada de línea	Operación errática	Inspección visual y control de insumos	2	8	7	112	Mantenimiento Autónomo	PRODUCCIÓN
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LA FALLA:		RANGOS DE SEVERIDAD DE LA FALLA:		PROBABILIDAD DE DETECCIÓN DE LA FALLA:		NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO (NRP):				OCURRENCIA -) CAUSA	
Altamente Improbable = 1		Muy baja severidad = 1		Alta probabilidad = 1		Alto riesgo de falla = 374 - 560				SEVERIDAD -) EFECTO	
Muy baja probabilidad = 2 -3		Severidad baja = 2 - 3		Probab. Medianamente alta = 2 - 5		Prob. Media de riesgo = 188 - 373				DETECCIÓN -) MODO	
Probabilidad media = 4-6		Severidad promedio = 4 - 6		Probabilidad media = 6 - 8		Bajo riesgo de falla = 1 - 187					
Alta probabilidad = 7 - 8		Severidad alta = 7 - 8		Muy baja probabilidad = 9							
Muy alta probabilidad = 9		Muy alta severidad = 9 - 10		Altamente probable = 10							

ANEXO H: Propuesta de un reporte general de datos de los límites admisibles

REGISTRO DE TOMAS DE DATOS													
ÁREA:		MÁQUINA:				OPERARIO:			LÍNEA N°:		SEMANA:		
N°	EQUIPOS CRITICOS	SEVERIDAD DE VELOCIDAD		ACEITE			TERMOGRAFÍA			MÁQUINAS			
		Mm o In /Seg RMS	Mm o In /Seg Pico	TAN		VISCOCIDAD 40°C	TEMPERATURA MAX ADMISIBLE:	TEMPERATURA PUNTO CALIENTE	DIFERENCIA DE TEMPERATURAS	Pequeñas clase I	Medianas clase II	Soporte rígidos Clase III	
				INICIAL	AUMENTO								
1											NORMAL	NORMAL	NORMAL
2											ADMISIBLE		
3											ADMISIBLE	ADMISIBLE	ADMISIBLE
4													
5											LÍMITE	LÍMITE	LÍMITE
6													
7											FUREA DEL LÍMITE PERMISIBLE	FUREA DEL LÍMITE PERMISIBLE	FUREA DEL LÍMITE PERMISIBLE
8													
9													
10													

MAGNITUD NORMAL: Se dice que el rango es bajo, decir que el peligro de falla es mínimo.

MAGNITUD ADMISIBLE: Se determina así por estar en los rangos aceptables para el equipo.

MAGNITUD LÍMITE: Se demina así cuando los análisis están al borde de lo permisible para el equipo.

MAGNITUD FUERA DEL LÍMITE PERMISIBLE: Se determina así cuando a sobrepasado lo permisible para el equipo y la posibilidad de falla es alta . Acarrea una posible parada.

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS
Clase I	La máquina puede ser separada en conductor y el conducido, unidades conjuntadas que abarcan maquinaria de movimiento hasta 10Kw (12HP aproximadamente).
Clase II	Máquinaria(motores eléctricos 12KW (12HP) hasta 75Kw (100HP), sin cimentación especial, o motores montados rígidamente o máquinas con 200 KW (300HP) montados con fundación especial.
Clase III	Las máquinas grandes con conductores primarios (turbinas, motores eléctricos , etc.) y otras maquinarias con ensamblajes rotatorios grandes y montadas en fundaciones rígidas y pesadas que son razonablemente derechas en la dirección de la vibración.

ANEXO I: Características técnicas del medidor de aceite SKF

Características técnicas	
Designación	TMEH 1
Tipo de aceite adecuado	mineral y sintético
Repetitividad	mejor que 95%
Lecturas	escala verde/rojo + valor numérico (-999 = 999)
Pila	9V Alcalina IEC 6LR61
Duración pila	> 150 horas o 3 000 análisis
Dimensiones (instrumento)	250 × 95 × 32 mm
Peso	385 g.

® SKF es una marca registrada del Grupo SKF.

© Grupo SKF 2010

El contenido de esta publicación es propiedad de los editores y no puede reproducirse (incluso parcialmente) sin autorización previa por escrito. Se ha tenido el máximo cuidado para garantizar la exactitud de la información contenida en esta publicación, pero no se acepta ninguna responsabilidad por pérdidas o daños, ya sean directos, indirectos o consecuentes, que se produzcan como resultado del uso de dicha información.

MWPOS TMEH1 ES • Diciembre 2010

www.mapro.skf.com • skf.com/mount • skf.com/lubrication



ANEXO J: Análisis de Lubricación

ANÁLISIS DE LUBRICACIÓN			
☐ ☒ ☐ Visual / olor	\$	Rápido: Subjetivo, efectivamente prueba sin costo. Prueba adicional para detectar turbidez	
☐ ☒ ☐ % sólidos / agua	\$	Trimestral: Sistema de bajos volúmenes (menos de 5 galones) Prueba ajustada a monitoreo de condiciones	
☒ ☐ ☐ Viscosidad	\$		
☒ ☒ ☐ Espectrometría de metales	\$\$		
☐ ☒ ☐ Espectrografía infraroja	\$	trimestral: Sistema de más de 5 galones, prueba adicional a la anterior.	
☐ ☐ ☐ Conteo de partículas (eléctricas)	\$\$	Realizar conteo de partículas en engranajes y sistemas hidráulicos.	
☐ ☒ ☐ DR Ferrografía	\$\$	Trimestral: Equipos críticos o muy costosos. Prueba ajustada a monitoreo de condiciones	
☒ ☐ ☐ TAN / TBN	\$\$	Trimestral: Enfriador, motores de combustión, compresores, prueba ajustada a monitoreo de	
☒ ☒ ☐ Ferrografía analítica	\$\$\$	Diagnóstico solo; considerado para análisis por tiempo en equipos críticos o sistemas críticos. Realizar después de conteo de partículas, DR o espectrometría de metales.	
☐ ☐ ☐ Conteo de partículas (visual)	\$\$\$		
☒ ☒ ☒ Condición de la máquina Condición del lubricante Contaminación del lubricante			Costo por muestra \$ Bajo, menor de US\$ 20 \$\$ Moderado, entre US\$ \$\$\$ Alto, entre US\$ 50 y US\$ \$\$\$\$ Muy alto, mayor US\$

ANEXO K: Especificaciones Técnicas

FLUKE®

Especificaciones técnicas

Medidor de vibraciones	
Rango de baja frecuencia (medición general)	De 10 a 1.000 Hz
Rango de alta frecuencia (medida CF+)	De 4.000 a 20.000 Hz
Niveles de gravedad	Buena, Satisfactoria, Insatisfactoria, Inaceptable
Límite de vibraciones	Pico de 50 g (100 g pico a pico)
Convertidor A/D	16 bits
Relación señal/ruido	80 dB
Frecuencia de muestreo	
Baja frecuencia	20.000 Hz
Alta frecuencia	80.000 Hz
Respaldo del reloj de tiempo real	Pila tipo botón
Sensor	
Sensibilidad	100 mV / g $\pm$ 10%
Rango de medición	De 0,01 a 50 g
Rango de baja frecuencia (medición general)	De 10 a 1.000 Hz
Rango de alta frecuencia (medida CF+)	De 4.000 a 20.000 Hz
Resolución	0,01 g
Precisión	A 100 Hz $\pm$ 5% del valor medido
Unidades de amplitud	
Aceleración	g, m/seg ²
Velocidad	pulg./seg, mm/seg
Desplazamiento	mils, mm
Termómetro por infrarrojos (medición de temperatura)	
Rango	De 20 a 200 °C (-4 °F a 392 °F)
Precisión	$\pm$ 2 °C (4 °F)
Distancia focal	Fija, a ~3,8 cm (1,5 pulg.)
Sensor externo	
Nota: Fluke brinda asistencia a los sensores externos, pero no los provee.	
Rango de frecuencia	De 10 a 1.000 Hz
Voltaje de polarización (para suministrar energía eléctrica)	De 20 a 22 V cc
Corriente de polarización (para suministrar energía eléctrica)	Máximo 5 mA
Firmware	
Calibración	Requiere calibración de fábrica
Interfaces externas	Comunicación por USB 2.0 (velocidad total)
Capacidad de datos	Base de datos en la memoria flash interna
Actualización	a través de USB
Memoria	Hasta 3.500 mediciones
Emisión irradiada	
Descarga electrostática: Explosión	Norma EN 61000-4-2
Interferencia electromagnética	Norma EN 61000-4-3
RE	Norma CISPR 11, Clase A

Medioambiental	
Temperatura de trabajo	De 20 a 50 °C (-4 °F a 122 °F)
Temperatura de almacenamiento	De -30 a 80 °C (-22 °F a 176 °F)
Humedad de funcionamiento	De 10 a 95% H.R. (sin condensación)
Altitud de funcionamiento/almacenamiento	Del nivel del mar a 3,048 metros (10.000 pies)
Clasificación IP	IP54
Límite de vibraciones	Pico de 500 g
Prueba de caída	1 metro
Especificaciones generales	
Tipo de batería	AA (2) disulfuro de hierro de litio
Duración de la batería	250 mediciones
Tamaño (largo x ancho x alto)	24,1 cm x 7,1 cm x 5,8 cm (9,5 pulg. x 2,8 pulg. x 2,3 pulg.)
Peso	0,40 kg (0,89 lb)
Conectores	USB Mini-B de 7 pines, enchufe de salida de audio estéreo (enchufe de audio de 3,5 mm), enchufe de sensor externo (conector SMB)

Información para realizar pedidos

Medidor de vibraciones 805

Incluye: Medidor de vibraciones 805, cable USB, estuche de almacenamiento, enganche para el cinturón, guía de referencia rápida, CD-ROM (incluye una plantilla de MS Excel y documentación) y cuatro pilas AA

Fluke. Manteniendo su mundo en marcha.®

Fluke Corporation
Everett, WA 98206 EE.UU.
Tel: +1 (425) 446-5800
Web: www.fluke.com/laam

Fluke Ibérica, S.L.
Pol. Ind. Valportillo
C/ Valgrande, 8
Ed. Thaworth II - Nave B1A
28108 Alcobendas
Madrid
Tel: 91 4140100
Fax: 91 4140101
Email: info.es@fluke.com
Web: www.fluke.es

Para obtener información adicional, póngase en contacto con:
En EE.UU. (800) 443-5853 o
Fax (425) 445-5116
En Europa/Medio Oriente/Africa
+31 (0) 40-2675-200 o

Fax +31 (0) 40-2675-222
En Canadá (800)-36-FLUKE
Fax +1 (425) 446-5116

Acceso a Internet:
<http://www.fluke.com>

©Copyright 2011 Fluke Corporation. Reservados todos los derechos. Impreso en los Países Bajos 10/2011. Información sujeta a modificación sin previo aviso

4208305A B-ES-N Pub_ID: 11900-spa

No está permitido modificar este documento sin autorización por escrito de Fluke Corporation.

ANEXO L: Especificaciones Técnicas de las cámaras termográficas

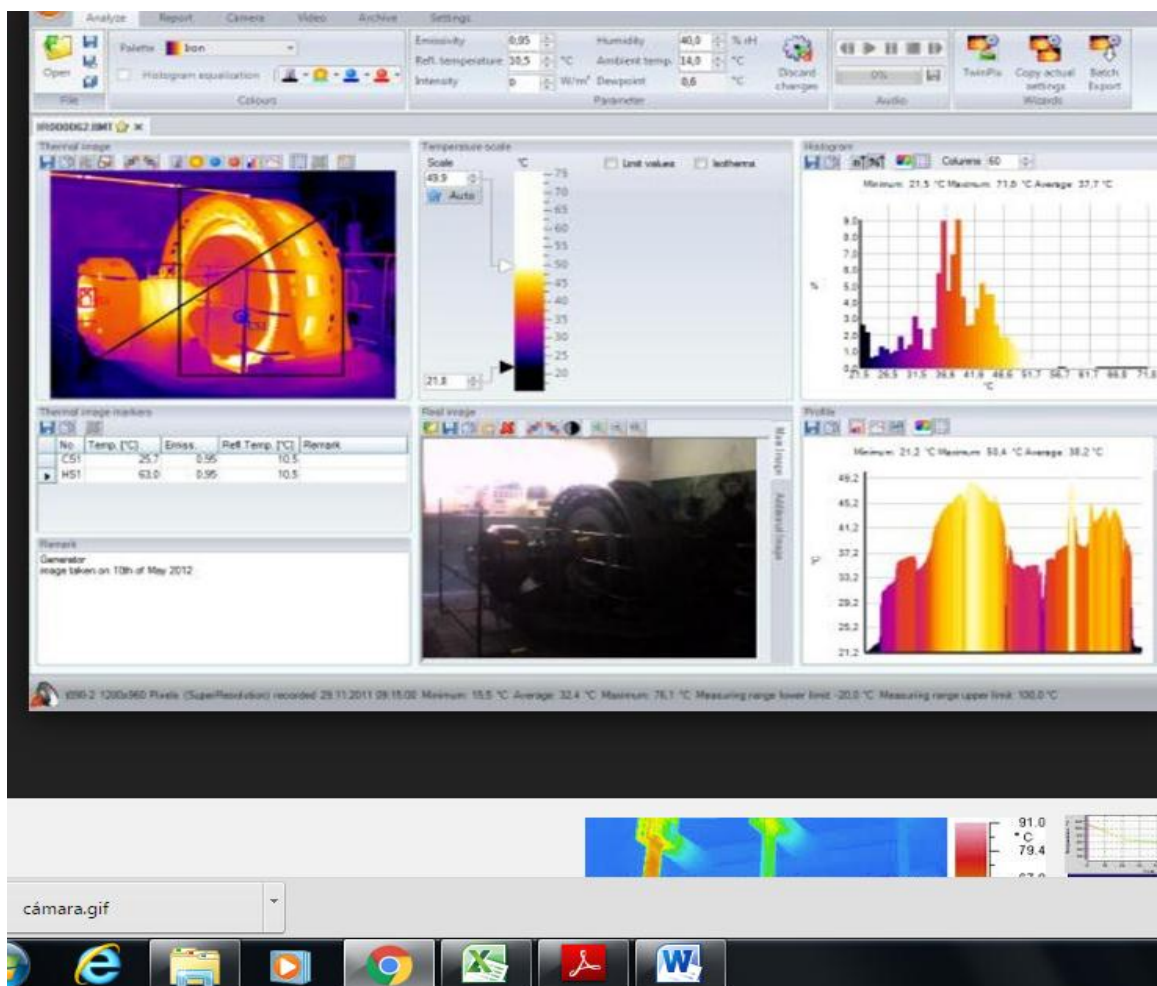
FLUKE

Especificaciones detalladas

	TI12S	TI110	TI10S	TI100
	Diagnóstico de edificios			Uso general
Resolución IR (tamaño FPA)	Microbolómetro no refrigerado 160 x 120 FPA			
Banda espectral	7,5 µm a 14 µm (onda larga)			
Captura o velocidad de actualización	9 Hz			
NETD (sensibilidad térmica)	≤ 0,08 °C a una temp. objetivo de 30 °C (80 mK)			≤ 0,10 °C a una temp. objetivo de 30 °C (100 mK)
Campo de visión (FOV)	22,5 ° H x 31 ° V			
Resolución espacial (IFOV)	3,39 mRad			
Rango de medición de temperatura (no calibrada por debajo de -10 °C)	-20 °C a +150 °C (-4 °F a +302 °F)			-20 °C a +250 °C (-4 °F a 482 °F)
Precisión de la medida de temperaturas	± 2 °C o 2 % (a 25 °C nominales, la mayor de ambas)			
Mecanismo de enfoque	Sistema de enfoque IR-OptiFlex*		Sin enfoque a partir de 1,2 m (4 pies)	
Tecnología IR-Fusion*	PIP, totalmente IR, visible completo, AutoBlend™	PIP, totalmente IR, visible completo	PIP (de 1,2 m (4 pies) a 4,6 m (15 pies)), IR completa, imagen visible completa	No, solo infrarrojos
Alarmas de color	Temperatura alta, temperatura baja (punto de rocío) e isoterma	Temperatura baja (punto de rocío)	—	
Paletas estándar	Azul-rojo, escala de grises, escala de grises inversa, alto contraste, metal caliente, hierro (Ironbow), ámbar, ámbar inverso		Azul-rojo, hierro (Ironbow), escala de grises, ámbar	
Paletas Ultra Contrast™	Azul-rojo, escala de grises, escala de grises inversa, alto contraste, metal caliente, hierro (Ironbow), ámbar, ámbar inverso	Azul-rojo, escala de grises, hierro (Ironbow)	—	
Marcadores calientes o fríos	Si	—		
Marcadores de puntos que puede definir el usuario	Tres en la cámara y en SmartView*		Solo en SmartView*	
Punto central	Si			
Cuadro central (MIN/MAX/PROM)	Si	—		
Nivel y rango de amplitud	Manual y automático			
Intervalo mínimo en el modo automático	2,5 °C			5 °C
Intervalo mínimo en el modo manual	2,0 °C			2,5 °C
Distancia focal de infrarrojos mínima	15,25 cm (6 pulg.)		122 cm (48 pulg.)	
Peso	0,726 kg (1,6 libras)			
Dimensiones	28,4 x 8,6 x 13,5 cm (11,2 x 3,4 x 5,3 pulg.)			
Pantalla LCD	3,5 pulgadas diagonal (formato vertical)			
Cámara visible	2 megapíxeles			N/D
Paralaje mínimo	~18-22 pulgadas		~ 122 cm (48 pulg.)	N/D
Sistema de anotaciones IR-Photonotes*	Si (3 imágenes)		—	
Puntero láser	Si			
Linterna	Si			—
Brújula electrónica	Si		Si	—
Corrección de la emisividad	Si			
Corrección de la transmitancia	Si		—	
Compensación de la temperatura reflejada de fondo	Si			
Anotaciones por voz (audio)	Si (60 segundos) por imagen			—
Salida de video multimodo	Salida de reproducción de video USB	—		
Grabación de video multimodo (AVI estándar con codificación MPEG)	Si (AVI con codificación MPEG)		—	
Grabación de video multimodo (.is3 radiométrica)	Si, .is3 radiométrica durante aprox. 2,5-5 minutos en función de la escena térmica	—		
Revisión de las imágenes en memoria	Revisión de las miniaturas			
Batería (reemplazable en terreno, recargable)	Dos	Una		
Duración de la batería	+4 horas (cada una)*			
Base de carga externa de la batería	Se incluye	Opcional (accesorio)		
Fuente de alimentación de carga	Si			
Prueba de caída	2 metros (6,5 pies)			
Clasificación de protección (IP) (IEC 60529)	IP 54			
Ciclo de calibración est.	Dos años			

*Supone un 50% de brillo de LCD

ANEXO LL: Imagen infrarroja de un generador eléctrico



ANEXO M: Formato de análisis termográfica

NORSAC S.A.			ANÁLISIS TERMOGRÁFICA	
ÁREA:		FECHA:		
NOMBRE DEL EQUIPO:			REPORTE N°	
ELABORADO POR :				
IMAGEN PATRON		TEMPERATURA MAX ADMISIBLE:	°C	
		DESCRIPCIÓN DE LA IMAGEN PATRON		
IMAGEN VISIBLE			IMAGEN TERMOGRÁFICA	
				
Temperatura en grados centigrados (° C)				
A) TEMPERATURA AMBIENTE:		DESCRIPCIÓN DE LA IMAGEN VISIBLE		
B) TEMPERATURA REFLEJADA:		DESCRIPCIÓN DE LA CAUSA PROBABLE		
C) TEMPERATURA MAX ADMISIBLE:				
D) TEMPERATURA PUNTO CALIENTE:				
E) DIFERENCIA DE TEMPERATURAS:				
E = D - C		PRIORIDAD:		
RECOMENDACIONES				
COMENTARIOS:				
PRIORIDAD A: Anomalia grave que requiere atención inmediata.				
PRIORIDAD B: Anomalia sera que necesita atención tan pronto como sea probable.				
PRIORIDAD C: Anomalia que requiere monitoreo y comprobación, se reparada cuando sea conveniente.				

Autónomo

RODRÍGUEZ MIGUEL Carlos Iván

PASO 1 Limpieza inicial (Implementación SEISO)		PASO 1	
	Reunión de inicio de campaña		
	Realizar la limpieza inicial en equipo asignado y puesto de trabajo		
	Descubrir anomalías de equipo seleccionado		
	Priorizar resolución de anomalías		
	Estandar inicial de limpieza e inspección de equipo		
	Corregir pequeñas deficiencias y establecer condiciones básicas del equipo		
	Control de ejecución de la actividad de limpieza e inspección		
	Inserción de prácticas de análisis causa raíz		
	Auditoría gerencial del 1er paso		
	Reunión del equipo para validar programa para el PASO 2		
	Eliminación de las fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso		
	Reducir los tiempos de limpieza		
	Reducir los tiempos de chequeo		
	Identificación de los puntos difíciles de lubricar		
	Simplificar tareas de limpieza		
	Revisión del estandar inicial de limpieza e inspección		
	Control de ejecución de la actividad de limpieza e inspección		
	Iniciar el estandar de control visual para la limpieza e inspección		
	Auditoría gerencial del 2do paso		
	Reunión del equipo para validar programa para el paso 2		
	Establecer estandares de limpieza , inspección y lubricación (Implementación SEIKETSU)		
	Reunión de inicio de campaña		
	Preparación de entrenamiento básico de lubricación para operación		
	Entrenamiento específico de los puntos de lubricación		
	Elección de los puntos de lubricación que serán objetos de monitoreo por los operadores		
	Elaboración de estandares de controles visuales para limpieza , lubricación e inspección		
	Auditoría gerencial del 3er paso		
	Monitorear y medición de avance de actividades planeadas (Implementación SHITSUKE)		
	Revisión gerencial		

**ANEXO O: Modelo de la Tarjeta Roja para Herramientas y materiales
innecesarios**

TARJETA ROJA			
Nombre del artículo:		Fecha:	
Elaborado por:		Departamento o sección:	
Localización:		Cantidad:	
Categoría			
1. Materia prima ☐	6. Inventario en proceso ☐	11. Herramientas ☐	
2. Accesorios ☐	7. Producto terminado ☐		
3. Instrumental de medición ☐	8. Equipo de oficina ☐		
4. Maquinaria ☐	9. Librería y papelería ☐		
5. Refacción ☐	10. Limpieza o pesticidas ☐		
Razón			
1. No se necesitan ☐	6. Contaminante ☐		
2. Defectuoso ☐	7. Otro ☐		
3. No se necesita pronto ☐			
4. Material de desperdicio ☐			
5. Uso desconocido ☐			
Especifique otros:			
Consideraciones y Peligros especiales de almacenaje			
☐ Ventilación especial	☐ Inflamable		
☐ Frágil	☐ Tóxico		
☐ Explosivo	☐ Radioactivo		
Formas de desecho			
1. Tirar ☐	5. Vender ☐		
2. Mover a áreas de tarjeta roja ☐	6. Otros ☐		
3. Mover a otro almacén ☐			
4. Regresar a proveedor interno o externo ☐			
Especifique otros:			
Fecha de desecho:			
Firma de autorización			

ANEXO P: Evaluación del Lugar de Trabajo

Evaluación del lugar de trabajo					
Categoría	Elemento	5	3	1	Comentario
Selección	Distinguir lo necesario de lo que no es				
	Han sido eliminados todos los articulos necesarios?				
	Estan todos los materiales o herramientas restantes correctamente arreglados en condiciones seguras?				
	Los corredores y áreas de trabajo son lo suficientemente limpios y señalizados?				
	Está aprovechado el espacio al Máximo,del área de manera eficiente y racional?				
	Todo trabajador tiene el material y herramientas necesarios para desarrollar su labor?				
	Los articulos innecesarios estan siendo almacenados en el almacen de tarjetas rojas y bajo las normas de buenas practicas de manufactura?				
Ordenamiento	Un lugar para cosa y cada cosa en su lugar?				
	Existe un lugar especifico para todo, marcando visualmente y bajo las normas de buenas practicas de manufactura?				
	Esta todo en su lugar especificado y bajo las normas de buenas practicas de manufactura?				
	Es facil reconocer el lugar para cosa?				
	Se vuelven a colocar las cosas en su lugar despues de usarlas?				
Limpieza	Limpieza y buscando metodos para mantenerlo limpios				
	Ha habido en el área averías en la maquinaria por falta de limpieza?				
	Estan las areas de trabajo limpias y se usan limpiadores aprobados?				
	Se ve obligado a dedicar alguna jornada a limpiar en vez de trabajar normalmente?				
	El equipo se mantiene limpio y en buenas condiciones?				
	Es facil distinguir los materiales de limpieza y limpiadores aprobados?				
	La medidas de limpieza utilizadas son inviolables?				
Estandarización	Las medidas de limpieza y horarios son visibles facilmente?				
	Mantener y monitorear las primeras 3'S				
	Tiene las indicaciones necesarias y suficientes para actuar en consecuencia sin depender de otras personas?				
	Esta toda la información necesaria en forma visible?				
	Se respeta consistentemente todos los estandares?				
Disciplina	Estan asignadas y visibles las responsabilidades de limpieza?				
	Lograr el hábito de respetar y utilizar correctamente los procedimientos, estándares y controles previamente desarrollados.				

ANEXO Q: Propuesta de la tarjeta del Activo

TARJETA DEL ACTIVO : ESTACIÓN DE IMPRESIÓN N° 4					
DEPARTAMENTO: MANTENIMIENTO					
DATOS GENERALES		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			EQUIPO 
FABRICANTE	STARLINGER	CARACTERÍSTICA	VALOR	UNIDAD	
MODELO	DYNAFLEX I	POWER MOTOR	12	KW	
SERIE		CAPACIDAD	500	Tn/Hr	
PROVEEDOR	N/E	VELOCIDAD	190	rpm	
UBICACIÓN	LÍNEA 1	DIAMETRO RODILLO	250	mm	
ÁREA	IMPRESIÓN	DOCUMENTACIÓN			
COSTO EN \$	12000	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	
DATOS OPERATIVOS		MANUAL DE USUARIO	Funcionamiento de la máquina		
AÑO DE FABRICACIÓN	2001	OBSERVACIÓN			
TIEMPO DE GARANTÍA	2 AÑOS	CRÍTICO			
INICIO DE OPERACIÓN	2002				
VIDA ÚTIL	20 AÑOS				
FUNCIÓN	IMPRESIÓN DEL PRODUCTO				
PUNTOS DE MANTENIMIENTO					
ITEM	COMPONENTE	FRECUENCIA	EJECUCIÓN	RESPONSABLE	
1	COJINETES				
2	CÁMARA DE RASQUETAS				
3	RODAJES TIPO BOLA				
4	EJES - CHUMACERAS				
5	RODRILLO IMPRESIÓN				
6	RODRILLO CLICHE				
7	RODRILLO ANILOX				