

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería Industrial



“PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) COMO ESTRATEGIA DE OPTIMIZACIÓN DEL DESEMPEÑO EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA, AREQUIPA, 2016”

Tesis presentada por la Bachiller:

Alvarez Delgado, Rosivel Antonia

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniera Industrial

Asesor: Ing. Valencia Becerra, Rolardi

AREQUIPA – PERÚ
2018

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL



INFORME DICTAMINATORIO
DE BORRADOR DE TESIS



VISTO

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO:

"Propuesta de Plan de Mantenimiento preventivo y RCM
como estrategia de optimización del desempeño de una
empresa metal-Mecánica, Arequipa, 2016"

PRESENTADO POR (EL) (LOS) BACHILLER (ES):

Rosivel Antonia Alvarez Delgado

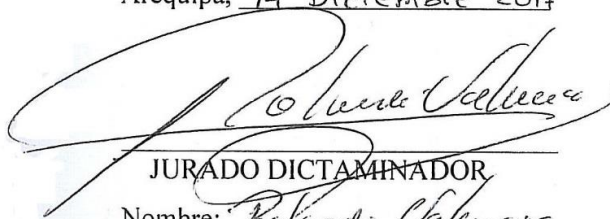
NUESTRO DICTAMEN ES:

Favorable.

OBSERVACIONES:

Ninguna.

Arequipa, 14 Diciembre 2017



JURADO DICTAMINADOR

Nombre: Rolando Valencia

Becerra

Código: 1780



JURADO DICTAMINADOR

Nombre: César Carrasco

Bocangel

Código: 2825

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso, por haberme permitido llegar hasta este momento, por darme fortaleza e iluminar mi camino y guiar mis pasos; a mis padres por ser el pilar fundamental de todo lo que soy y quienes hacen todo en la vida para que yo pueda lograr mis sueños y mis metas con su incondicional apoyo, dedicación y amor; a mi hermano por estar siempre presente porque con su ejemplo de perseverancia y superación me inspira a salir adelante. A todos ellos quiero darles las gracias por su infinito apoyo.

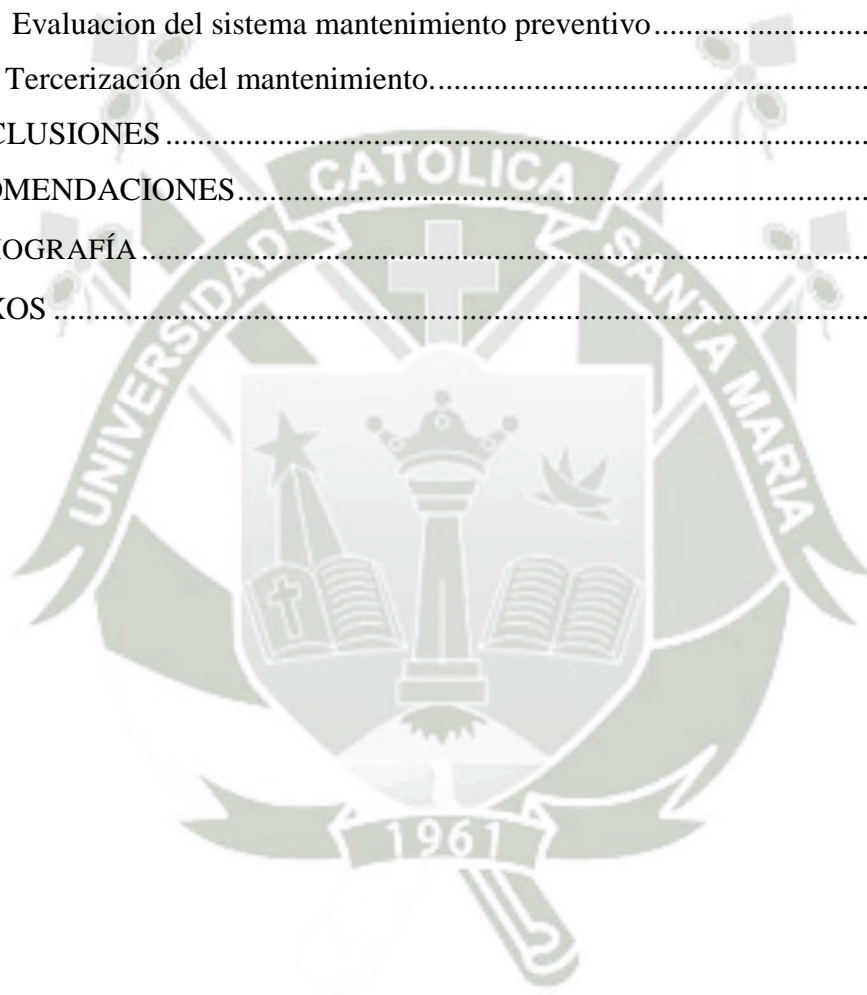
ÍNDICE

RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
CAPITULO I PLANTEAMIENTO TEÓRICO	1
1.1. Identificación del problema	1
1.2. Descripción del problema	1
1.3. Formulación de interrogantes	3
1.3.1. Interrogante general.....	3
1.4. Objetivos de la investigación.....	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos Específicos.....	3
1.5. Justificación	4
1.5.1. Relevancia científica	4
1.5.2. Relevancia social.....	4
1.6. Hipótesis	5
1.7. Variables e indicadores.....	6
1.8. Tipo de investigación.....	7
1.9. Nivel de investigación.....	7
1.10. Alcances y limitaciones	7
CAPITULO II MARCO CONCEPTUAL.....	8
2.1. Antecedentes Investigativos	8
2.2. Mantenimiento industrial.....	11
2.2.1. Objetivos del mantenimiento.....	13
2.2.2. Tipos de mantenimiento	16
2.2.3. Mantenimiento preventivo	17
2.2.4. Pasos para desarrollar un plan de mantenimiento preventivo:.....	20
2.2.5. Responsable del mantenimiento preventivo.....	23
2.2.6. Métodos para prevención de fallas.....	24
2.2.7. RCM o Reliability Centred Maintenance.....	26
2.2.8. ¿Qué equipos se deben inspeccionar?	30

2.2.9. ¿Qué partes deben inspeccionarse?	31
2.2.10. Tipos de inspección.....	32
2.2.11. Frecuencia de las inspecciones.....	35
2.2.12. Elementos del plan de mantenimiento preventivo.	39
2.2.13. Costos del mantenimiento	46
2.3. Marco legal vigente	51
2.4. Empresa metalmecánica.....	54
CAPITULO III PLANTEAMIENTO OPERACIONAL.....	57
3.1. Técnicas	57
3.2. Instrumentos.....	57
3.3. Campo de verificación - Ubicación espacial.....	57
3.3.1. Precisión del lugar	57
3.3.2. Características del lugar	58
3.3.3. Delimitación geográfica	58
3.4. Ubicación temporal.....	58
3.5. Unidades de estudio	58
3.6. Estrategia de recolección de datos.....	58
3.6.1. Organización	58
3.7. Recursos	59
3.7.1. Potencial humano	59
3.7.2. Recurso institucional	59
3.7.3. Materiales	59
3.7.4. Financieros	59
3.8. Cronograma de trabajo.....	60
CAPITULO IV ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA EMPRESA	61
4.1. Reseña histórica de la empresa.....	61
4.2. Visión y misión.	61
4.3. Política de calidad	62
4.4. Política de Seguridad.....	62
4.5. Política Ambiental.....	63
4.6. Políticas de mantenimiento	64
4.7. Infraestructura	67

4.8. Organización de la empresa	69
4.8.1. Recursos humanos de la empresa	70
4.9. Nuevo organigrama funcional de la empresa.....	70
4.9.1. Recursos humanos de la empresa	70
4.10. Recursos humanos para el departamento de mantenimiento preventivo	71
4.11. Características de la producción de la empresa	76
4.12. FODA de la empresa.....	77
4.13. Resultados del cuestionario aplicado a los colaboradores de la empresa	78
CAPITULO V	90
DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA	90
5.1. Codificación de máquinas y equipos	90
5.2. Inventario de máquinas y equipos.....	92
5.3. Análisis de criticidad.....	95
5.4. Diagnóstico final del mantenimiento actual de la empresa	105
5.5. Sección de mecanizado.	111
5.5.1. Tornos paralelos.	111
5.5.2. Taladro Radial MEC-TR-01	118
5.5.3. Fresadoras MEC-FR-01 y MEC-FR-02.	122
5.6. Instalaciones eléctricas e hidráulico sanitarias	126
5.6.1. Instalaciones eléctricas	126
5.6.2. Instalaciones hidráulico-sanitarias	128
5.7. Almacenes e infraestructura general	129
5.7.1. Almacenes	129
5.7.2. Mantenimiento a la infraestructura en general	131
5.8. Equipos de cómputo y audiovisuales	132
5.8.1. Mantenimiento a los equipos de cómputo	132
5.8.2. Mantenimiento a equipos audiovisuales.....	134
5.9. Mantenimiento a equipos de seguridad	135
5.10. Cronograma anual de mantenimiento	136
5.11. Indicadores de desempeño en el mantenimiento aplicado a la empresa	139
5.11.1. Tiempo medio entre fallas (MTBF)	139

5.11.2. Tiempo medio para reparar (TMPR).....	140
5.11.3. Disponibilidad	141
5.12. Indicadores de eficiencia del desempeño.....	141
5.12.1.Costos de Mantenimiento (2016) – Mantenimiento Correctivo- Actual	142
5.13.Costos de mantenimiento previstos. (mantenimiento preventivo.....	144
5.14. Implementacion plan de mantenimiento preventivo	147
5.14.1.Impactos del plan mantenimiento preventivo	147
5.14.2.Estructura de costos.....	149
5.15. Evaluacion del sistema mantenimiento preventivo.....	151
5.16. Tercerización del mantenimiento.....	157
CONCLUSIONES	159
RECOMENDACIONES.....	161
BIBLIOGRAFÍA	162
ANEXOS	164



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables e indicadores	6
Tabla 2. Tipos de Mantenimiento	16
Tabla 3. Cronograma de trabajo	60
Tabla 4. Recursos humanos de la empresa	70
Tabla 5. ¿Cómo considera que el mantenimiento es visto por el resto de la empresa? ..	78
Tabla 6. ¿Cómo considera la atención que se le da al departamento de mantenimiento por los administrativos?	79
Tabla 7. ¿Cómo considera al sistema actual con que administran el mantenimiento? ...	80
Tabla 8. ¿Cómo considera las funciones del área de mantenimiento?	81
Tabla 9. ¿En qué grado se desarrolla el mantenimiento preventivo dentro de la empresa?	82
Tabla 10. ¿Cómo considera el tiempo destinado a mantenimiento preventivo mensualmente?.....	83
Tabla 11. ¿Cómo considera la planeación del mantenimiento del equipo?.....	84
Tabla 12. ¿Cómo considera el costo por mantenimiento?	85
Tabla 13. ¿Cómo considera los gastos por mantenimiento correctivo?	86
Tabla 14. ¿Qué grado de mantenimiento correctivo existe en comparación al mantenimiento preventivo?.....	87
Tabla 15. ¿En qué grado se desarrolla el mantenimiento predictivo dentro de la empresa?	88
Tabla 16. ¿Cómo considera el tiempo destinado a mantenimiento predictivo mensualmente?.....	89
Tabla 17. Inventario de equipos del área de manufactura y pintado	92
Tabla 18. Inventario de equipos y mobiliario del resto de áreas de la empresa	95
Tabla 19. Valores para la tasa de marcha	96
Tabla 20. Valores para equipo auxiliar	96
Tabla 21. Valores de influencia del equipo en el proceso	97
Tabla 22. Valores para la influencia en la calidad final del producto	97
Tabla 23. Valores según costo mensual de mantenimiento (En soles)	97
Tabla 24. Valores para el número de horas de paro por mes.....	98

Tabla 25. Valores según grado de especialización del equipo	98
Tabla 26. Valores de influencia del equipo sobre la seguridad industrial	98
Tabla 27. Matriz de criticidad para las máquinas	100
Tabla 28. Matriz de criticidad ordenada para las máquinas y equipos de las áreas de manufactura y pintado	101
Tabla 29. Matriz de criticidad ordenada para los equipos y mobiliarios del resto de áreas de la empresa	102
Tabla 30. Índice de criticidad	103
Tabla 31. Análisis de Pareto	107
Tabla 32. Frecuencia de Mantenimiento.....	111
Tabla 33. Torno paralelo- inspección mecánica	115
Tabla 34. Torno paralelo- inspección eléctrica	117
Tabla 35. Taladro radial- inspección mecánica	120
Tabla 36. Taladro radial- inspección eléctrica.....	121
Tabla 37. Fresadora- inspección mecánica	124
Tabla 38. Fresadora- inspección eléctrica.....	125
Tabla 39. Cronograma anual de mantenimiento	137
Tabla 40. Tiempo medio entre fallas	140
Tabla 41. Tiempo medio para reparar.....	140
Tabla 42. Disponibilidad.....	141
Tabla 43. Estructura de costos 2016	143
Tabla 44. Estructura de costos	150
Tabla 45. Estructura de costos anuales	152
Tabla 46. Costo comparativo de alternativa A y alternativa B	154
Tabla 47. Tercerización del mantenimiento	157

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 ¿Cómo considera que el mantenimiento es visto por el resto de la empresa?	78
Gráfico 2 ¿Cómo considera la atención que se le da al departamento de mantenimiento por los administrativos?	79
Gráfico 3 ¿Cómo considera al sistema actual con que administran el mantenimiento?	80
Gráfico 4 ¿Cómo considera las funciones del área de mantenimiento?	81
Gráfico 5 ¿En qué grado se desarrolla el mantenimiento preventivo dentro de la empresa?	82
Gráfico 6 ¿Cómo considera el tiempo destinado a mantenimiento preventivo mensualmente?	83
Gráfico 7 ¿Cómo considera la planeación del mantenimiento del equipo?	84
Gráfico 8 ¿Cómo considera el costo por mantenimiento?	85
Gráfico 9 ¿Cómo considera los gastos por mantenimiento correctivo?	86
Gráfico 10 ¿Qué grado de mantenimiento correctivo existe en comparación al mantenimiento preventivo?	87
Gráfico 11 ¿En qué grado se desarrolla el mantenimiento predictivo dentro de la empresa?	88
Gráfico 12 ¿Cómo considera el tiempo destinado a mantenimiento predictivo mensualmente?	89
Gráfico 13 Criticidad de máquinas y equipos de las áreas de manufactura y pintado	104
Gráfico 14 Criticidad de máquinas y equipos del resto de áreas de la empresa	104
Gráfico 15: Costo año 2016	144
Gráfico 16: Análisis comparativo de la estructura de costos	151
Gráfico 17: Costo Comparativo Proyecto A – Proyecto B	153
Gráfico 18: Costo comparativo de alternativa A y alternativa B	154

ÍNDICE DE IMÁGENES

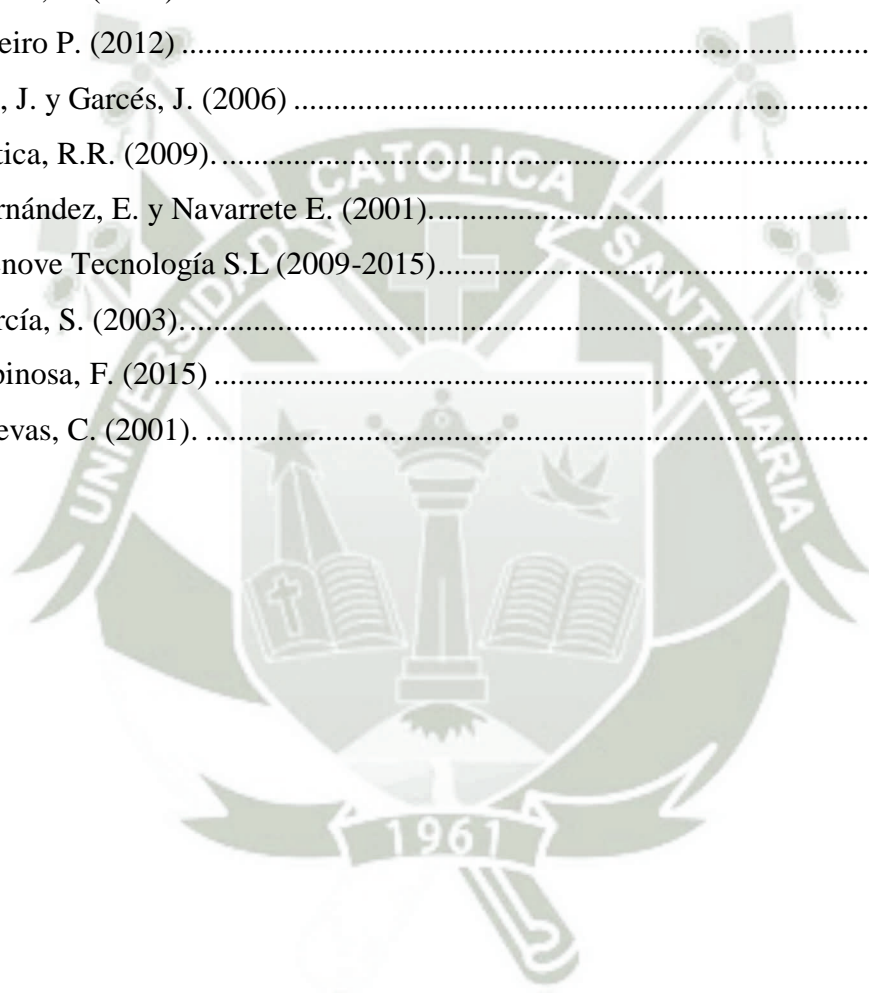
Imagen 1. Beneficios del Sistema Preventivo	19
Imagen 2. Fases del RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)	29
Imagen 3. Tipos de Inspecciones	36
Imagen 4. Ficha Técnica	40
Imagen 5. Registros históricos	41
Imagen 6. Ficha de mantenimiento preventivo	42
Imagen 7. Hoja de inspección	44
Imagen 8. Orden de trabajo	45
Imagen 9. Diagrama de selección de sistemas de mantenimiento	49
Imagen 10. Técnicas orientadas al mantenimiento industrial	50
Imagen 11. Distribución actual de la empresa	68
Imagen 12. Organigrama funcional de la empresa	69
Imagen 13. Codificación de máquinas y equipos	90
Imagen 14. Vista derecha de la distribución de las máquinas y equipos	93
Imagen 15. Vista posterior de la distribución de las máquinas y equipos	93
Imagen 16. Vista izquierda de la distribución de las máquinas y equipos	94

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Torno Paralelo Universal.....	165
Foto 2 Fresadora METBA MB-0.....	166
Foto 3. Taladro Radial MAS VO-32	168
Foto 4. Prensa hidráulica tipo H STENHOJ H 100	169
Foto 5. Dobladora de Plancha.....	170
Foto 6. Soldador MIG MILLER XMT304 / S-60.....	171
Foto 7. Soldadoras MIG / ALAMBRE TUBULAR (LINCOLN CV 400)	172
Foto 8. Soldador Arco Eléctrico OERLIKON GL-220	173
Foto 9. Compresora 2 HP 8GL CAMPBELL.....	174
Foto 10. Esmeril Moladora de 4 MARCA BLACK + DECKER DE 820W	175
Foto 11. Taladro con herramientas BLACK AND DECKER 550W	176
Foto 12. Sierra caladora GST 65 BE	177
Foto 13. Computadora INTEL CORE I3	178
Foto 14. LAPTOP HP 240 G3 - 14 PULGADAS	178
Foto 15. Televisor SMART HD 40" SAMSUNG.....	180
Foto 16. Impresora HP LASERJET PRO P1102W.....	181
Foto 17. Estantes de ángulo ranurado.....	183
Foto 18. Mesa de metal.....	184

ÍNDICE DE REFERENCIAS

1.Lora, M. y Pérez, H. (2010)	1
2.Olarte, W., Botero, M. y Cañón, B. (2010)	2
3.Sierra, G. (2004).	8
4.Donayre, E. (2014).....	9
5.Cáceres, A. (2015).....	10
6.Rey, F. (2001)	12
7.Fuentes, F. (2015)	13
8.Oliveiro P. (2012)	17
9.Ríos, J. y Garcés, J. (2006)	17
10.Gatica, R.R. (2009).	18
11.Hernández, E. y Navarrete E. (2001).....	23
12. Renove Tecnología S.L (2009-2015).....	27
13.García, S. (2003).....	38
14.Espinosa, F. (2015)	46
15.Cuevas, C. (2001).	47



RESUMEN

El presente estudio tiene por objetivo proponer un plan de mantenimiento preventivo y RCM como estrategia de optimización del desempeño en una empresa metalmecánica, Arequipa, 2016. Se contó con la participación de la empresa metalmecánica tipo “Metalsur”. El instrumento a utilizar fue una ficha de análisis documental representada por una lista de cotejo o check list para verificar el cumplimiento de los estándares de mantenimiento en la empresa metalmecánica.

Finalizada la investigación se obtuvieron las siguientes conclusiones principales: El diagnóstico situacional de las condiciones de los equipos de la empresa, tras concluir el análisis de criticidad de los equipos pudo evidenciar que no se administra adecuadamente el mantenimiento de la maquinaria limitándose a realizar sólo mantenimiento correctivo. La empresa metalmecánica “Metalsur” no utiliza ningún tipo de indicadores de mantenimiento el año 2016, proponiéndose recién su medición para el año 2017. Tras realizar el diagnóstico del mantenimiento de la empresa Metalmecánica, se concluye que la empresa Metalsur aplica únicamente un mantenimiento correctivo, el cual sólo cumple con las emergencias que puedan presentarse, presentando serias deficiencias en cuanto al cumplimiento del objetivo principal de la empresa que es realizar trabajos de mantenimiento a otras empresas y clientes con la mejor calidad y con la más alta eficiencia. El análisis de la producción de la empresa mostró que existe una mejora en la eficiencia del desempeño de 23,3765 soles o su equivalente a un ahorro de 22.6% con respecto a los gastos del año 2016, siendo este optimizado.

Palabras clave: mantenimiento preventivo, RCM, optimización del desempeño.

ABSTRACT

The present study aims to propose a preventive maintenance plan and RCM as a strategy of performance optimization in a metalworking company, Arequipa, 2016. Metallurgical company "Metalsur" was involved. The instrument to be used was a document analysis sheet represented by a checklist or check list to verify compliance with the maintenance standards in the metalworking company.

After the investigation the main conclusions were obtained: Situational diagnosis of the conditions of the company's equipment, after concluding the analysis of criticality of the equipment could show that the maintenance of the machinery is not properly managed, being limited to only performing corrective maintenance. The metallurgical company "Metalsur" does not use any type of maintenance indicators in 2016, only proposing its measurement for 2017. After carrying out the diagnosis of the maintenance of the company Metalmecánica, it is concluded that Metalsur only applies corrective maintenance, Which only complies with the emergencies that may arise, presenting serious deficiencies in the fulfillment of the main objective of the company that is to carry out maintenance work to other companies and clients with the best quality and with the highest efficiency. The analysis of the production of the company showed that there is an improvement in the efficiency of the performance of 23,3765 soles or its equivalent to a saving of 22-6% with respect to the expenses of the year 2016, being this optimized.

Key words: preventive maintenance, RCM, performance optimization.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las empresas manufactureras se han visto obligadas a mejorar su competitividad para ofrecer una entrega oportuna y precisa de productos de alta calidad. Esta exigencia ha obligado a los dueños de las empresas a optimizar al máximo todos los sistemas que participan en el proceso de producción, para de esta forma satisfacer los altos requerimientos de los clientes.

Es así que la planificación y gestión de los procesos son los aspectos que han tomado mayor preponderancia, sean en pequeñas, medianas y grandes organizaciones, sobre todo considerando que el giro de algunas organizaciones es la metalmecánica ya que los clientes al solicitar la elaboración del producto no sólo pagan por este sino por el proceso que lo soporta. La industria metalmecánica es el sector que comprende las maquinarias industriales y las herramientas proveedoras de partes a las demás industrias metálicas, siendo su insumo básico el metal y las aleaciones de hierro, para su utilización en bienes de capital productivo, relacionados con el rubro.

La planeación y la gestión de los procesos son parte esencial del ámbito del mantenimiento industrial, ya que tienen por objetivo asegurar que todas las acciones destinadas a preservar y cuidar los activos fijos se ejecuten bajo estándares determinados de calidad.

El mantenimiento preventivo mantiene en funcionamiento los equipos mediante la supervisión de planes a realizarse en puntos específicos. Este mantenimiento también es conocido como “mantenimiento planificado”, “mantenimiento proactivo” o

“mantenimiento basado en el tiempo pues se trabaja con datos de los fabricantes o con estadísticas sobre las fallas más comunes en los equipos”, aquí el término “planificado” es la base del significado del mantenimiento preventivo.



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1. Identificación del problema

La empresa Metalmecánica ubicada en la ciudad de Arequipa, expertos en diseño y desarrollo de estructuras metálicas y casas prefabricadas en sistema drywall y madera, cuenta con personal profesional y técnico altamente calificado que constituye su mayor respaldo de experiencia y calidad profesional. Sin embargo, esta empresa aún presenta áreas poco desarrolladas como es el caso del mantenimiento preventivo de sus equipos, que son imprescindibles para el trabajo diario.

1.2. Descripción del problema

El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantienen o se restablece a un estado en el que puede realizar las funciones designadas. Es un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa. (Lora & Pérez , 2010)

La principal salida de producción son los productos terminados. Una salida secundaria es la falla de un equipo, la cual genera una demanda de mantenimiento. Esta falla es tomada por el sistema de mantenimiento como una entrada y para que se la corrija se le agrega conocimiento experto, mano de obra y refacciones, produciendo así un equipo en buenas condiciones que ofrece una capacidad de producción.

Es por ello que el mantenimiento preventivo y el Mantenimiento Centrado en confiabilidad (RCM) juegan un papel primordial en cualquier organización industrial.

Con el paso de los años, los empresarios han entendido la importancia que tiene el correcto funcionamiento de los equipos en los sistemas de producción con respecto a las ganancias de sus organizaciones. Por tal motivo invierten parte de sus recursos para mejorar su área de mantenimiento contratando personal altamente calificado que planifique actividades de prevención y detección de fallas que les permita garantizar la operación óptima de su proceso de producción facilitando con esto el éxito del Sistema de Gestión y evitando pérdidas en materias primas y paradas de producción (Olarte, Botero, & Cañón, 2010).

La empresa Metalmecánica, presenta serios problemas con sus equipos los cuales le viene originando paradas en la línea de producción, demoras en las entregas de los pedidos y quejas y pérdida de los clientes. Además, existen otros problemas como la imposibilidad de poder acceder a una norma de calidad que garantice su proceso productivo al carecer de un área de mantenimiento. En la ciudad de Arequipa la mayoría de empresas metalmecánicas realizan mantenimientos correctivos y preventivos, sin embargo algunas como MIM SRL, IMCO, Farelmare e Impromere ya utilizan el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

Esto se debe a que la función del mantenimiento debe verse en la actualidad como un elemento estratégico que permita asegurar y elevar la competitividad empresarial de manera tal que pueda asegurarse la disponibilidad de los equipos, mejorando el mantenimiento de los equipos e instalaciones de la empresa Metalmecánica de una manera permanente.

1.3. Formulación de interrogantes

1.3.1. Interrogante general

¿Cuáles son las características requeridas para proponer un plan de mantenimiento preventivo como estrategia de optimización del desempeño para una empresa metalmecánica, Arequipa, 2016?

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

- Proponer un plan de mantenimiento preventivo y RCM como estrategia de optimización del desempeño en una empresa metalmecánica, Arequipa, 2016.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico situacional de las condiciones de los equipos de una empresa metalmecánica, Arequipa, 2016.
 - Evaluar los principales indicadores de mantenimiento en una empresa metalmecánica, Arequipa, 2016.
- Proponer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la preservación del equipo y las instalaciones de una empresa metalmecánica, Arequipa, 2016.
- Optimizar el desempeño de una empresa metalmecánica, Arequipa, 2016.

1.5. Justificación

1.5.1. Relevancia científica

Gracias a la globalización de los mercados, hoy en día, la mayoría de las empresas producen en cadena y esto les implica contar con planes de mantenimiento que les permita conservar sus equipos en las mejores condiciones para así poder suplir con toda la demanda requerida por los consumidores. (Olarte, Botero, & Cañón, 2010)

Sobre la base de este concepto es que el presente trabajo investigativo pretende diseñar un plan de mantenimiento preventivo en la industria Metalmecánica.

Para ello hará uso de las herramientas de ingeniería de acuerdo a las normas establecidas y bajo el rigor científico para proponer el plan de mantenimiento.

1.5.2. Relevancia social

La eficiencia y la competitividad no solo tienen que ver con movimientos contables y financieros sino con un cuidadoso y responsable manejo del tiempo y trabajo desperdiciados producto de accidentes y mantenimiento.

El objetivo primordial del mantenimiento no es sólo preservar el correcto funcionamiento de los equipos y la infraestructura, sino además la integridad física de los trabajadores, que podría verse afectada por el mal funcionamiento de un equipo. Básicamente permite también prevenir los accidentes laborales y sirve para garantizar condiciones favorables en el ambiente en el que se

desarrolle la actividad laboral, permitiendo así, aunado a otros aspectos, mantener un nivel óptimo en la salud de los trabajadores.

Es obvio también, que el mantenimiento juega un papel muy importante en la Responsabilidad Social empresarial que toda empresa debe a sus trabajadores y a la sociedad, con el objetivo de mejorar la situación competitiva y el valor añadido, considerando este aspecto como más que el simple aumento de la productividad.

Un aseguramiento de la calidad de un proceso gracias a su adecuado mantenimiento conllevará a generar mayor seguridad para el trabajador, menor riesgo de accidentes laborales, mayor rendimiento del trabajador, etc.

Cabe resaltar también que se cuentan con los recursos técnicos y económicos para llevar adelante la presente investigación.

1.6. Hipótesis

Es probable que diseñar un plan de mantenimiento preventivo y RCM de los equipos e infraestructura optimice el desempeño en una empresa metalmecánica.

1.7. Variables e indicadores

Tabla 1. Variables e indicadores

VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	INDICADORES	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	DESCRIPCIÓN OPERATIVA
Plan de mantenimiento preventivo y RCM	V. Independiente (vx)	1. Análisis de criticidad 2. Plan de mantenimiento	Es aquel que se realiza de manera anticipada con el fin de prevenir el surgimiento de averías en los artefactos, equipos electrónicos, vehículos automotores, maquinarias pesadas, etcétera	Cumplimiento de los estándares de mantenimiento en la empresa metalmecánica
Desempeño	V. Dependiente (vy)	3. Indicadores de mantenimiento 4. Estándares de desempeño	Desarrollo de las tareas y actividades de un empleado, en relación con los estándares y los objetivos deseados por la organización.	Registro y evaluación del desempeño

Fuente: Elaboración propia

1.8. Tipo de investigación

La investigación será cuantitativa, bivariada, descriptiva relacional y transversal.

1.9. Nivel de investigación

La presente investigación permitirá la descripción de un plan de mantenimiento preventivo y RCM, relacionándolo con el desempeño de la empresa Metalmecánica, Arequipa, 2016.

1.10. Alcances y limitaciones

El estudio tendrá como centro de alcance el área de la empresa metalmecánica en cuestión, la misma que presenta la problemática más álgida y que exige una solución inmediata.

Son limitaciones, el acceso al nombre real de la empresa para poder así acceder a su información confidencial y privada, así como la prohibición a tomar fotos o filmar videos dentro de los ambientes de la organización.

La disposición de algunos de los directivos de la empresa para colaborar con la presente investigación por motivos de tiempo.

CAPITULO II MARCO CONCEPTUAL

2.1. Antecedentes Investigativos

SIERRA ÁLVAREZ, Gabriel de la Universidad Industrial de Santander en el año 2004 elaboró la investigación titulada “Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica industrias AVM S.A.”, en el que describe la elaboración e implementación del programa de mantenimiento preventivo para las máquinas y equipos críticos que intervienen en el proceso de producción de la empresa metalmecánica Industrias AVM S.A.

La implementación del programa de mantenimiento preventivo en Industrias AVM S.A., tiene como objetivo garantizar la disponibilidad y confiabilidad operacional de los equipos de la planta de producción, de una manera eficiente y segura, con el fin de contribuir en el cumplimiento de la política de calidad establecida por la empresa.

Se realizó en primer lugar el diagnóstico de la función de mantenimiento en Industrias AVM S.A., describiendo las fortalezas y debilidades al respecto. Posteriormente se elaboró el modelo para la administración del mantenimiento en la empresa. Este modelo cuenta con un sistema de información que permite llevar el mantenimiento de una manera organizada y controlada. Durante la implementación se realizó el inventario y codificación de los equipos, seguidamente se determinó el índice de criticidad para cada uno de ellos. Con base en los equipos críticos se diseñó el programa de mantenimiento preventivo que está conformado por el mantenimiento autónomo, las inspecciones periódicas programadas, ajustes menores y las actividades de lubricación por equipo. Al final se presenta los indicadores de mantenimiento que

permiten evaluar el desempeño del programa y realizar los ajustes y correcciones pertinentes. (Sierra, 2004)

DONAYRE VELAZCO, Enzo Jair en la UPC, el año 2014 desarrolló el trabajo “Propuesta de diseño de un sistema de gestión de mantenimiento para una empresa de servicios de elevación de Lima”. En este trabajo el autor comprobó que durante el año 2013, la empresa tuvo a cargo el mantenimiento de 50 elevadores divididos en frecuencias de mantenimiento mensuales y bimestrales. En base a este universo de equipos, la organización esperaba recaudar cierto monto por carácter de mantenimiento preventivo. Sin embargo, la empresa no pudo recaudarlo produciéndose así una pérdida económica. Para la solución de este problema, se inició por la búsqueda de las causas raíces del mismo a través del Diagrama del árbol. Después de dicho análisis, se planteó un plan de acción que consiste en un análisis estratégico del mantenimiento a través de una matriz FODA y un análisis de su cadena de valor que tienen por objetivo enmarcar las causas identificadas. Después de ello, se plantearon y desarrollaron una serie de tareas tales como la formulación de políticas y objetivos para encausar las operaciones de mantenimiento, planeamiento de la gestión que permita contar con los recursos en cantidad y tiempo precisos, desarrollo de estrategias de mantenimiento para mejorar los niveles de servicio de los elevadores y presentación de indicadores para el control y medición de las actividades. Todo ello acompañado por la elaboración de registros, procedimientos y documentos. Cabe indicar que la solución general se desarrollará en base al método de solución de problemas o método PEVA. (Donayre, 2014)

CÁCERES NÚÑEZ, Augusto Emilio Carlos; en el año 2015 en la UCSM, investigó sobre el “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para

la empresa Fagoma S.A.C. Arequipa 2014”. Para la realización de este trabajo, el investigador se involucró en las experiencias diarias de los diversos procesos de la empresa pudiendo observar la problemática la cual ha sido documentada y analizada. Este proceso le permitió proponer un nuevo procedimiento en las labores de mantenimiento. Los programas de mantenimiento preventivo y predictivo que propone han tenido su inicio en una exhaustiva adquisición de información de las máquinas haciendo uso de manuales, historiales, entrevistas y encuestas al personal y supervisores relacionados directamente con las máquinas analizadas logrando determinar mediante un análisis de criticidad. Dichos programas contemplan rutinas de mantenimiento diario, mensual y anual según las necesidades de cada una de las máquinas analizadas. Luego, se aplicó los principales indicadores técnicos en la gestión de mantenimiento, los cuales al ser utilizados en la empresa, permiten medir la gestión y dar una referencia objetiva de cómo está su comportamiento. Paso seguido, el investigador realizó un análisis de costos comparando la situación anterior frente a los programas de mantenimiento propuestos haciéndose evidente un ahorro económico con estos últimos. Finalmente, se concluyó que es factible la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo con la adecuada capacitación del personal operativo logrando con esto un ahorro económico y mejora de la disponibilidad de los equipos. (Cáceres, 2015)

Análisis de los antecedentes:

Cada uno de los antecedentes investigativos revisados, demostró la importancia y relevancia de la gestión de mantenimiento en las diversas empresas donde se implementó.

Sin embargo, se observó también en la mayoría de investigaciones que sirven de antecedentes para la presente tesis, si bien la gestión de mantenimiento es prácticamente obligatoria para una adecuada y moderna gestión de cualquier empresa moderna, esta obliga a que el personal y los procesos de la empresa se adecúen al cambio, por lo que debe ser tomado como un proceso que debe desarrollarse paso a paso y en forma cíclica y retroalimentada.

Queda claro, que la implementación de un plan de mantenimiento en una empresa disminuirá la tasa de para y mejorará la rentabilidad de las empresas al brindar al colaborador, equipo e infraestructura mejores condiciones de trabajo.

Como se observa en la tesis de Cáceres Núñez, con la aplicación del plan de mantenimiento se ha realizado un análisis de costos comparando la situación anterior frente a los planes de mantenimiento propuestos haciéndose evidente un ahorro económico con estos últimos siendo factible la aplicación de un plan de mantenimiento preventivo con la adecuada capacitación del personal operativo logrando con esto un ahorro económico y mejora de la disponibilidad de los equipos.

Es decir, la implementación de planes de mantenimiento, más que demandar un gasto para las organizaciones en realidad son ahorros futuros que repercutirán en la gestión económica financiera de la empresa positivamente.

2.2 . Mantenimiento industrial

Para Sierra el mantenimiento es la combinación de actividades por las que un equipo o un sistema se mantienen o se restablece a un estado en el que puede realizar las funciones para las que fueron diseñadas. Es un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa.

Las inconsistencias en la operación del equipo de producción dan por resultado una variabilidad excesiva en el producto y, en consecuencia, ocasionan una producción defectuosa. Para producir con un alto nivel de calidad, el equipo de producción debe operar dentro de las especificaciones, las cuales pueden alcanzarse mediante acciones oportunas de mantenimiento. (Olarte, Botero, & Cañón, 2010)

Según Rey, el mantenimiento industrial es el responsable de designar las técnicas que aseguran la correcta utilización de edificios e instalaciones y el continuo funcionamiento de la maquinaria productiva. (Rey, 2001)

Sierra también sostiene que un sistema es un conjunto de componentes que trabajan de manera combinada hacia un objetivo común. El mantenimiento puede ser considerado como un sistema con un conjunto de actividades que se realizan en paralelo con los sistemas de producción. La producción tiene por objetivo convertir entradas o insumos, como materias primas, mano de obra y procesos, en productos que satisfacen las necesidades de los clientes. La principal salida de producción son los productos terminados.

Cada empresa necesita un servicio de mantenimiento adecuado a su proceso productivo y, en ningún caso, se puede adaptar un sistema aplicado en otra empresa sin los ajustes requeridos por las modalidades propias de cada compañía. (Olarte, Botero, & Cañón, 2010)

Para Boero (2012) [citado en (Fuentes, 2015)] los propósitos del mantenimiento son:

- Aumentar el buen funcionamiento de las instalaciones.
- Reducir costos.
- Prolongar la vida útil de los equipos.

- Contribuir a mejorar la calidad.
- Mejorar la seguridad del personal.
- Contribuir al cuidado del medio ambiente.
- Evitar toda clase de pérdidas.

A la luz de estos propósitos, el mantenimiento no solo repara las averías que se producen sino que interviene y tiene un papel importante en el desarrollo de la industria (Fuentes, 2015).

2.2.1. Objetivos del mantenimiento

La responsabilidad fundamental del mantenimiento es contribuir al cumplimiento de los objetivos de la empresa o entidad la cual forma parte. Para ello, los objetivos del mantenimiento deben establecerse dentro de la estructura de los objetivos generales de la empresa.

Los objetivos del Mantenimiento son según (Sierra, 2004):

- Maximizar la disponibilidad de la maquinaria y equipo necesario para la actividad productiva.
- Preservar o conservar el "valor" de la planta y de su equipo, minimizando el desgaste y el deterioro.
- Cumplir estas metas, tan económicamente como sea posible.

El plan acción del mantenimiento para cumplir estos objetivos, se genera a través, del desempeño de un cierto número de actividades o funciones que se pueden dividir en dos grupos:

Funciones primarias:

- Mantenimiento del equipo. Incluye: reparaciones, mantenimiento preventivo y reconstrucción.

- Mantenimiento de edificios.
- Lubricación y revisiones.
- Generación y distribución de servicios: Energía eléctrica, vapor, aire, agua potable, etc.
- Cambios de equipos y edificios.
- Nuevas instalaciones.
- Desarrollar una efectiva planeación y programación de los trabajos de Mantenimiento.
- Seleccionar y entrenar personal calificado para llevar a cabo las responsabilidades y deberes del mantenimiento.

Funciones secundarias

- Asesores en la compra de nuevos equipos y procesos, con el propósito de asegurar que ellos cumplan los requerimientos de mantenimiento.
- Iniciar las requisiciones de herramientas, materiales de mantenimiento, repuestos y equipo necesario para la actividad de mantenimiento.
- Preparar y realizar estudios de reposición de repuestos para la maquinaria y equipo de producción. Revisión de los puntos de reposición, inventarios mínimos etc.
- Manejar los almacenes de repuestos.
- Supervisar y/o ejecutar las labores en limpieza y recolección de basuras y desperdicios.
- Administración y/o colaboración en la administración de la seguridad industrial.
- Contabilidad e inventario de los activos.

- Control de la contaminación: ruido, polvos, desechos. (Sierra, 2004)

Según Boero (2012) [citado en (Fuentes, 2015)] los objetivos parciales del mantenimiento pueden establecerse según los siguientes conceptos y constituciones:

a) Maximizar la producción:

- Mantener la capacidad de las instalaciones.
- Asegurar la máxima disponibilidad de las instalaciones.
- Reparar las averías con el mínimo de tiempo y costo.

b) Minimizar costos:

- Reducir al máximo las averías.
- Prolongar la vida útil de las instalaciones.
- Reducir las existencias de repuestos.
- Reposición de los equipos en el momento adecuado.
- Colaboración en la optimización de los procesos.
- Productividad del personal de mantenimiento.

c) Calidad exigida:

- Mantener el funcionamiento regular de producción, sin paros.
- Eliminar las averías que afectan la calidad del producto.
- Mantener los equipos para asegurar la calidad requerida.

d) Preservar la energía:

- Conservar en buen estado cañerías e instalaciones auxiliares.
- Eliminar paros y puestas en marcha.
- Controlar rendimientos energéticos de los equipos

e) Conservación del medio ambiente:

- Eliminar posibilidades de fuga de contaminantes.
- Evitar averías en instalaciones correctoras de poluciones.

f) Higiene y Seguridad:

- Mantener las protecciones de los equipos.
- Adiestrar al personal sobre riesgos de accidentes.

Se puede apreciar que no es posible instrumentar todas las acciones detalladas simultáneamente, dependerá de la planta dar las prioridades a seguir ⁷.

2.2.2. Tipos de mantenimiento

Existen diferentes tipos de mantenimiento, siendo la comparación de los logros o beneficios obtenidos de ellos el mejor camino para definir su aplicabilidad. Así, se hace una división de los diferentes tipos de mantenimiento, distintos en cuanto a forma, no así en sus fines: lograr resultados que abaratan los costos.

Tabla 2. Tipos de Mantenimiento

Mantenimiento Correctivo	Una acción
Mantenimiento Progresivo	Recomendación del fabricante
Mantenimiento Programado <ul style="list-style-type: none"> • Periódico • Sistemático 	Metodología
Mantenimiento con Proyecto	Ingeniería de Proyectos
Mantenimiento Preventivo	Una Filosofía
Mantenimiento Predictivo	Una Tecnología
Mantenimiento Productivo	Una Estrategia
Mantenimiento Total	Un Ideal.

Fuente: GONZÁLEZ, Carlos Ramón, Ingeniería de mantenimiento, Cap III.

En la presente tesis sólo se tomará en cuenta los mantenimientos Preventivo y RCM.

Según Oliveiro un sistema de gestión de mantenimiento busca garantizar a los clientes internos y externos, que el parque industrial esté disponible, cuando lo requieran con disponibilidad y confiabilidad durante el tiempo necesario para operar, con los requisitos técnicos y tecnológicos exigidos, para producir bienes o servicios que satisfagan las condiciones, deseos o requerimientos de los clientes, en cuanto a la calidad, cantidad y tiempo solicitados, en los momentos oportunos, al menor costo posible y con los mejores índices de productividad (Oliveiro, 2012).

En la práctica real del mantenimiento industrial solo existen dos tipos o formas de realizar un mantenimiento.

2.2.3. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es la ejecución de un sistema de inspecciones periódicas programadas racionalmente sobre el activo fijo de la planta y sus equipos con el fin de detectar condiciones y estados inadecuados de esos elementos que puedan ocasionar circunstancialmente paros en la producción o deterioro grave de máquinas, equipos o instalaciones, y realizar en forma permanente el cuidado de mantenimiento adecuado de la planta para evitar tales condiciones, mediante la ejecución de ajustes o reparaciones, mientras las fallas potenciales están en estado inicial de desarrollo. (Ríos & Garcés, 2006).

Según Duffuaa, Raouf y Campbel (2012) [citado en (Fuentes, 2015)] define esta forma de mantenimiento como el aseguramiento de que una instalación, un sistema de equipos, una flotilla u otro activo fijo continúen realizando las funciones para las que fueron creados. (Fuentes, 2015)

Según Gatica detalla una serie de preguntas a tomar en cuenta como base para elaborar un plan de mantenimiento preventivo:

- ¿Qué tengo? (Cuantos equipos funcionan en el área de producción).
- ¿Qué les debo hacer? (Tener una relación general de las actividades que son viables de aplicar).
- ¿Cuánto tiempo? (Definición por equipos).
- ¿Qué requiero? (Recursos humanos y materiales, según las actividades).
- ¿En qué momento? (Definición conjunta con producción) (Gática, 2009)

Según Boero (2012) [citado en (Fuentes, 2015)] este sistema implica conocer el estado actual de cada equipo y sus componentes. Mediante esta base se programa el mantenimiento correctivo en el momento más oportuno.

Las principales ventajas de este mantenimiento son las siguientes:

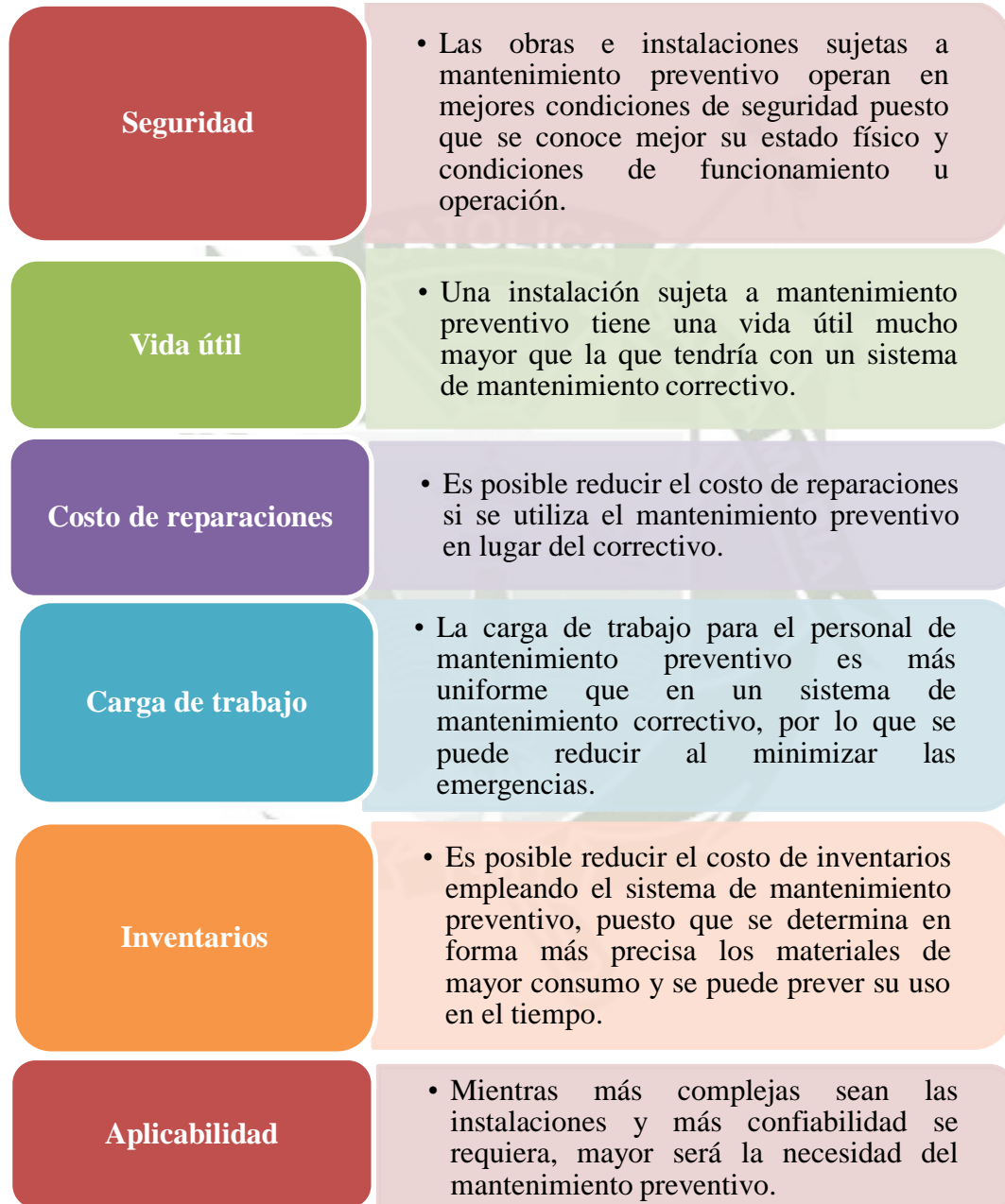
- Disminuir la frecuencia de las paradas.
- Aprovechar la intervención para realizar varias reparaciones.
- Realizar las intervenciones en los momentos más oportunos de producción y mantenimiento.
- Disponer de los utillajes y repuestos necesarios.
- Distribuir el trabajo de mantenimiento evitando excesos o bajas en las tareas del servicio.
- Evitar que las averías aumenten
- Será necesario implementar un sistema de seguimiento para cada equipo.

El objetivo del mantenimiento preventivo es aumentar al máximo la disponibilidad y confiabilidad del equipo llevando a cabo un mantenimiento

planeado, basado en las inspecciones planificadas y programadas de los posibles puntos a falla.

Una buena organización de mantenimiento que aplica el sistema preventivo obtiene los siguientes beneficios (Sierra, 2004):

Imagen 1. Beneficios del Sistema Preventivo



Fuente: Sierra, 2004

En resumen y considerando los costos directos e indirectos a mediano y largo plazo, se estima que una sana combinación de mantenimientos correctivo y preventivo puede reducir los costos en 40 a 50%. Hay que recordar que entre los costos indirectos están: pérdida de prestigio por incumplimiento de programas de producción y entregas, primas por accidentes, litigios y demandas, desmotivación a la calidad y productividad. (Sierra, 2004)

2.2.4. Pasos para desarrollar un plan de mantenimiento preventivo:

Tal como afirma (Sierra, 2004): el plan de mantenimiento preventivo debe ser hecho sobre medidas: medido y diseñado para satisfacer los requerimientos individuales. No hay dos plantas idénticas en tamaño, edad, localización, equipo y servicios; todas difieren en organización, políticas de operación y personal. Los problemas de mantenimiento preventivo son diferentes así como los problemas del mantenimiento y no responden al mismo tratamiento.

El papeleo o los sistemas que se apliquen son importantes pero puede costar más de lo que debiera si es de la clase errada. En general, para iniciar el establecimiento de un plan de mantenimiento preventivo se pueden tener en cuenta los siguientes pasos (Sierra, 2004):

a. Administración del plan. El primer paso en el desarrollo de un plan completo de mantenimiento preventivo consiste en reunir una fuerza de trabajo que inicie y ejecute el plan. Se designará a una sola persona como jefe de la fuerza de trabajo, además de que es esencial el compromiso de la dirección para el cumplimiento exitoso del plan. Después de anunciar el plan y formar la

organización necesaria para el mismo, la fuerza de trabajo deberá emprender la tarea de conformar el plan.

b. Inventario de las instalaciones. El inventario de las instalaciones es una lista de todas las instalaciones, incluyendo todas las piezas, de un sitio. Se elabora con fines de identificación. Se deberá elaborar una hoja de inventario de todo el equipo que muestre la identificación de éste, la descripción de la instalación, su ubicación, tipo y prioridad (importancia).

c. Identificación del equipo. Es esencial desarrollar un sistema mediante el cual se identifique de manera única a cada equipo de la planta. Se deberá establecer un sistema de códigos que ayude en este proceso de identificación. El código deberá indicar la ubicación, tipo y número de máquina.

d. Registro de las instalaciones. El registro de las instalaciones es un archivo (electrónico o en papel) que contiene los detalles técnicos acerca de los equipos incluidos en el plan de mantenimiento. Estos datos son los primeros que deben alimentarse al sistema de información de mantenimiento.

El registro del equipo (partida) debe incluir el número de identificación, ubicación, tipo de equipo, fabricante, fecha de fabricación, número de serie, especificaciones, tamaño, capacidad, velocidad, peso, energía de servicio, detalles de conexiones, detalles de cimiento, dimensiones generales, tolerancias, número de plano de referencia, número de referencia para los manuales de servicio, intercambiabilidad con otras unidades, etc.

e. Plan específico de mantenimiento. Debe elaborarse un plan específico de mantenimiento para cada pieza de equipo dentro del plan general. El plan es una lista completa de las tareas de mantenimiento que se van a realizar en el

equipo. El plan incluye el nombre y número de identificación del equipo, su ubicación, número de referencia del programa, lista detallada de las tareas que se llevarán a cabo (inspecciones, mantenimiento preventivo, reemplazos), frecuencia de cada tarea, tipo de técnicos requeridos para realizar la tarea, tiempo para cada tarea, herramientas especiales que se necesitan, materiales necesarios y detalles acerca de cualquier arreglo de mantenimiento por contrato.

g. Especificaciones del trabajo. La especificación del trabajo es un documento que describe el procedimiento para cada tarea. Su intención es proporcionar los detalles de cada tarea en el plan de mantenimiento. La especificación del trabajo deberá indicar el número de identificación de la pieza (equipo), ubicación de la misma, referencia del plan de mantenimiento, número de referencia de especificación del trabajo, frecuencia del trabajo, tipo de técnicos requeridos para el trabajo, detalles de la tarea, componentes que se van a reemplazar, herramientas y equipos especiales necesarios, planos de referencia, y manuales y procedimientos de seguridad a seguir.

h. Plan de mantenimiento. El plan de mantenimiento es una lista donde se asignan las tareas de mantenimiento a períodos de tiempo específicos. Cuando se ejecuta el plan de mantenimiento, debe realizarse mucha coordinación a fin de balancear la carga de trabajo y cumplir con los requerimientos de producción. Esta es la etapa en donde el plan de mantenimiento preventivo entra en ejecución.

i. Control del plan. El plan de mantenimiento preventivo debe ejecutarse según se ha planeado. Es esencial una vigilancia estrecha para observar cualquier desviación con respecto al plan. (Sierra, 2004)

Hernández y Navarrete definen a los indicadores como un parámetro numérico que facilita la información sobre un factor crítico identificado en la organización, en los procesos o en las personas respecto a las expectativas o percepción de los clientes.

Un indicador de gestión de mantenimiento son indicadores técnicos de control que están relacionados con la calidad de gestión o con la productividad del departamento, que permiten ver el comportamiento y el rendimiento operacional de las instalaciones, sistemas, equipos y que además miden la calidad de los trabajos. (Hernández & Navarrete, 2001)

2.2.5. Responsable del mantenimiento preventivo

Sierra afirma que al ser un campo tan amplio de atender, es necesario que el mantenimiento preventivo este bajo la responsabilidad de un Ingeniero, que a la vez tenga buenos conocimientos técnicos y sea un buen ejecutivo.

El ingeniero de mantenimiento preventivo debe tener en cuenta que establecer un plan de mantenimiento toma tiempo y que no debe esperar resultados inmediatos, sin embargo, al cabo de pocos meses verá gradualmente el progreso.

Un ingeniero de mantenimiento preventivo se encarga de elaborar los planes de renovación de las herramientas, garantizar las actuaciones de las herramientas para la optimización del mantenimiento preventivo, optimiza las tasas de disponibilidad de los equipamientos, supervisa el mantenimiento de

las instalaciones, estima el tiempo y los materiales necesarios para realizar las labores de mantenimiento y reparación, detecta fallas dificultades y/o problemas que se presenten durante la ejecución del trabajo y decide la mejor solución, prepara ordenes de ejecución de trabajos y elabora informes periódicos de las actividades realizadas.

El ingeniero de mantenimiento preventivo es un profesional que cuenta con un conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes para aplicar métodos, técnicas y herramientas en la administración del mantenimiento a instalaciones, maquinarias y equipo, en la mejora de los procesos productivos, en el desarrollo del personal y la aplicación de normas de calidad.

En las etapas preliminares el ingeniero se mantendrá lleno de responsabilidades, a menos que pueda delegar funciones como el trabajo de papeleo y el movimiento de records, reportes, etc., no podrá atender el conjunto de elementos que encontrará al principio de la investigación.

El ingeniero debe tener en cuenta para el éxito del plan de mantenimiento: el tamaño de la planta, la capacidad de los inspectores, mecánicos y ayudantes, adecuada ayuda de oficina, herramientas necesarias, reporte de anomalías y las condiciones vigentes de la fábrica y su equipo.

2.2.6. Métodos para prevención de fallas

Si el mecanismo dominante de falla se basa en el tiempo o se debe al desgaste, es decir, si la probabilidad de la falla aumenta gradualmente con el tiempo, la edad o el uso, entonces las tareas de mantenimiento tienen que basarse en el tiempo. Si, por otra parte, la probabilidad de una falla es constante independientemente del tiempo, la edad o el uso, y existe una degradación

gradual desde el principio de la falla, entonces las tareas de mantenimiento pueden basarse en las condiciones. Las tareas basadas en el tiempo se justifican si un restablecimiento o un reemplazo periódico de componentes restablecen el equipo al estado en que pueda realizar las funciones para las que fue creado. Esta tarea podría variar en complejidad desde una reparación general completa de toda la unidad hasta el simple reemplazo de un filtro.

Las tareas basadas en las condiciones, justificadas cuando se desconoce el enfoque de prevención de fallas, se centran en la medición de un parámetro que indique un deterioro o una degradación en el rendimiento funcional del equipo. Las mediciones y las inspecciones mismas pueden programarse regularmente, pero no las tareas de restauración. Estas mediciones pueden relacionarse directamente con la operación de la máquina, como la vibración, la temperatura durante el funcionamiento, el amperaje requerido, los contaminantes en el aceite de lubricación o el nivel del ruido, o puede ser una medida sustituta de la operación de la máquina, como la calidad del producto, sus dimensiones, patrones de desgaste o composición.

Si se consideran los rodamientos, por ejemplo, sólo un pequeño porcentaje de éstos fallan realmente durante el servicio y, de hecho, por lo general duran más tiempo que el equipo donde se instalan. La mayoría de las fallas de los rodamientos ocurren debido a una lubricación deficiente o inadecuada, a contaminantes sólidos o líquidos que entran en el rodamiento, o a un inadecuado manejo o montaje. Cuando los rodamientos se manejan, se montan, se alinean, se sellan y se lubrican correctamente y se mantienen fuera de temperaturas extremas, su modo predominante de falla es la fatiga

(envejecimiento). Por lo tanto, el mantenimiento preventivo sin intrusión con base en las condiciones es la elección lógica para el monitoreo de los rodamientos.

El mantenimiento basado en el tiempo (por ejemplo, reparaciones generales) es técnicamente factible si la pieza tiene una vida promedio identificable. La mayoría de las piezas sobreviven dicha edad y la acción restablece la condición de la pieza a su función deseada. El mantenimiento basado en las condiciones es técnicamente factible si es posible detectar condiciones o funcionamiento degradado, si existe un intervalo de inspección práctico, y si el intervalo de tiempo (desde la inspección a la falla funcional) es suficientemente grande para permitir acciones correctivas o reparaciones.

Debido a que los equipos complejos y sus componentes tendrán varias causas posibles de falla, es necesario desarrollar una serie de acciones de mantenimiento preventivo algunas basadas en condiciones y otras basadas en el tiempo para el mismo equipo, y consolidar éstas en un Plan de Mantenimiento Preventivo. El plan tendrá tareas agrupadas por periodicidad (es decir, diaria, semanal o anualmente, por horas de operación, por ciclos, etc.) y agrupadas por oficio (es decir, mecánico, electricista, operador, técnico, etc.).

2.2.7. RCM o Reliability Centred Maintenance

RCM o Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad/Confiabilidad) es una técnica más dentro de las posibles para elaborar un plan de mantenimiento en una planta industrial y que presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas. Inicialmente fue desarrollada para el sector de aviación, donde los altos costes derivados de la sustitución

sistemática de piezas amenazaban la rentabilidad de las compañías aéreas. Posteriormente fue trasladada al campo industrial, después de comprobarse los excelentes resultados que había dado en el campo aeronáutico. (S.L., (2009-2015))

Fue documentado por primera vez en un reporte escrito por F.S. Nowlan y H.F. Heap y publicado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América en 1978. Desde entonces, el RCM ha sido usado para ayudar a formular estrategias de gestión de activos físicos en prácticamente todas las áreas de la actividad humana organizada, y en prácticamente todos los países industrializados del mundo. Este proceso definido por Nowlan y Heap ha servido de base para varios documentos de aplicación en los cuales el proceso RCM ha sido desarrollado y refinado en los años siguientes. Muchos de estos documentos conservan los elementos clave del proceso original. Sin embargo el uso extendido del nombre “RCM” ha llevado al surgimiento de un gran número de metodologías de análisis de fallos que difieren significativamente del original, pero que sus autores también llaman “RCM”. Muchos de estos otros procesos fallan en alcanzar los objetivos de Nowlan y Heap, y algunos son incluso contraproducentes. En general tratan de abreviar y resumir el proceso, lo que lleva en algunos casos a desnaturalizarlo completamente.

Como resultado de la demanda internacional por una norma que establezca unos criterios mínimos para que un proceso de análisis de fallos pueda ser llamado “RCM” surgió en 1999 la norma SAE JA 1011 y en el año 2002 la norma SAE JA 1012.

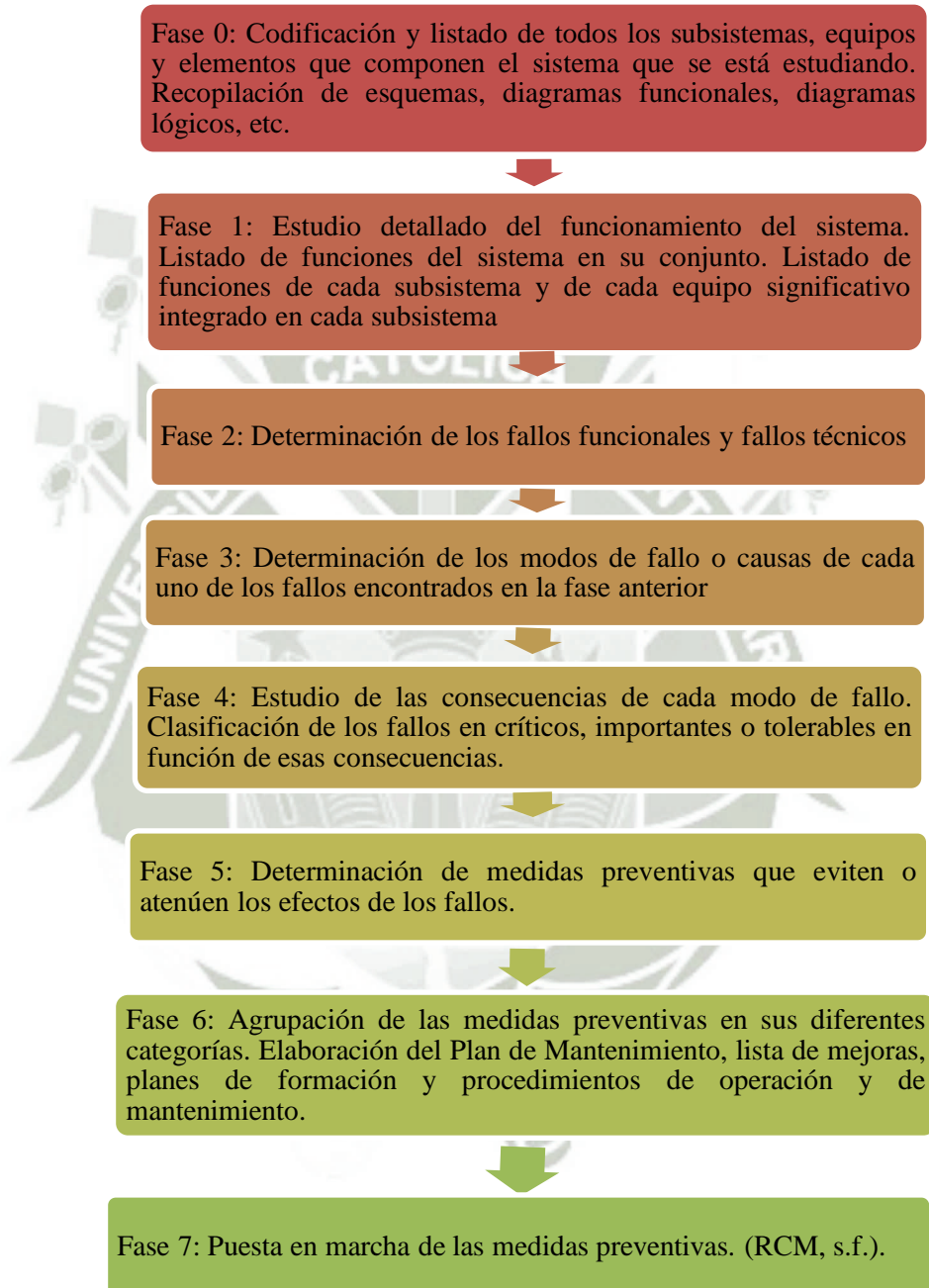
El objetivo fundamental de la implantación de un Mantenimiento Centrado en Fiabilidad o RCM en una planta industrial es aumentar la disponibilidad y disminuir costes de mantenimiento. El análisis de una planta industrial según esta metodología aporta una serie de resultados:

- Mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos y sistemas
- Analiza todas las posibilidades de fallo de un sistema y desarrolla mecanismos que tratan de evitarlos, ya sean producidos por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales.
- Determina una serie de acciones que permiten garantizar una alta disponibilidad de la planta.



La metodología en la que se basa RCM supone ir completando una serie de fases para cada uno de los sistemas que componen la planta, a saber:

Imagen 2. Fases del RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)



Fuente: Sierra 2004

2.2.8. ¿Qué equipos se deben inspeccionar?

Esto depende principalmente de las condiciones especiales de cada planta. Como regla general un buen plan de mantenimiento preventivo debe incluir la mayor parte de las instalaciones físicas de la planta.

Para llegar a una decisión sobre el particular, se debe hacer un análisis global y tomar como guías las respuestas que se dan a las siguientes preguntas (Sierra, 2004):

- ¿Es un equipo vital? Si su falla causa una pérdida de producción mayor a una avería costosa o daños al personal, se justifica incluirlo en el plan de mantenimiento preventivo.
- ¿Hay equipos de emergencia o reemplazo en caso de falla? Es posible poner en operación otro equipo para satisfacer la demanda de producción. En tal caso la necesidad de incluir tales equipos en el plan de mantenimiento preventivo depende de otros factores, tales como costo de la reparación o el valor del equipo.
- ¿El costo del mantenimiento preventivo es mayor que el costo de la parada de los equipos y los costos de reparaciones y reemplazo? Si el valor de parar una maquinaria para reparar o corregir una falla repetitiva no es menor que el costo total de la reparación, es difícil certificar la utilización del mantenimiento preventivo.
- ¿La vida normal del equipo de mantenimiento preventivo excede las necesidades de producción? Si el equipo ha de ser obsoleto antes de que se arruine por completo, el Mantenimiento Preventivo puede ser un gasto innecesario. (Sierra, 2004)

En el caso de equipo que no sea de operación la decisión de incluirlo en el plan de mantenimiento preventivo puede guiarse por la siguiente consideración:

Si la falta de mantenimiento o ajuste de un equipo va a producir, en caso de una falla, daños personales o a otros equipos o problemas en la producción, debe considerarse seriamente la posibilidad de incluirlo en el plan de mantenimiento preventivo.

Para poder determinar que equipos se deben incluir, es indispensable saber con qué maquinaria contamos, así que el primer paso a tomar es el de efectuar un inventario de toda la maquinaria. (Sierra, 2004)

2.2.9. ¿Qué partes deben inspeccionarse?

En toda empresa uno de los aspectos más importantes es el mantenimiento preventivo de los equipos, maquinarias e instalaciones, ya que un adecuado plan de mantenimiento preventivo aumenta la vida útil de éstos reduciendo la necesidad de los repuestos y minimizando el costo anual del material usado.

Sin un adecuado mantenimiento preventivo la maquinaria interrumpe su operación con mucha frecuencia, alterando considerablemente los programas de producción y fallándole a los clientes. En muchas ocasiones, provoca un incremento de la cantidad de material en proceso, lo que implica:

- Mayor espacio utilizado.
- Mayor inversión inmovilizada.
- Problemas de calidad en el producto acumulado.
- Personal desmotivado.

- Mayor desperdicio de materiales.
- Mayores costos en las reparaciones.

Por tanto puede decirse que el mantenimiento afecta a:

- La eficiencia.
- Los costos.
- La calidad.
- La confiabilidad.

Una vez decidido que equipo va a incluirse en el plan de mantenimiento preventivo, el paso siguiente es determinar que partes de cada equipo necesitan atención. En este estudio es donde se logra compaginar la teoría y la práctica del mantenimiento preventivo.

Las partes de cada equipo que se deben inspeccionar se determinan mediante la integración de la siguiente información

- Recomendaciones de los fabricantes.
- Manuales de servicio emitidos para cada equipo.
- Experiencia del personal de mantenimiento en general.
- Listas de recomendaciones suministrados por los mecánicos que ajustan regularmente los equipos; ellos pueden localizar una parte susceptible de desgaste o de perder ajuste bajo las condiciones locales, que no habían sido consideradas por el fabricante.
- Los registros históricos.

2.2.10. Tipos de inspección.

El paso siguiente consiste en la determinación de los requisitos de lubricación, mantenimiento mecánico y mantenimiento eléctrico.

Requerimientos de lubricación. Una vez que se ha determinado el empadronamiento de toda la maquinaria y se ha decidido que equipos formarán parte del plan de mantenimiento preventivo, se debe continuar con la revisión de lubricación del equipo para determinar los lubricantes adecuados y la frecuencia de lubricación.

Los elementos principales para la determinación de los requerimientos de lubricación son los siguientes (Sierra, 2004):

- Reconocimiento previo de los puntos de lubricación para seleccionar los mejores lubricantes y su frecuencia de aplicación.
- Reducir el número de lubricantes a unos pocos de buena calidad.
- Inspeccionar los dispositivos y sistemas de lubricación para asegurarse que están en buenas condiciones y son adecuados.
- Desarrollar un sistema para planear la lubricación que se adapte a las características de la planta, de forma que los lubricantes se apliquen debidamente con prontitud.
- Evitar la contaminación de los lubricantes durante su almacenamiento y manipulación. (Sierra, 2004)

Para establecer el plan de lubricación que sirva de base para la planeación, se debe utilizar las "cartas de lubricación" que permitan recoger la siguiente información:

- Descripción del equipo.
- Partes a lubricar.
- Sistemas de lubricación.
- Lubricante usado.
- Frecuencia de lubricación o análisis.
- Cantidad.

Mantenimiento mecánico. El mantenimiento mecánico cubre un campo muy extenso, ya que la mayoría de los sistemas tienen componentes y mecanismos que requieren de revisión y mantenimiento en condiciones de operación.

Un buen mantenimiento mecánico trae enormes ganancias porque permite mantener en óptimas condiciones el equipo productivo. Sin embargo no siempre se hacen las cosas bien, ya que muchas veces se utilizan repuestos de mala calidad.

El mantenimiento preventivo en la parte mecánica busca que los diversos elementos de máquinas trabajen correctamente. Así se deben hacer inspecciones periódicas de las diferentes tolerancias, detectar los desalineamientos y corregirlos, buscar fuentes generadoras de vibraciones y eliminarlas.

Las tareas de mantenimiento mecánico son muy variadas, pues incluyen actividades como:

- Inspección y evaluación.
- Ajuste y calibración.
- Ensamble y desensamble.
- Lavado y limpieza.
- Sujeción.
- Soldadura y metalización.
- Maquinado.
- Tratamientos físicos y térmicos.
- Acabado de superficies.

Mantenimiento eléctrico. En forma general, el equipo eléctrico y sus redes son de un relativo fácil mantenimiento, ya que por un lado se tienen pocas partes de movimiento continuo (excepto motores), y por otro el equipo

eléctrico utiliza diseños probados que deben cumplir con normas y reglamentos.

En este campo se debe buscar la implementación de equipos que operen a voltajes elevados con lo cual se logra una reducción del consumo de energía.

El mantenimiento en esta área se da a instalaciones de conducción, equipo de protección, control, medición, señalamiento, comunicación, motores y transformadores.

De otro lado, la modernización de los sistemas de producción utilizando procesos automáticos trae grandes beneficios económicos a la empresa.

2.2.11. Frecuencia de las inspecciones.

La decisión de cuán a menudo se debe inspeccionar probablemente tiene la mayor incidencia en los costos y ahorros de un Plan de Mantenimiento Preventivo. El exceso de inspección es un gasto innecesario y la falta de inspección resulta en más paradas de emergencia y reemplazo prematuros de repuestos y piezas. Un buen balance es necesario para obtener óptimos ahorros.

Independientemente de que el plan de mantenimiento preventivo este bien elaborado, aun así se debe de ejecutar el plan de inspección a los equipos, maquinaria e instalaciones para descubrir situaciones que puedan originar fallas y una depreciación perjudicial a los equipos. La inspección se subdivide en dos tipos:

- Inspección generalizada
- Inspección especializada

Imagen 3. Tipos de Inspecciones

INSPECCIÓN GENERALIZADA	INSPECCIÓN ESPECIALIZADA
<p>Este tipo de inspección se generaliza para pequeñas empresas y algunas de tipo medio, ya que el tipo de administración es más sencilla; se recomienda que la inspección se lleve a cabo en un mínimo de seis veces al año (esto depende de las condiciones de la maquinaria, uso y antigüedad), la inspección es realizada mediante una lista que se ha determinado. Qué partes hay que inspeccionar en cada uno de los equipos; esta inspección se auxilia con algún formato previamente elaborado donde se verifica el estado actual de la parte a inspeccionar; si se encuentra alguna anormalidad se realizara una inspección formal que nos determine la necesidad de un mantenimiento e intervención para corregir o evitar esa posible falla</p>	<p>Este tipo de inspección contiene un alto grado de refinamiento en relación a la inspección generalizada, normalmente este tipo de inspección se generaliza su aplicación en empresas grandes y en forma general en las de tipo medio. Se dice que las partes de alguna maquinaria tendrán una larga vida cuando son consideradas dentro de los programas de inspección por lo que se debe detener un amplio criterio para elaborar dichos programas. Un programa de inspección debe de tener una cierta frecuencia, esta se basa en la experiencia que se tiene, el medio en que está trabajando los equipos, la antigüedad delos equipos, el tiempo de trabajo durante el día, etc.; cuando se realiza por primera vez algún programa de inspección es recomendable que se aumente por seguridad la frecuencia de estos en el transcurso de la aplicación del programa</p>

Fuente: Sierra, 2004

El primer paso para establecer y medir el mejor ciclo de frecuencia es un análisis de Ingeniería de su equipo desde los siguientes puntos de vista:

- **Edad, condiciones y valores.** Los equipos más viejos y en pobres condiciones necesitan servicios más frecuentes. Si los equipos están listos para ser dados de baja o serán obsoletos en breve tiempo, será más barato inspeccionar una base de la armadura en general y no en la totalidad de las partes.
- **Severidad del servicio.** Aplicaciones más severas de equipo idéntico requieren ciclos más cortos.

- **Requerimiento de seguridad.** Equipos con un alto potencial de riesgo de accidentes requieren frecuencias altas de inspección.
- **Horas de operación.** Muchas casas constructoras sugieren ciclos de frecuencia basados en días de ocho horas de trabajo; otras se basan en el uso (tal como en el millaje). A veces se usan las dos bases, poniendo en práctica la que se cumpla primero.
- **Susceptibilidad de averías.** Si el equipo está sujeto a vibraciones, sobrecargas o abusos, este debe someterse a revisiones frecuentes del estado o condición de funcionamiento.
- **Susceptibilidad de desgaste.** ¿Cuál es la exposición a la mugre, fricción, fatigas, esfuerzos o corrosión? ¿Cuál es el tiempo de vida esperado?
- **Susceptibilidad a perder ajuste.** Si las tolerancias dadas por la casa constructora son muy precisas, es necesario acortar los ciclos de inspección. También se evalúa que tanto afectará el mal ajuste o desalineamiento la calidad del producto.

La tendencia en las primeras etapas del plan de mantenimiento preventivo es la de sobre inspeccionar, lo cual trae como resultado un costo de inspecciones más elevado de lo necesario. Sin embargo, si la frecuencia de inspecciones no es lo suficientemente alta se presentará un gran número de trabajos de emergencia y los costos de paradas de producción serán mayores de lo que debieran ser. Esto se puede apreciar mejor si analizamos la representación gráfica de la relación entre la cantidad de mantenimiento y el costo total de las paradas.

Es una técnica que permite jerarquizar sistemas, equipos e instalaciones, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. El análisis de criticidad permite así mismo identificar las áreas sobre las cuales se tendrá una mayor atención del mantenimiento en función del proceso que se realiza. La información recolectada en un estudio de criticidad puede ser usada para priorizar órdenes de trabajo de producción y mantenimiento así como para dirigir las políticas de mantenimiento hacia las áreas o sistemas más críticos. (Oliveiro, 2012)

No todos los equipos tienen la misma importancia en una planta industrial, es un hecho que unos equipos son más importantes que otros, por lo que debemos destinar la mayor parte de los recursos a dichos equipos dejando una pequeña porción del reparto para los equipos que menos pueden influir en los resultados de la empresa. (García, 2003).

Se puede distinguir una serie de niveles de importancia o criticidad:

- a) Equipos críticos: Son aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa.
- b) Equipos importantes: Son aquellos equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero sus consecuencias son manejables.
- c) Equipos prescindibles: Son aquellos cuya incidencia es escasa en los resultados. Como mucho, supondrían una pequeña incomodidad o un pequeño costo adicional.

Se debe considerar la influencia que una anomalía tiene en cuatro aspectos: producción, calidad, mantenimiento y seguridad.

- Producción: Cuando valoramos la influencia que un equipo tiene en producción, nos preguntamos cómo afecta a ésta un posible fallo. Dependiendo de que suponga una parada total de la instalación, una parada de una zona de producción preferente, parálisis de equipos productivos pero con pérdidas de producción asumibles o no tenga influencia en la producción.
- Calidad: El equipo puede tener una influencia decisiva en la calidad del producto o servicio final, una influencia relativa que no acostumbre a ser problemática o una influencia nula.
- Mantenimiento: El equipo puede ser muy problemático, con averías caras y frecuentes; o bien un equipo con un coste medio de mantenimiento, o por último, un equipo con muy bajo coste, que normalmente no de problemas.
- Seguridad y medio ambiente: Un fallo del equipo puede suponer un accidente muy grave, bien para el medio o para las personas, y que además tenga cierta probabilidad de fallo; es posible también que un fallo del equipo pueda ocasionar un accidente, pero la probabilidad de que eso ocurra puede ser baja; o por último, puede ser un equipo que no tenga ninguna influencia en seguridad.

2.2.12. Elementos del plan de mantenimiento preventivo.

El sistema de papelería es básico para un adecuado funcionamiento del plan de mantenimiento preventivo.

Se debe tratar de utilizar un sistema que sea:

- Fácil de instalar.
- Fácil de entender.
- Fácil de administrar.
- Reportar economía para la fábrica.

Sobre esta base se recomienda un sistema que utiliza los siguientes elementos:

Ficha técnica: Registro permanente de los datos físicos o especificaciones de la maquinaria o equipo y su instalación. Estas deben ser cuidadosamente archivadas pues forman la base del sistema.

Imagen 4. Ficha Técnica

FICHA TÉCNICA				No.
NOMBRE DEL EQUIPO		CÓDIGO		DEPENDENCIA
MARCA		MODELO		SERIE
FACTURA		GARANTÍA No.		UBICACIÓN
FECHA DE ADQUISICIÓN		DIMENSIONES		PESO
PROVEEDOR		DOCUMENTOS		CANTID
DIRECCIÓN:		PLANOS:		
E MAIL:		MANUALES:		
TELÉFONO:		CATÁLOGOS:		
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS				
VOLTAJE		RESISTENCIA		AGUA
CONSUMO		TIPO DE CONTROL		AIRE
POTENCIA		TIPO DE OPERACIÓN		VAPOR
REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN:				
ELABORADO POR		REVISADO POR		APROBADO POR
NOMBRES: _____		_____		_____
FECHA: _____		_____		_____

Fuente: Elaboración propia

Imagen 6. Ficha de mantenimiento preventivo

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CALIBRACIÓN														AÑO:	
NOMBRE DEL EQUIPO:															
TIPO DE EQUIPO:															
MARCA:															
MODELO:															
SERIE:															
N° DE PLACA O CODIGO DE INVENTARIO:															
OBSERVACIONES:															
CODIGO DE EQUIPO	CALIBRACION	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	RESPONSABLE
	Descripción de en que consiste la actividad de calibración.		x					x					x		
		Descripción de en que consiste la actividad de mantenimiento preventivo.			x					x					

Fuente: Elaboración propia

Hojas de inspección: Simultáneamente con la determinación de los equipos y las partes que deben inspeccionarse, hay necesidad de desarrollar una lista en la cual se anotan todos los puntos que se van a chequear en el equipo, para evitar que alguna tarea sea omitida por desconocimiento u olvido en la ejecución de las actividades de mantenimiento.



Imagen 7. Hoja de inspección

PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO REGISTRO Y CONTROL								No.	
NOMBRE:		CODIGO:			UBICACIÓN:				
CARACTERISTICAS ESPECIALES:									
SISTEMAS:									
ACTIVIDADES:									
MES	SEMANA				FRECUENCIA				OBSERVACION
	1°	2°	3°	4°	MEN.	TRIM.	SEM.	ANU.	
ENE									
FEB									
MAR									
ABR									
MAY									
JUN									
JUL									
AGO									
SEP									
OCT									
NOV									
DIC									

SIMBOLOGIA		
L= Lubricación	I= Inspección	IT= Inspección de tortillería
M= Mecánico	R= Reparación	MGA= Mantenimiento General
E= Eléctrico	A= Aseo	Anual
EE= Electrónico	C= Cambio	MPS = Mantenimiento Parcial
H= Hidráulico	CP= Completar	Semestral
N= Neumático	IG= Inspección general	

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
NOMBRES: _____	_____	_____
FECHA: _____	_____	_____

Fuente: Elaboración propia

Ordenes de trabajo: Es el formato que se utiliza para lograr la ejecución del plan de mantenimiento. En ella se van anotando los trabajos que hay que efectuar en cada máquina y el tiempo estimado para ejecutarlo.

Una vez cumplida la orden son devueltas al Departamento de Mantenimiento con el dato de quien hizo el trabajo, cuanto tiempo gasto y que materiales fueron utilizados.

Imagen 8. Orden de trabajo

ORDEN DE TRABAJO		N°		
PRIORIDAD:		CUENTA N°		
REQUERIDO POR:	APROBADO POR:	FECHA:		
EQUIPO:				
OBSERVACIONES DEL CLIENTE:				
SUPERVISOR:		SECCION:	FECHA:	
MATERIAL Y HERRAMIENTAS ESPECIALES NECESARIAS:				
OPERACIÓN/ OPERARIO	FECHA	H. INICIO	H. FINAL	T. TIEMPO
_____	_/_/	_::	_::	_::
_____	_/_/	_::	_::	_::
_____	_/_/	_::	_::	_::
_____	_/_/	_::	_::	_::
COMENTARIOS SOBRE EL PROBLEMA:				
Horas-hombre estimadas	horas-hombre reales	Nombres		

Fuente: Elaboración propia

Tarjetas de costos: Esta tarjeta se abre a cada máquina de la fábrica y en ella se van anotando los costos de la mano de obra, materiales y costos indirectos.

Manual de instrucciones: En este manual se consignan todas las instrucciones sobre cada operación de mantenimiento.

Manual de mantenimiento preventivo: Es indispensable elaborar un manual en el que se consignan todas las normas y procedimientos que el Departamento de Mantenimiento exige.

2.2.13. Costos del mantenimiento

Según Espinosa se pueden agrupar en dos categorías:

- i) Los costos que tienen relación directa con las operaciones de mantenimiento, como son: costos administrativos, de mano de obra, de materiales, de repuestos o refracciones, de subcontrataciones, de almacenamiento y costo de capital.
- ii) Costos por pérdida de producción a causa de las fallas de los equipos, por disminución de la tasa de producción y pérdidas por falla en la calidad del producto debido al mal funcionamiento de los equipos.

Desde el punto de vista de la administración del mantenimiento, uno de los factores más importantes es el costo. Por eso el Ingeniero tiene que analizar y profundizar respecto a los costos de mantenimiento a fin de conocer su manejo y control, evitando así el crecimiento de éstos. (Espinosa, 2015)

El costo total de una parada de equipo, es la suma del costo del mantenimiento, que incluye los costos de mano de obra, repuestos, materiales, combustibles y lubricantes, y el costo de indisponibilidad que incluye el costo de pérdida de producción (horas no trabajadas), debido a: mala calidad del trabajo, falta de equipos, costo por emergencias, costos extras para reorganizar la producción, costos por repuestos de emergencia: penalidades comerciales e imagen de la empresa.

Experiencias de evaluación del costo de indisponibilidad muestran que este representa más de la mitad del costo total de la parada.

En el aspecto de costos, el mantenimiento correctivo a lo largo del tiempo, se presenta con la configuración de una curva ascendente, debido a la reducción de la vida útil de los equipos y la consecuente depreciación del activo, pérdida de producción o calidad de los servicios, aumento del stock de materia prima improductiva, pago de horas extras del personal de ejecución del mantenimiento, ociosidad de mano de obra operativa, pérdida de mercado y aumento de riesgos de accidentes.

Según Cuevas los costos de fabricar un producto o prestar un servicio se componen de tres elementos básicos:

i) Materiales directos: Son una amplia variedad de materiales para elaborar un producto o prestar un servicio. Aquellos materiales que forman parte integral del producto o servicio y que pueden identificarse de manera adecuada en el mismo.

ii) Mano de obra directa: Esta expresión se reserva para aquellos costos laborales que pueden ser físicamente asignados a la producción de bienes y servicios y pueden ser asignados sin costos o dificultades adicionales. Los costos de trabajo humano que no pueden rastrearse o que de hacerlo traerían costos adicionales o inconvenientes prácticos, son denominados mano de obra indirecta y son tratados como parte de los costos indirectos de producción.

iii) Costos indirectos de fabricación: Denominados también costos generales de fabricación, excepto los materiales directos y la mano de obra directa, etc.

Los costos indirectos de fabricación se conocen con varios nombres: gastos generales de manufactura, gastos de fábrica, overhead o carga fabril. Todas estas expresiones son sinónimas. (Cuevas, 2001)

La implantación de un plan de mantenimiento preventivo, buscando la prevención o predicción de la falla, presenta una configuración de costos

invertida, con tasa negativa anual del orden de 20% y tendencia a valores estables.

Consecuentemente los beneficios del mantenimiento preventivo solamente ocurrirán a partir del momento en que las áreas comprendidas entre las curvas de mantenimiento correctivo y con preventivo, antes y después de ese punto sean iguales. Si la vida útil de los equipos de la instalación es menor que el tiempo de obtención del beneficio, el mantenimiento preventivo pasa a ser económicamente inadecuado. La preparación previa del grupo de ejecución del mantenimiento preventivo reduce los costos iniciales del mantenimiento, sin embargo, el aumento de la inversión para la formación de ese grupo poco altera el resultado económico del período de generación de ingresos o beneficios.

Ventajas del RCM Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad:

La garantía de funcionamiento de un RCM se basa en estudios previos, que demuestran que:

Si RCM se aplicara a un sistema de mantenimiento preventivo ya existente en las empresas, puede reducir la cantidad de mantenimiento rutinario habitualmente hasta un 40% a 70%.

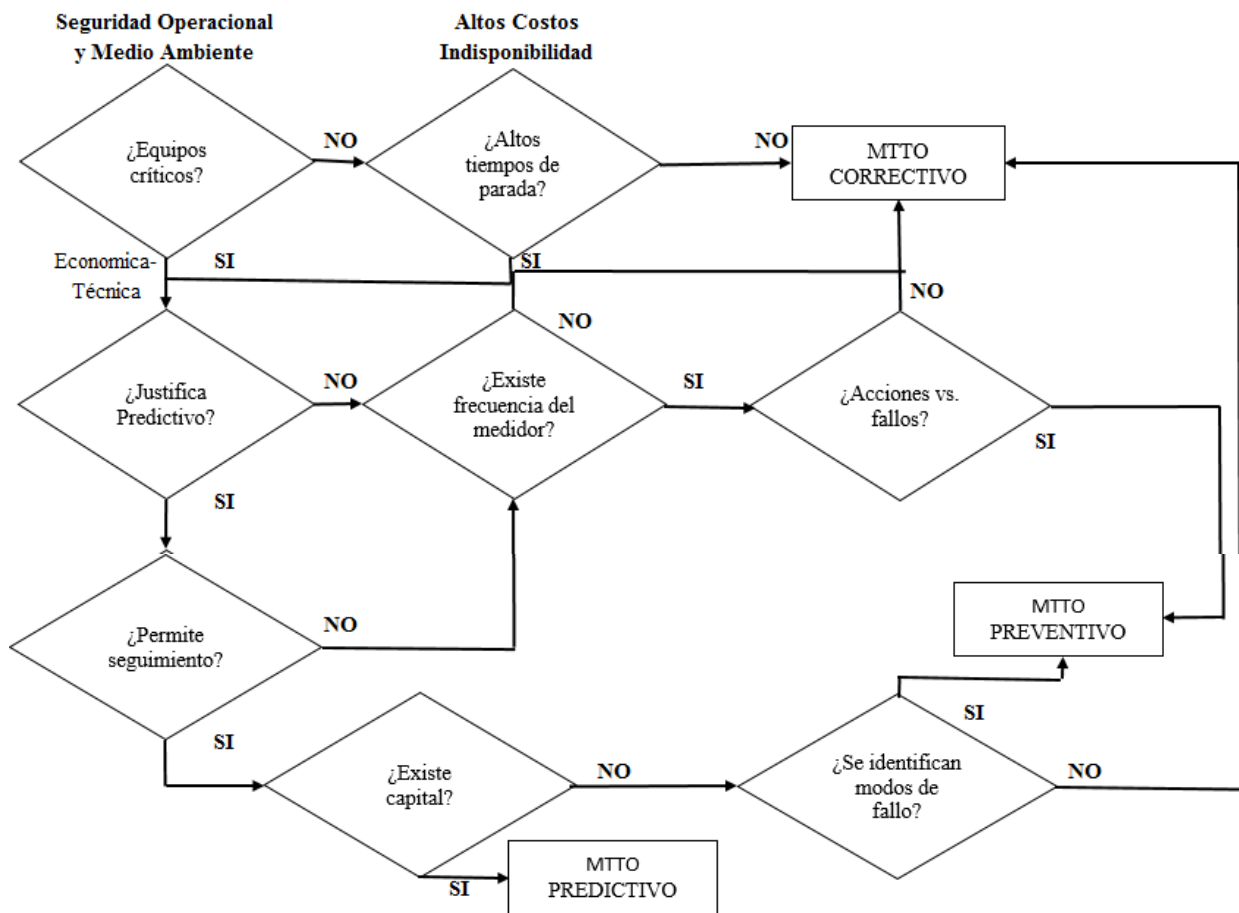
Si RCM se aplicara para desarrollar un nuevo sistema de Mantenimiento Preventivo en la empresa, el resultado será que la carga de trabajo programada sea mucho menor que si el sistema se hubiera desarrollado por métodos convencionales.

Su lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender para todos los empleados vinculados al proceso RCM, permitiendo al personal involucrado

en las tareas saber qué pueden y qué no pueden esperar de ésta aplicación y quien debe hacer qué, para conseguirlo. (RCM, s.f.)

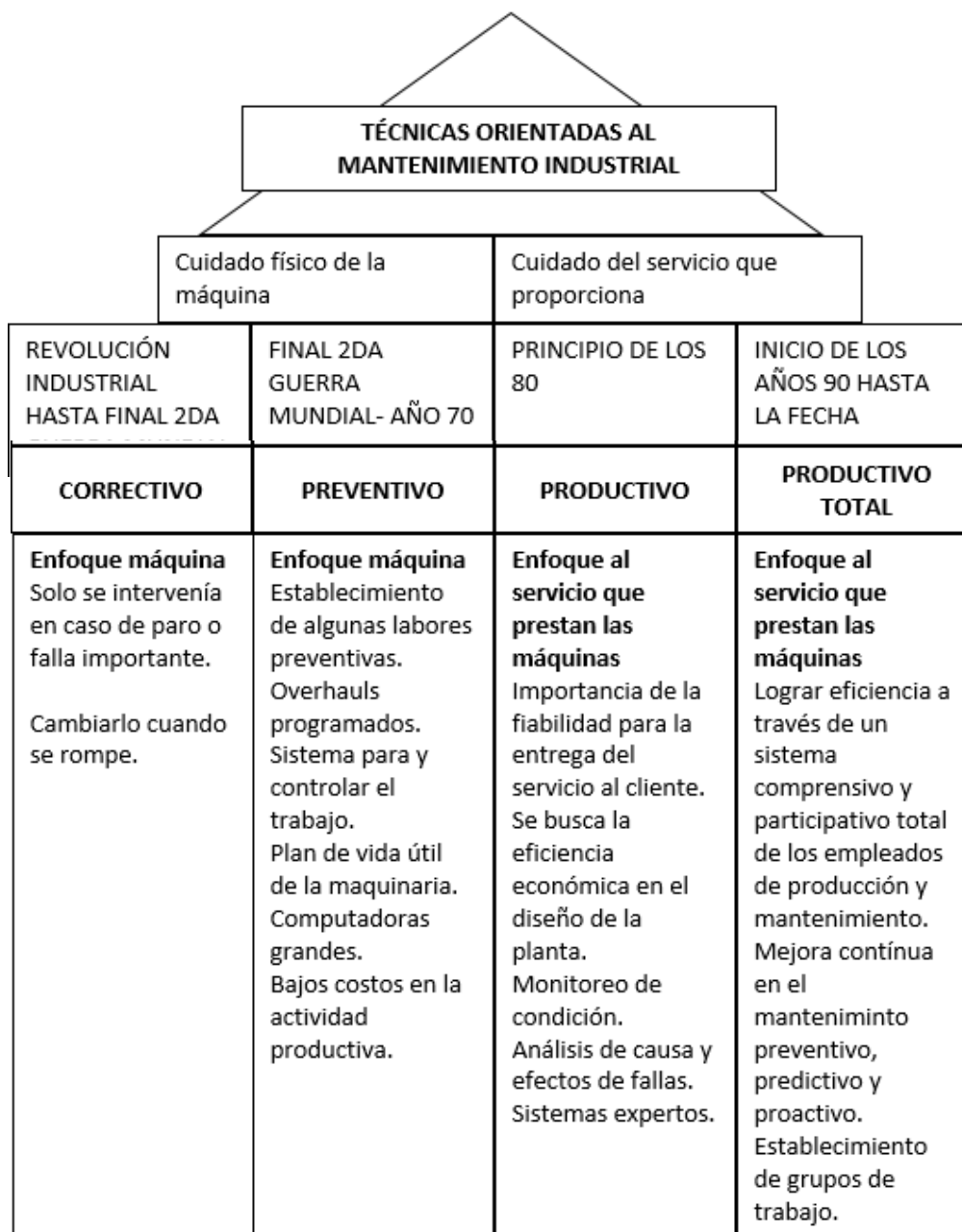
Diagrama de Decisión de acción de Mantenimiento

Imagen 9. Diagrama de selección de sistemas de mantenimiento



Fuente: <https://www.gestiopolis.com/enfoques-planificacion-mantenimiento-preventivo-predictivo-correctivo/>

Imagen 10. Técnicas orientadas al mantenimiento industrial



Fuente: Recuperado http://images.slideplayer.es/17/5459726/slides/slide_5.jpg
<http://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/preventivo-predictivo-o-correctivo>

2.3. Marco legal vigente

Tanto a nivel nacional como internacional, se cuenta con leyes, resoluciones, normas, decretos y artículos específicos que sustentan legalmente los temas relacionados con la seguridad y salud ocupacional; éstos a su vez, demuestran el compromiso de los Estados y organizaciones en brindar mejores condiciones de trabajo a sus ciudadanos. A continuación se presentan algunos de los recursos legales de mayor importancia:

a. Reglamento de Seguridad Industrial

El 22 de mayo de 1964, mediante el D.S. N°42–F, el Ministerio de Trabajo y Asuntos Indígenas (MTAI) aprobó el Reglamento de Seguridad Industrial, el mismo que consideraba disposiciones para todos los tipos de empresa, maquinaria o riesgo que pudiesen encontrarse en el territorio nacional. Con la intención de obtener una visión más completa del escenario nacional en cuanto a seguridad y salud ocupacional, se creó una comisión especial encargada de la elaboración de éste reglamento, la cual estuvo conformada básicamente por representantes de diversos organismos del Estado, de las principales organizaciones industriales y de la Confederación de Trabajadores del Perú. Finalmente se logró elaborar un documento muy completo que puede servir como fuente de consulta por prácticamente cualquier organización del país, dado que contiene artículos referidos a normas de seguridad ocupacional frente a los diversos riesgos que se puedan generar en distintos tipos de empresa.

Se dispone como finalidad del reglamento: “Garantizar condiciones de seguridad a los trabajadores (empleados y obreros) en todo lugar en que éstos desarrollan sus actividades. Salvaguardar la vida, salud e integridad física de los trabajadores y terceros, mediante la prevención y eliminación de las causas de accidentes. Proteger las instalaciones y propiedades industriales, con el objeto de garantizar las fuentes de

trabajo y mejorar la productividad; y Obtener todas las ventajas derivadas de un adecuado régimen de seguridad industrial” (MTAI 1964: 11). A pesar de haber sido renovado por el D.S. N° 009–2005–TR (MTPE 2005), los lineamientos del Reglamento de Seguridad Industrial se mantienen vigentes y puede ser utilizado como fuente de consulta por su amplio campo de aplicación.

b. Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo

Actualmente la gran mayoría de las empresas nacionales del sector privado se encuentran en plena etapa de ejecución de sus planes de acción para adecuarse a los requerimientos de la Ley 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo la cual tiene como objetivo promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país. Para ello, cuenta con el deber de prevención de los empleadores, el rol de fiscalización y control del Estado y la participación de los trabajadores y sus organizaciones sindicales quienes, a través del diálogo social, velan por la promoción, difusión y cumplimiento de la normativa sobre la materia. Posteriormente mediante Decreto Supremo N.º 005-2010-TR, publicado el día miércoles 25 de abril de 2012, el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE) aprobó el Reglamento de la ley 29783 Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. .

Entre los principales requerimientos se pueden detallar: Definición de la Política de Seguridad y Salud en el Trabajo (en adelante SST), que demuestre el compromiso de la Alta Gerencia con la implementación del sistema de gestión. Elaboración de un Reglamento Interno de SST, en el que se detallen los lineamientos y principales normas de cada empresa. Constitución de un Comité Paritario de SST, conformado por igual cantidad de miembros representantes de la empresa y representantes de los trabajadores. Elaboración de planes de contingencias ante los diversos peligros que se

puedan presentar. Revisión, investigación y análisis de los principales peligros en cada empresa, para posterior definición y aplicación de propuestas de mejora para mitigar los riesgos asociados. Manejo de las estadísticas e indicadores de SST. Elaboración y seguimiento de registros SST, según formatos propuestos por el MTPE.

c. Otra normatividad nacional

En el Perú se cuenta además con leyes específicas para cada sector, concretamente para el sector industrial se pueden considerar entre otras: Los artículos 1 y 7 de la Constitución Política del Perú, los cuales determinan los lineamientos nacionales sobre la defensa de la persona y el respeto de su dignidad, así como su derecho a la protección de su salud, la del medio familiar y de la comunidad.

Artículos 103 y 104 de la Ley General de Industrias (Ley N° 23407 del año 1992), en los que se precisa que las empresas industriales deben cumplir con el desarrollo de sus actividades sin perjudicar al medio ambiente ni a las comunidades.

D.S. N° 029-65 DGS: “Reglamento para la apertura y control sanitario de plantas industriales”. D.S. N° 015-2005-SA: “Reglamento sobre valores límite permisibles para agentes químicos en el ambiente de trabajo”. Manual de Salud Ocupacional (2005), publicación elaborada por la DIGESA, órgano de línea del Ministerio de Salud. Ley N° 29783: “Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo”.

Para el sector construcción: Resolución Suprema N° 021-83-TR: “Normas básicas de Seguridad e Higiene en obras de edificación”. Resolución Ministerial N° 427-2001-MTCE: “Norma Técnica de edificación E-120 Seguridad durante la construcción”.

Para el sector petróleo: Resolución Ministerial N° 0664-78-EM/DGH: “Reglamento de Seguridad en la industria del petróleo”. Para el sector electricidad: Resolución Ministerial N° 263-2001-EM/VME: “Reglamento de Seguridad e Higiene

Ocupacional del Sub sector Electricidad”. Sobre Higiene industrial: D.S. N° 039–93–PCM: “Reglamento de prevención y control de cáncer profesional” (11 de Junio de 1993).

Sobre los inspectores de trabajo: D.S. N° 004–96–TR: “Reglamento del procedimiento de inspección del trabajo”. D.S. N° 010–2004–TR: “Reglamento de la Ley General de inspección de trabajo” (modificado). Resolución Ministerial N° 042–87–TR: “Aprueban cartilla básica de higiene y seguridad ocupacional para inspectores de trabajo” (4 de Marzo de 1987).

Sobre la medicina del trabajo: D.S. N° 009–97–EM: “Aprueban el reglamento de seguridad radiológica” (20 de Mayo de 1997). Resolución Suprema N° 014–93–TR: “Adoptan para evaluación y diagnóstico de la neumoconiosis los lineamientos de la clasificación radiográfica internacional de la OIT” (23 de Agosto de 1993).

Sobre el Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo (SCTR), seguro obligatorio para los trabajadores de todas las empresas que realicen actividades de alto riesgo, se tienen las siguientes normas principales: D.S. N° 003–98–SA: “Normas técnicas del Seguro Complementario de Trabajo de Riesgo”. 20 D.S. N° 009–97–SA: “Reglamento de Ley de Modernización de la Seguridad Social en Salud”. Resolución Ministerial N° 090–97–TR: “Crean registro de entidades empleadoras que desarrollan actividades de alto riesgo”.

2.4. Empresa metalmecánica

Somos Expertos en diseño y desarrollo de estructuras metálicas y casas prefabricadas en sistema drywall y madera.

Realizamos todas nuestras operaciones con personal profesional y técnico altamente calificado que constituye nuestro mayor respaldo de experiencia y calidad profesional.

Contamos con un amplio y moderno taller debidamente implementado para las fabricaciones de estructuras metálicas y casas prefabricadas en sistema drywall y madera, donde dedicamos a cada trabajo un tiempo valioso para que sea de calidad.

Nuestra visión de servicio nos ha llevado a implementar esta nueva planta, con la mejor tecnología a su disposición.

Estructuras Metálicas elaboradas

- Barandas
- Cercos perimétricos
- Claraboyas de policarbonato
- Escalera caracol
- Escalera metálica
- Mamparas de policarbonato
- Pasamanos
- Rejas corredizas
- Rejas levadizos
- Soleras de policarbonato
- Techos planos
- Bancas coloniales
- Forja y coloniales
- Juegos infantiles

- Malla Rachel
- Puertas contraplacadas
- Puertas corredizos
- Puertas de dos hojas
- Puertas levadizos
- Puertas
- Rejas coloniales
- Techos
- Piezas industriales.



CAPITULO III

PLANTEAMIENTO OPERACIONAL

3.1. Técnicas

Se utilizará como técnica la encuesta, la observación y la investigación documental (toma de datos).

3.2. Instrumentos

El instrumento utilizado es una ficha de análisis documental representada por una lista de cotejo o *check list* para verificar el cumplimiento de los estándares de mantenimiento en la empresa metalmeccánica. Además se aplicará un cuestionario a los 10 colaboradores directamente implicados con el mantenimiento en la empresa.

La ficha documental se aplicó en las diversas áreas de la empresa, utilizando la técnica de la observación para verificar los diversos equipos, maquinarias e infraestructura de la empresa durante el lapso de 8 días. Dicha observación sentó las bases para la realización de la matriz de criticidad.

La aplicación de la técnica de la encuesta representada por un cuestionario se aplicó a los trabajadores en un solo día durante su refrigerio y bajo la asesoría de la investigadora. La ficha técnica del cuestionario se encuentra en el anexo 7.

3.3. Campo de verificación - Ubicación espacial

3.3.1. Precisión del lugar

- Ámbito General: departamento de Arequipa
- Ámbito específico: Provincia de Arequipa.

3.3.2. Características del lugar

Ámbito institucional de la empresa industrial Metalmecánica

3.3.3. Delimitación geográfica

Asociación Francisco García Calderón, altura puente Añashuayco, Cerro Colorado, Arequipa-Perú.

3.4. Ubicación temporal

El estudio se realizará durante los meses de setiembre del 2016 a diciembre del año 2016.

3.5. Unidades de estudio

Equipos e Infraestructura de la empresa

Documentación de mantenimiento de la empresa Metalmecánica

3.6. Estrategia de recolección de datos

3.6.1. Organización

- Solicitar la autorización para el acceso a las unidades de estudio para realizar la investigación, que será solicitada a la gerencia de la empresa Metalmecánica.
- Al tener la autorización se procederá a la identificación de la documentación del área requerida para la investigación.
- Luego se procederá a la aplicación de los instrumentos de acuerdo al propósito del estudio.
- Con los resultados obtenidos se procederá a la elaboración del diagnóstico y propuesta de mejora.

3.7. Recursos

3.7.1. Potencial humano

Representado por el bachiller investigador, para la elaboración del proyecto y aplicación del instrumento.

- Asesor científico (Ingeniero)
- Asesor Estadístico (Licenciado en matemática)

3.7.2. Recurso institucional

- La infraestructura de la empresa Metalmecánica
- La Universidad Católica Santa María.
- Biblioteca de la U.C.S.M. y página web de cybertesis y otras similares.

3.7.3. Materiales

- Instrumentos de análisis documental
- Material de escritorio
- Computadora
- Software de oficina.

3.7.4. Financieros

La investigación será solventada con recursos propios del investigador.

3.8. Cronograma de trabajo

Tabla 3. Cronograma de trabajo

	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
-Elaboración del Proyecto	X	X		
-Desarrollo del Proyecto		X		
-Recolección de datos				
-Sistematización			X	
-Análisis de datos				X
-Elaboración del informe final				X

Fuente: Elaboración propia



CAPITULO IV

ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA EMPRESA

4.1. Reseña histórica de la empresa

La empresa METALSUR de Ingeniería de Servicios Mantenimiento y Construcción S.A.C, fundada por la familia Rodríguez Olazábal en la ciudad de Arequipa el 18 de enero de 1996 siendo debidamente registrada en todas las entidades, con la finalidad de diseñar y ejecutar trabajos en ingeniería, proyectos y diseño de maquinaria, montaje de estructuras metálicas, obras civiles, mantenimiento industrial y minero (*outsourcing*).

Para ello cuenta con ingenieros y técnicos polifuncionales, formados en la teoría y en la práctica para satisfacer las necesidades de los más exigentes clientes. Así mismo cuenta con equipos y maquinaria actualizada, que permite trabajar y cumplir los estándares internacionales de calidad.

4.2. Visión y misión.

Visión: Ofrecer a nuestros clientes productos de alta calidad, para que solucionen sus problemas y satisfagan sus necesidades, cumpliendo los estándares internacionales en todas nuestras operaciones.

Misión: Ser la empresa de servicios múltiples, líder en el Perú que contribuya al desarrollo del sector industrial, minero y construcción, con proyección Internacional dando productos de alta calidad con reconocimiento de nuestros clientes y en beneficio de nuestra comunidad.

4.3. Política de calidad

“METALSUR” es la organización metalmecánica líder en el sur del Perú, que contribuye al desarrollo de la industria, minería y construcción comprometidas en dar un servicio con estándares de calidad y seguridad que superen las exigencias del cliente. Para ello contamos con personal calificado y equipos de tecnología, respaldados con un sistema de gestión de la calidad que permita la mejora continua de nuestros procesos para incrementar nuestra eficacia”

Nuestro lema:

“Hágalo bien y con seguridad desde la primera vez con esmero y prontitud”

Nuestro compromiso:

“Nuestro compromiso es de servirlos siempre, las 24 horas del día, los 365 días del año.”

4.4. Política de Seguridad

“METALSUR”, tiene como objetivo prioritario conducir las actividades protegiendo la integridad física y la salud, de su personal y la de terceros a través de la formación de una cultura que adopte la seguridad como un valor primario, logrando al mismo tiempo una adecuada conservación del medio ambiente. Esta determinación está sustentada por el compromiso de la gerencia y personal en el convencimiento que:

- Todo incidente, lesión y enfermedad ocupacional puede prevenirse, con un sistema de gestión que enfoque su actuar en la minimización de actos y condiciones subestándar.

- Las prácticas seguras, son responsabilidad de todos y de cada uno de los integrantes del personal de la empresa.
- Cumplir con leyes, normas y regulaciones de S&SO internas y externas nos ayudará a mejorar los estándares.
- El entrenamiento y la capacitación forman la base para mejorar en forma continua nuestras actividades, la seguridad de las mismas y su relación con el medio ambiente.

METALSUR SAC, está comprometida en implantar planes, programas que evidencien el ciclo de mejora continua.

- Planificar soluciones compatibles con los Riesgos asociados a nuestras actividades conforme a normas, leyes y procedimientos estándar comprobados.
- Implementar y asignar recursos para la ejecución de lo planeado.
- Hacerle seguimiento y acción correctiva a lo planeado, a través de la medición de los resultados derivados de inspecciones, auditorias, etc.
- Documentar soluciones y estandarizar el mejoramiento, para aplicarlos en posteriores actividades.

La política de la empresa está elaborada de acuerdo al DS 046-2001, DS 009-2005 y OHSAS 18001. Aprobado por la gerencia, el 02 de enero del 2008

4.5. Política Ambiental

METALSUR SAC tiene como objetivo conducir nuestras actividades protegiendo el medio ambiente dentro y fuera del ámbito de producción a través de la formación de una cultura que está comprometida con la conservación del medio ambiente, guiando su accionar mediante los siguientes compromisos:

- Mantener un Sistema de Gestión Ambiental que nos ayude a diseñar, planificar, construir y operar nuestras actividades para prevenir la contaminación
- Implementar programas que nos ayude a mejorar continuamente nuestro desempeño ambiental.
- Cumplir las normas, reglamentos y otras obligaciones de protección ambiental aplicadas a nuestras actividades.
- Utilizar eficientemente los recursos, mejorar la disposición de los desechos y emisiones. Propiciar la reducción, reutilización y reciclaje de los residuos
- Elevar el nivel de responsabilidad de nuestros trabajadores, proveedores y la comunidad circundante al centro de producción, mediante el desarrollo e implementación de programas de sensibilización y participación.

La política está elaborada de acuerdo a la norma ISO 14001.

4.6. Políticas de mantenimiento

El mantenimiento realizado a las máquinas es mayormente correctivo, es decir simplemente se espera que suceda la falla para recién revisar la máquina ocasionando retrasos en la producción con los respectivos problemas que ello acarrea. El mínimo mantenimiento preventivo que se aplica es realizado tentativamente sin un control o registro de éste.

Las actividades de mantenimiento como: revisiones, lubricación y ajustes menores, realizadas por el operario o el electromecánico, no obedecen a un programa sistemático basado en horas de funcionamiento. Ni siquiera las maquinas se encuentran debidamente codificadas.

Los operadores de las máquinas informan verbal e informalmente de las anomalías presentadas al jefe de manufactura para su arreglo. Se observa que no queda evidencia escrita sobre tal petición con la consecuencia de no poder encontrar un responsable directo y la respectiva programación de las correcciones de tales anomalías o fallas.

Para el proceso de la Función de Mantenimiento no hay procedimientos que conlleven a determinar: Objetivos, alcance, definiciones, responsabilidades, formatos y flujograma.

Se observó que cuando una máquina deja de prestar su función existe una muy buena disposición y colaboración, de los trabajadores, desde el Gerente hasta el Operario, para su pronto arreglo.

En la actualidad no se cuenta con planificación alguna de los trabajos de mantenimiento, conllevando a ello a ejecutar actividades de solo mantenimiento correctivo. La utilización de la información como una herramienta de control, es una clara muestra de organización y orden en el mantenimiento, por la normalización de procesos escogidos.

En el momento no se lleva un sistema de información que describa los trabajos de mantenimiento ejecutados en las máquinas y equipos de la planta de producción. Se cuenta con equipos informáticos y plantillas en Excel que reportan los costos de la mano de obra, material, repuestos y costos indirectos asociados al proceso productivo. Lamentablemente esta información no se procesa para determinar tendencias de los costos de mantenimiento en que han incurrido las máquinas y equipos.

Con respecto al mantenimiento, en el almacén no se cuenta con existencias de repuestos de las diferentes máquinas y equipos del área de producción. En el momento de requerir un repuesto para un equipo, el departamento de compras realiza la respectiva gestión para su adquisición.

Los consumos de lubricantes de las máquinas no obedecen a una planeación de cambios en un determinado tiempo. Al respecto los operadores sugieren el cambio de aceites para los diferentes compartimientos sin que obedezca a horas de funcionamiento, por tanto, el almacén carece de estándares para realizar las solicitudes.

En el momento, la empresa tampoco lleva indicadores de mantenimiento que puedan determinar la gestión y ayudar a realizar el seguimiento de todas las actividades de mantenimiento. Para determinar la condición o estado de funcionamiento de las máquinas existen variadas técnicas, por ejemplo: Monitoreo de la condición, análisis de aceites usados, uso de los sentidos humanos {oír, sentir, ver), etc.

De las diferentes técnicas existentes, en la empresa solo se emplean los sentidos de los operarios de las respectivas máquinas y equipos. Teniendo en cuenta que informalmente y verbalmente se reportan anomalías por parte de los operadores de las máquinas a sus superiores para la solución de fallas potenciales, al no darse pronta solución a sus necesidades se cae en la desmotivación de los responsables de la operación para rendir el informe correspondiente. Por tanto, no se cuenta con un documento que resuma el estado actual de los equipos de la planta de producción, que facilite la posterior planeación y programación de los trabajos de mantenimiento.

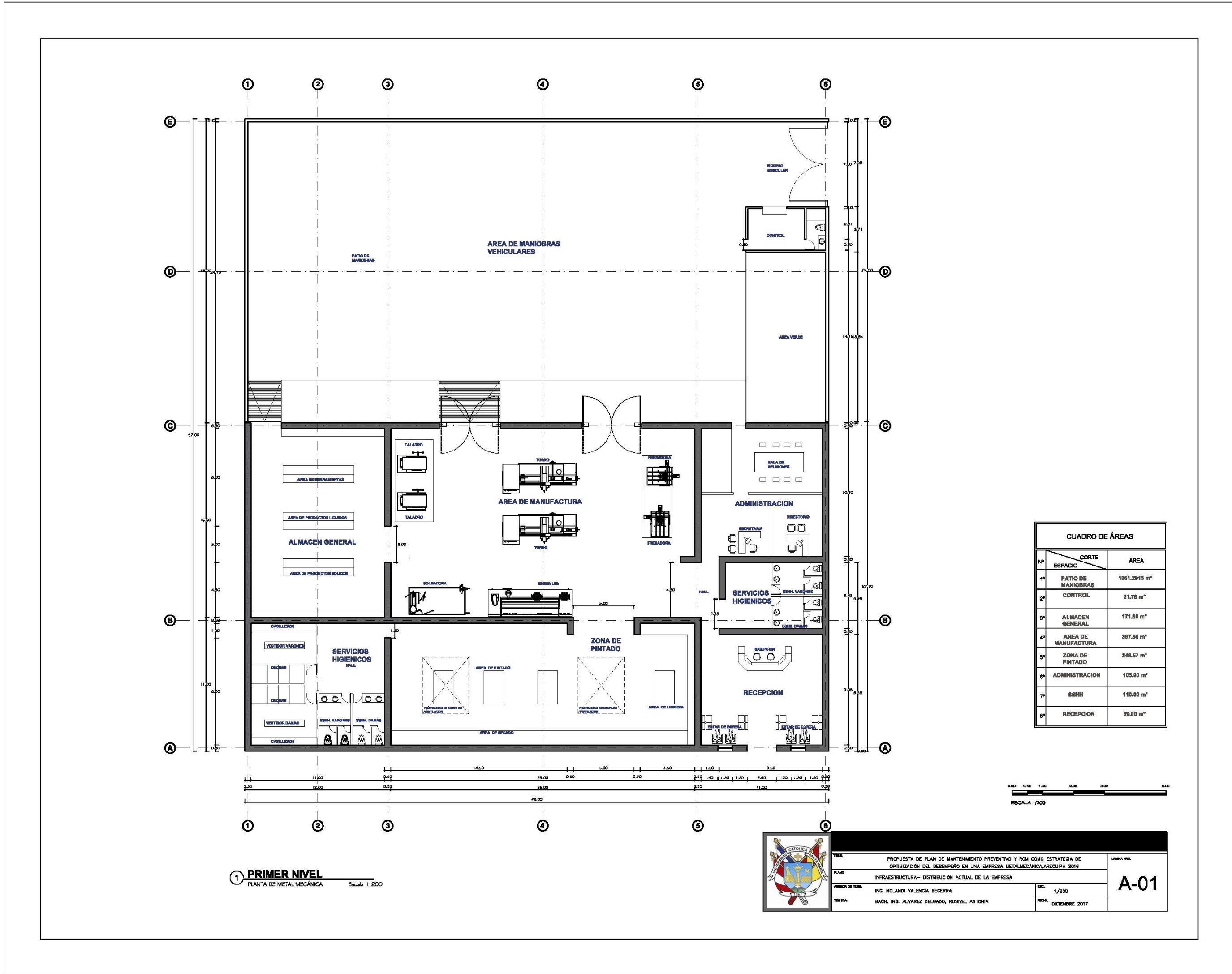
4.7. Infraestructura

Las operaciones se realizan en nuestra moderna planta, donde se ubican las máquinas y equipos, con los cuales se realizan trabajos de alta calidad y precisión.

Se dispone de un área de trabajo de 200 m² las cuales se distribuyen en:

- Área de Manufactura y de Preparado de Superficies
- Área de Pintura
- Área de Almacenaje
- Áreas Administrativas (oficinas)



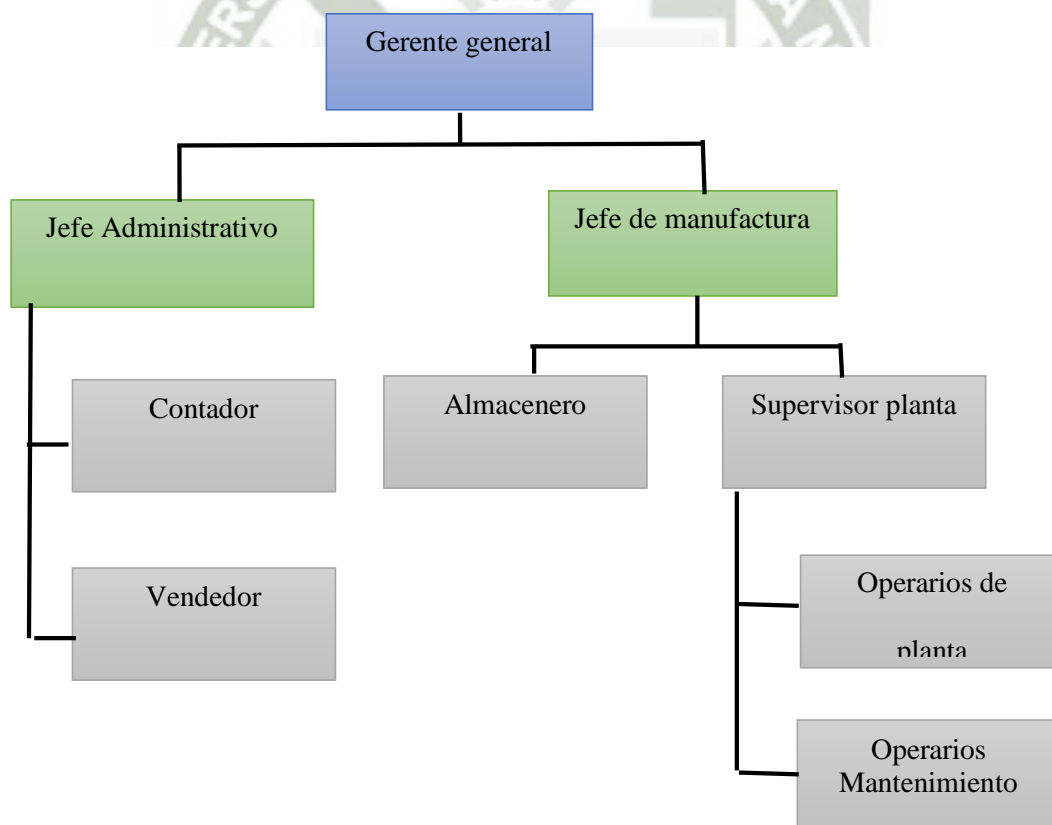


4.8. Organización de la empresa

El buen funcionamiento de una empresa depende de la organización que esta posea. Si esta organización es deficiente se presentaran continuamente problemas y conflictos innecesarios. Es por ello que resulta importante definir claramente las responsabilidades de los miembros de la empresa para permitir un mejor control de los procesos.

El Organigrama de la empresa viabiliza la Misión de la Empresa y el cumplimiento de sus Objetivos Empresariales y esta detallado a continuación.

Imagen 12. Organigrama funcional de la empresa



Fuente: Metalsur S.A.C.

4.9. Recursos humanos de la empresa

Los recursos humanos de la empresa presentan una Planta Fija de 14 trabajadores, que están incluidos en la Planilla Laboral de la Empresa.

Si las condiciones de algún Contrato de Trabajo y/o Orden de Producción, demandan mayores Recursos de Personal, éstos se toman por Contratos Temporales o por Out-Sourcing.

La Planta Fija, queda representada en la siguiente Tabla:

Tabla 4. Recursos humanos de la empresa

Puesto	Cantidad
Gerente general	1
Administración	1
Jefe Manufactura	1
Logística- Almacén	1
Contador	1
Supervisor - Planta	1
Operarios Planta	
.- Operario Producción	5
.- Operario Mantenimiento	2
Vendedor	1
	14

Fuente: Metalsur S.A.C.

La planilla laboral, incluye 2 Operarios de Mantenimiento, (01 de Mantenimiento Mecánico y 01 de Mantenimiento Eléctrico y Equipos Computo), que son los que Ejecutan el Plan Operativo de mantenimiento Preventivo de la Empresa, que es a su vez supervisado por el Supervisor de Planta o Manufactura.

La jornada de trabajo varía, dependiendo de la cantidad de trabajo. Las jornadas de trabajo pueden ser de un turno, de dos turnos y de tres turnos.

La jornada de trabajo permitirá calcular la disponibilidad de las máquinas. No es igual que se presente una falla en una máquina que se utiliza una jornada al día (8 horas) que si se utilizara 3 jornadas al día (24 horas), ya que en el primer caso la producción perdida puede ser recuperada alargando la jornada de trabajo en los días siguientes, minimizando las pérdidas, situación que no se puede aplicar en el segundo caso al no poder alargar la jornada laboral por lo cual la producción no se podrá recuperar tan fácilmente generándose un atraso y un incumplimiento con el cliente. Es por ello, que en este último caso, el mantenimiento debe ser muy exhaustivo para garantizar la mayor disponibilidad de máquinas posible.

En el caso de Metalsur, la jornada de trabajo consiste en un solo turno de ocho horas diarias dividido en dos partes, el primero de 8:00 am a 12:00 del mediodía y el segundo de 2:00 pm a 6:00 pm, durante seis días a la semana.

4.10. Recursos humanos para el departamento de mantenimiento preventivo

La instalación de la función de mantenimiento preventivo, requiere la incorporación de 2-3 Operarios Técnicos en mantenimiento preventivo. Luego la plantilla de mantenimiento quedará conformada en la siguiente forma.

01 JEFE DE MANTENIMIENTO

A.- Objetivo del cargo

Responsable de la Gestión de Mantenimiento en la Empresa.

B.- Funciones

- a.- Propone a la Gerencia de manufactura el Plan de Mantenimiento Preventivo y mantenimiento Global de la Empresa
- b.- Una vez aprobado el Plan, supervisa y vela por el cumplimiento de la Metas de mantenimiento
- c.-Organiza su área para el mejor desempeño
- d.- Elabora los informes de Gestión de mantenimiento y Reporta a la Gerencia de manufactura
- e.- Supervisa las acciones desarrolladas por el personal a su cargo. (Técnicos de mantenimiento)

C.- Responsabilidades.

Es responsable por todas las funciones asignadas a su cargo

D.- Reporta a: Gerencia de manufactura

E.- Perfil curricular.-

Ingeniero Mecánico, Mecánico Eléctrico o Industrial, graduado, con 02 años de Experiencia en acciones de mantenimiento Preventivo y mantenimiento General.

PERSONAL OPERATIVO

01 TÉCNICO EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.

A.- Objetivo del cargo

Responsable de la Gestión de Mantenimiento Eléctrico en las máquinas y Equipos de la Empresa.

B.- Funciones

- a.- Ejecuta el Plan de mantenimiento eléctrico de la Empresa, el mismo que es proporcionado por la Jefatura de mantenimiento.
- b.- Elaboración de un Plan de Requerimientos e Insumos para un mejor desempeño de su función.
- c.- Elabora los informes de Gestión Diario, semanal y mensual y Reporta a la Jefatura de mantenimiento.

C.- Responsabilidades.

Es responsable por todas las funciones asignadas a su cargo.

D.- Reporta a: Jefatura de mantenimiento.

E.- Perfil curricular:

Técnico Electricista graduado en un Instituto superior (Senati u otro), o bachiller en Ingeniería Eléctrica por lo menos con 01 año de experiencia en labores de mantenimiento.

01 TÉCNICO EN MANTENIMIENTO MECÁNICO

A.- Objetivo del cargo

Responsable de la gestión de mantenimiento mecánico en las máquinas y equipos de la empresa.

B.- Funciones

- a.- Ejecuta el Plan de Mantenimiento Mecánico de la Empresa, el mismo que es proporcionado por la Jefatura de mantenimiento.
- b.- Elaboración de un Plan de Requerimientos e Insumos para un mejor desempeño de su función.

c.- Elabora los informes de Gestión Diario, semanal, mensual y reporta a la Jefatura de Mantenimiento.

C.- Responsabilidades.

Es responsable por todas las funciones asignadas a su cargo.

D.- Reporta a: Jefatura de Mantenimiento.

E.- Perfil curricular.

Técnico Mecánico graduado en un Instituto superior (Senati u otro), o bachiller en Ingeniería Mecánica por lo menos con 01 año de experiencia en labores de mantenimiento.

01 TÉCNICO EN MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE CÓMPUTO Y TELECOMUNICACIONES

A.- Objetivo del cargo

Responsable de la gestión de mantenimiento de equipos de cómputo y telecomunicaciones en los equipos de la empresa. (Computadoras, Internet, Cable, Sistemas Telefónicos y otros).

B.- Funciones

a.- Ejecuta el Plan de Mantenimiento de equipos de cómputo y telecomunicaciones en los Equipos de la Empresa, el mismo que es proporcionado por la Jefatura de mantenimiento.

b.- Elaboración de un Plan de Requerimientos e Insumos para un mejor desempeño de su función.

c.- Elabora los informes de Gestión Diario, semanal, mensual y reporta a la jefatura de mantenimiento.

C.- Responsabilidades.

Es responsable por todas las funciones asignadas a su cargo.

D.- Reporta a: Jefatura de Mantenimiento.

E.- Perfil curricular.

Técnico eléctrico o en telecomunicaciones graduado en un instituto superior (Senati u otro), o bachiller en Ingeniería Telecomunicaciones por lo menos con 01 año de experiencia en labores de mantenimiento.

01 TÉCNICO EN MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS.

A.- Objetivo del cargo

Responsable de la Gestión de Mantenimiento de Infraestructura y Servicios. (Infraestructura Civil y Servicios Básicos: energía, agua, desagüe y otros).

B.- Funciones

a.- Ejecuta el Plan de Mantenimiento de Infraestructura y Servicios, en las Instalaciones de la Empresa, el mismo que es proporcionado por la Jefatura de mantenimiento.

b.- Elaboración de un Plan de Requerimientos e Insumos para un mejor desempeño de su función.

c.- Elabora los informes de Gestión Diario, semanal, mensual y reporta a la Jefatura de Mantenimiento.

C.- Responsabilidades.

Es responsable por todas las funciones asignadas a su cargo.

D.- Reporta a: Jefatura de Mantenimiento.

E.- Perfil curricular.-

Técnico Construcción Civil graduado en un Instituto superior (Senati u otro), o bachiller en Ingeniería Civil, por lo menos con 01 año de experiencia en labores de mantenimiento.

4.11. Características de la producción de la empresa

Conforme ha ido creciendo la empresa, la cantidad de procesos realizados en la planta ha crecido. En un principio la empresa solo realizaba trabajos de pequeña envergadura. Actualmente produce un porcentaje muy variado de productos metálicos.

Para ello básicamente, producen variedad de elementos que a grandes rasgos son:

- Armazón o estructura metálica
- Accesorios metálicos
- Tuberías de distribución de gas
- Piezas
- Entre otros

Los procesos que se dan en la fábrica son aquellos que consisten en:

Transformar las planchas metálicas en partes de la estructura o armazón de los productos y en obtener partes o piezas de metal y el ensamblaje.

La producción realizada en la empresa Metalsur es de una gran variedad de productos los cuales se producen por lotes. El tipo de producto a producir y la magnitud del lote son determinados por la orden de trabajo otorgada por las empresas clientes.

Para la fabricación de los productos, la empresa cuenta con diversas máquinas como son principalmente los tornos, fresas, taladros, máquinas de soldar, prensa hidráulica, siendo en su mayoría de manejo mecánico.

4.12. FODA de la empresa

<p>Fortalezas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Personal experimentado en su trabajo - Imagen adecuada de la empresa ante la sociedad. - Precios competitivos en el mercado - Compromiso del personal con su labor. - Amplia cartera de clientes 	<p>Oportunidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ofertas de capacitación de parte de institutos. - Certificaciones de calidad. - Licitaciones públicas. - Incremento de la participación en el mercado. - Ampliación de la cartera de productos.
<p>Debilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Falta de mantenimiento preventivo - Recursos económicos limitados. - Inexistencia de codificación de los equipos y maquinarias - Maquinarias con años de antigüedad. - Ausencia de un plan de mantenimiento integral para la empresa. - Ausencia de adiestramiento y capacitación 	<p>Amenazas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aumento de competidores - Repuestos de equipos ya no se encuentran en el país. - Competidores certificados y acreditados. - Competidores con precios más económicos

Elaboración: Propia.



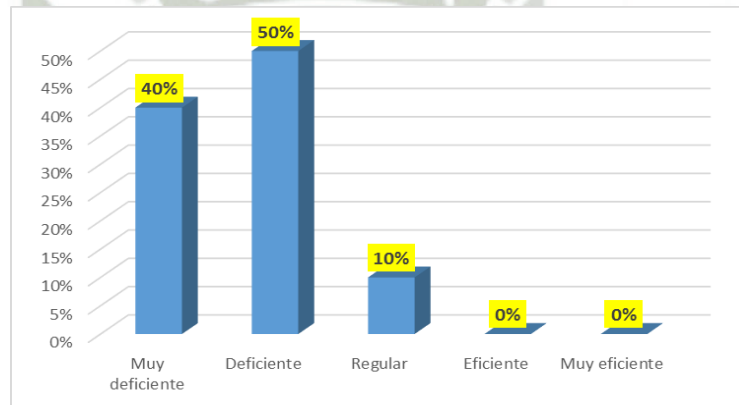
4.13. Resultados del cuestionario aplicado a los colaboradores de la empresa

Tabla 5. ¿Cómo considera que el mantenimiento es visto por el resto de la empresa?

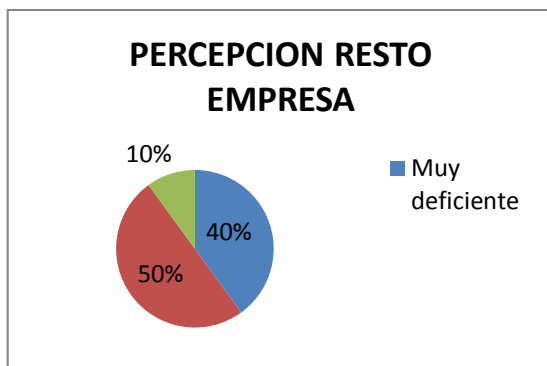
Categoría	fi	%
Muy deficiente	4	40%
Deficiente	5	50%
Regular	1	10%
Eficiente	0	0%
Muy eficiente	0	0%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

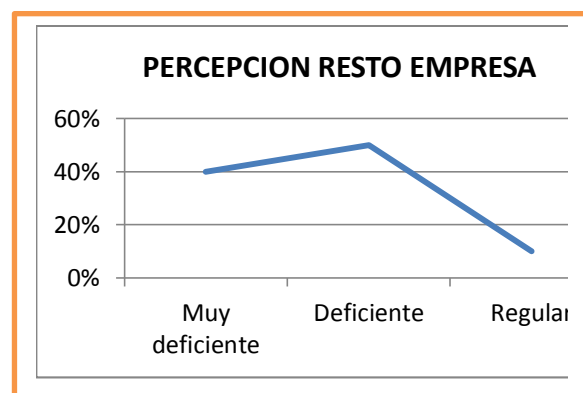
Gráfico 1 ¿Cómo considera que el mantenimiento es visto por el resto de la empresa?



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



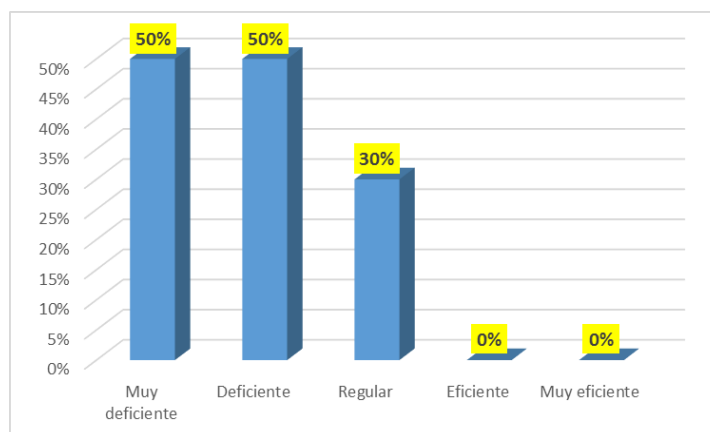
Conclusión: La percepción del mantenimiento del resto de la empresa es Totalmente Deficiente. Deficiente (50%) y muy deficiente (40%).

Tabla 6. ¿Cómo considera la atención que se le da al departamento de mantenimiento por los administrativos?

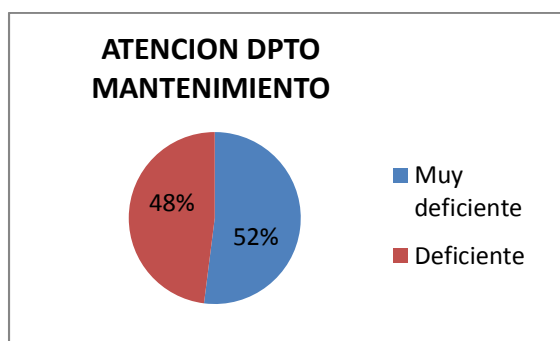
Categoría	fi	%
Muy deficiente	5	50%
Deficiente	5	50%
Regular	0	0%
Eficiente	0	0%
Muy eficiente	0	0%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

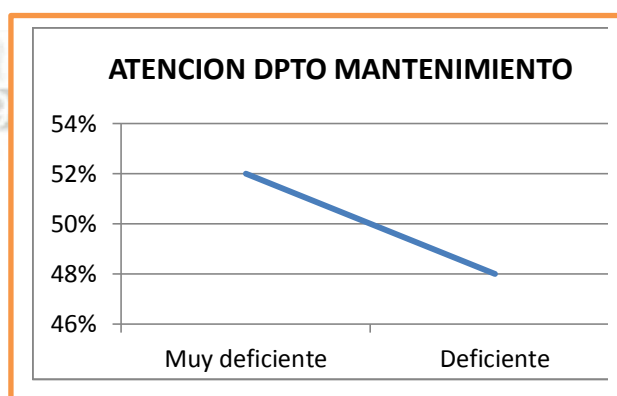
Gráfico 2 ¿Cómo considera la atención que se le da al departamento de mantenimiento por los administrativos?



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia



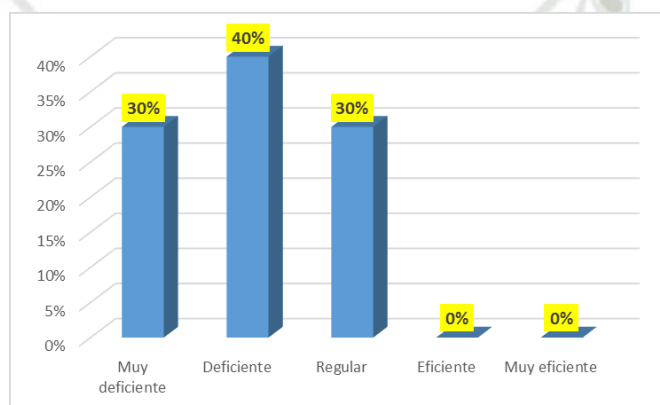
Conclusión: La atención al Departamento de mantenimiento es Totalmente Deficiente. Muy deficiente (52%) y deficiente (48%).

Tabla 7. ¿Cómo considera al sistema actual con que administran el mantenimiento?

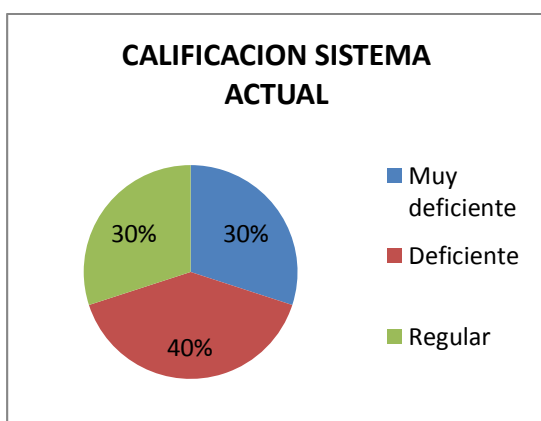
Categoría	fi	%
Muy deficiente	3	30%
Deficiente	4	40%
Regular	3	30%
Eficiente	0	0%
Muy eficiente	0	0%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

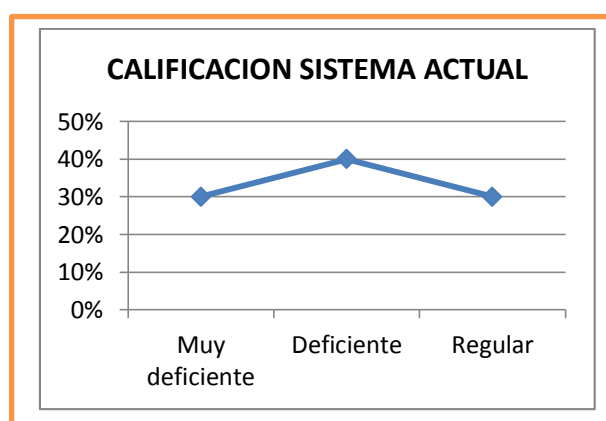
Gráfico 3 ¿Cómo considera al sistema actual con que administran el mantenimiento?



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



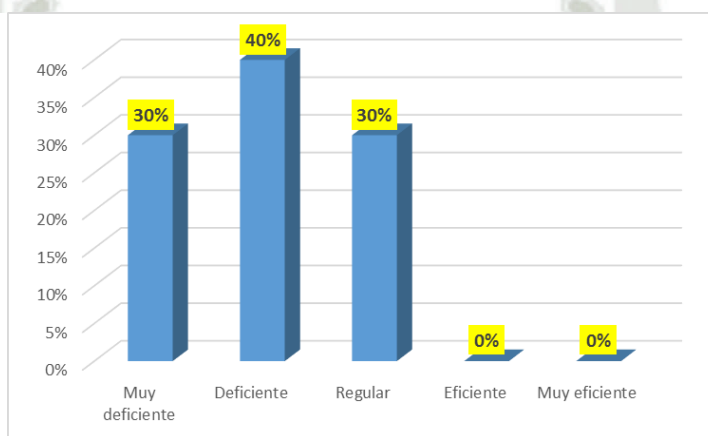
Conclusión: La mayoría del Personal de la empresa percibe que el sistema actual con que administran el mantenimiento es Malo. Deficiente (40%) y regular y muy deficiente (30%).

Tabla 8. ¿Cómo considera las funciones del área de mantenimiento?

Categoría	fi	%
Muy deficiente	3	30%
Deficiente	4	40%
Regular	3	30%
Eficiente	0	0%
Muy eficiente	0	0%
Total	10	100%

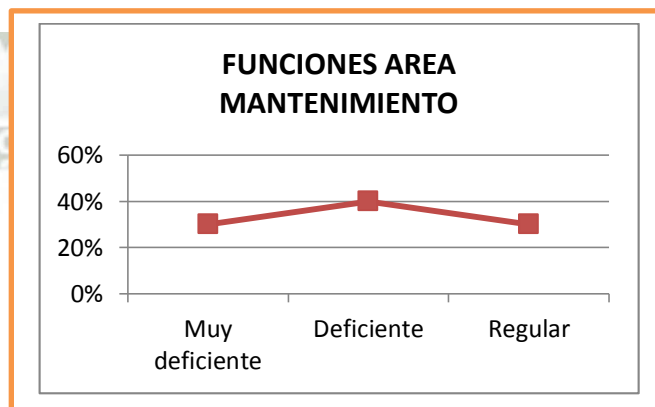
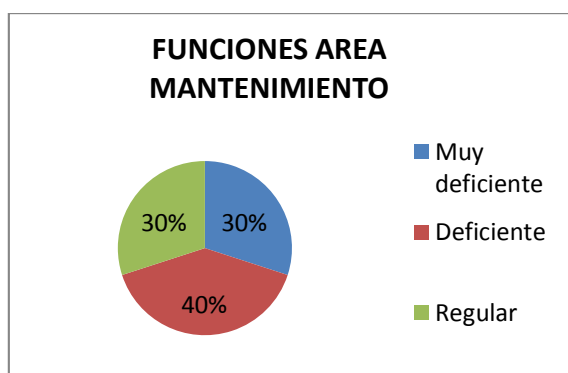
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4 ¿Cómo considera las funciones del área de mantenimiento?



Fuente: Elaboración propia

Gran parte del personal de la empresa percibe que las funciones del área de mantenimiento son deficiente (40%) y muy deficientes y regulares (30%).



Fuente: Elaboración propia.

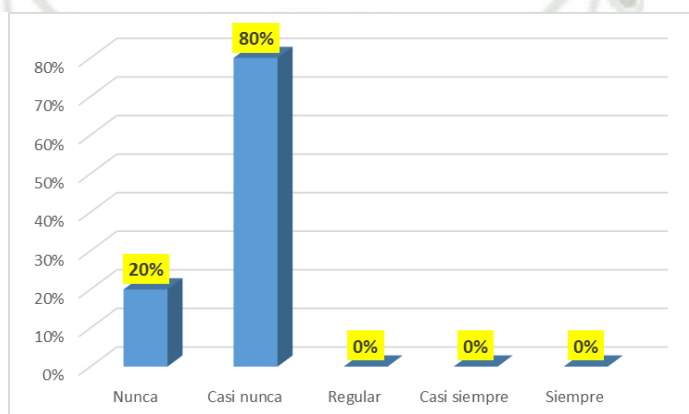
Conclusión: Las Funciones de mantenimiento son percibidas como Regulares a Deficientes. Deficiente (40%) y muy deficientes (30%), y regulares (30%).

Tabla 9. ¿En qué grado se desarrolla el mantenimiento preventivo dentro de la empresa?

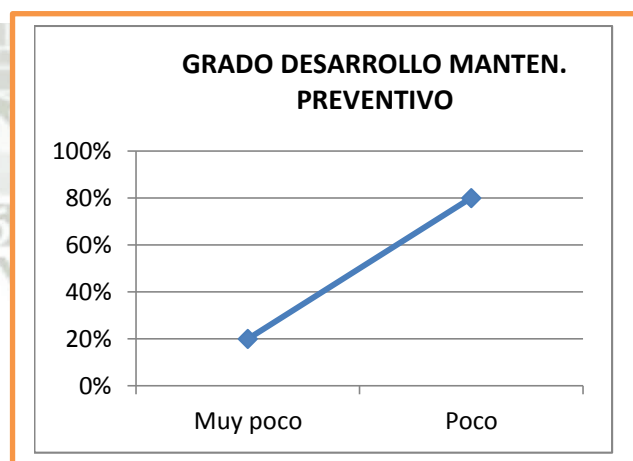
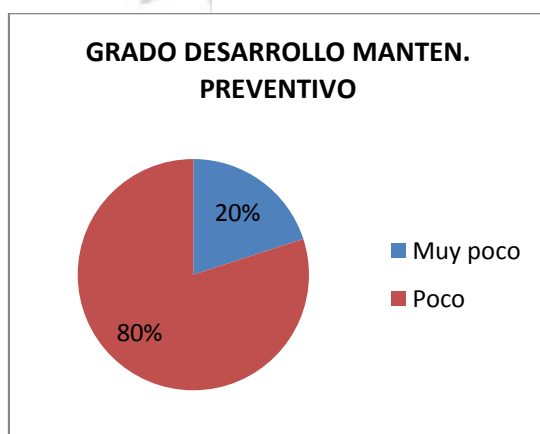
Categoría	fi	%
Nunca	2	20%
Casi nunca	8	80%
Regular	0	0%
Casi siempre	0	0%
Siempre	0	0%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5 ¿En qué grado se desarrolla el mantenimiento preventivo dentro de la empresa?



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

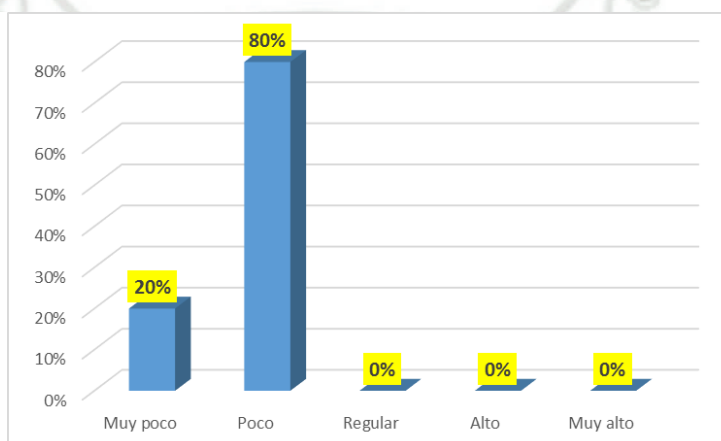
Conclusión: Gran parte del personal de la empresa percibe que el grado en que se desarrolla el mantenimiento preventivo dentro de la empresa es casi nunca (80%) y nunca (20%)

Tabla 10. ¿Cómo considera el tiempo destinado a mantenimiento preventivo mensualmente?

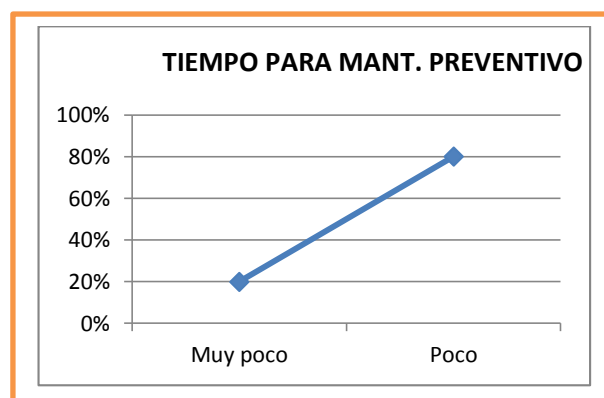
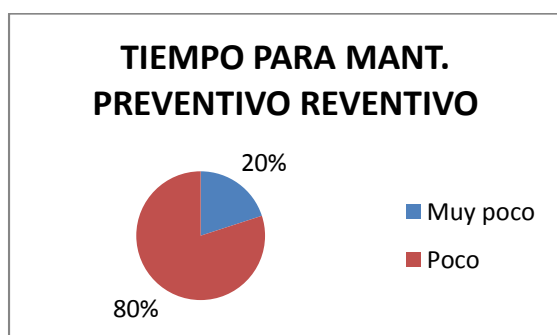
Categoría	fi	%
Muy poco	2	20%
Poco	8	80%
Regular	0	0%
Alto	0	0%
Muy alto	0	0%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6 ¿Cómo considera el tiempo destinado a mantenimiento preventivo mensualmente?



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

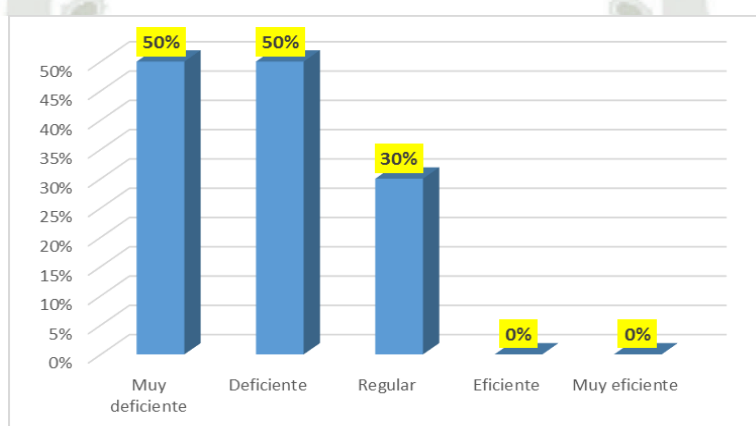
Conclusión: Gran parte del personal de la empresa percibe que el tiempo destinado a mantenimiento preventivo mensualmente es poco (80%) y muy poco (20%).

Tabla 11. ¿Cómo considera la planeación del mantenimiento del equipo?

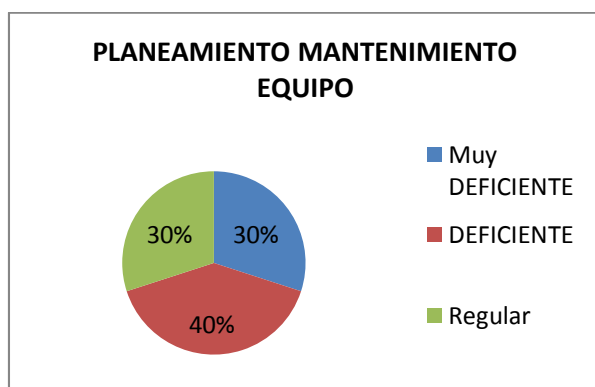
Categoría	fi	%
Muy deficiente	3	30%
Deficiente	4	40%
Regular	3	30%
Eficiente	0	0%
Muy eficiente	0	0%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

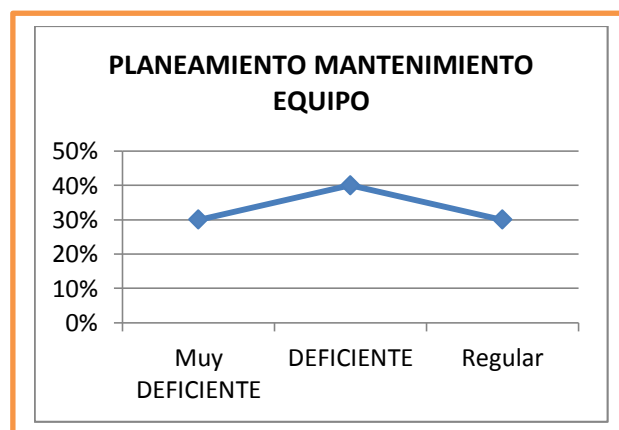
Gráfico 7 ¿Cómo considera la planeación del mantenimiento del equipo?



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



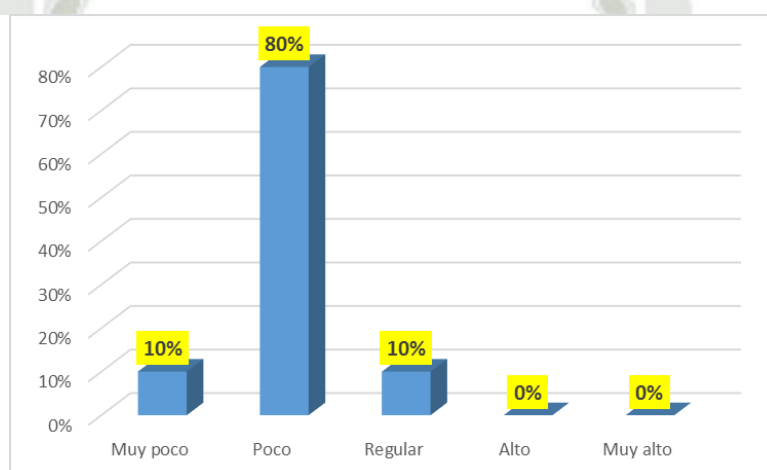
Conclusión: La planeación del mantenimiento del equipo es de Regular a Deficiente. Deficiente (40%), muy deficientes (30%) y regulares (30%).

Tabla 12. ¿Cómo considera el costo por mantenimiento?

Categoría	fi	%
Muy poco	1	10%
Poco	8	80%
Regular	1	10%
Alto	0	0%
Muy alto	0	0%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia.

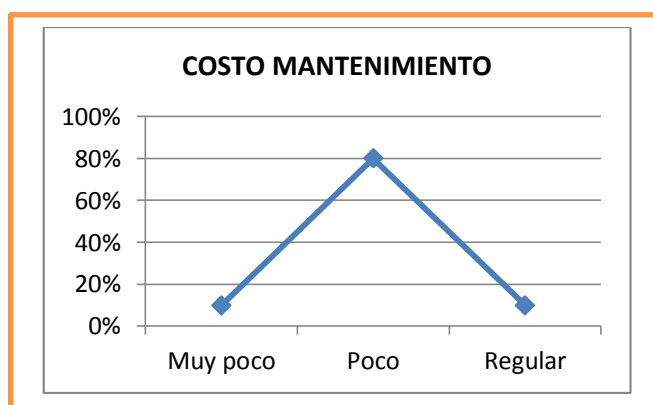
Gráfico 8 ¿Cómo considera el costo por mantenimiento?



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia



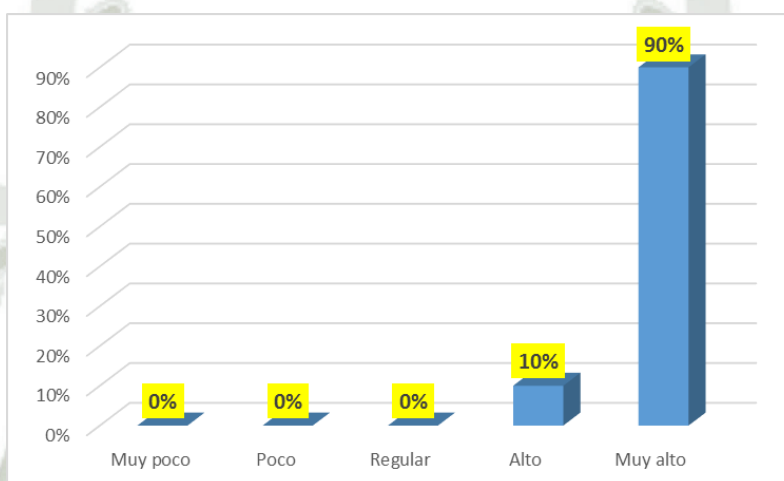
Conclusión: Gran parte del personal de la empresa percibe que el Costo de Mantenimiento Preventivo mensualmente es deficiente. (Poco (80%) y muy poco y regular (10%).

Tabla 13. ¿Cómo considera los gastos por mantenimiento correctivo?

Categoría	fi	%
Muy poco	0	0%
Poco	0	0%
Regular	0	0%
Alto	10	10%
Muy alto	9	90%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

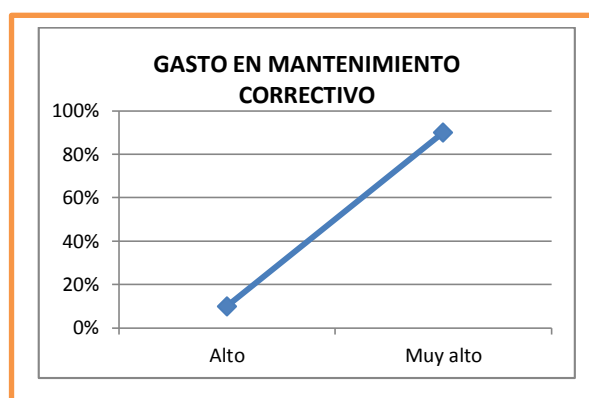
Gráfico 9 ¿Cómo considera los gastos por mantenimiento correctivo?



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia



Conclusión: Gran parte del personal de la empresa percibe que los gastos por mantenimiento correctivo son muy altos (90%) y altos (10%).

Tabla 14. ¿Qué grado de mantenimiento correctivo existe en comparación al mantenimiento preventivo?

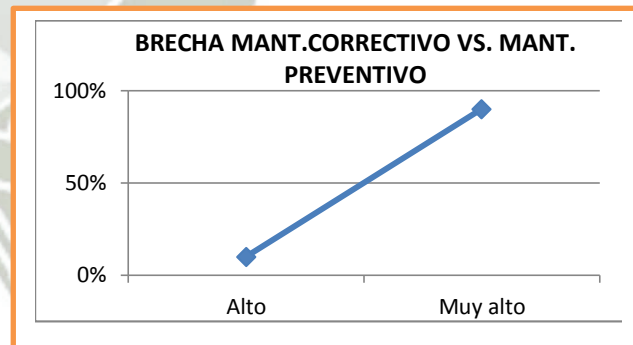
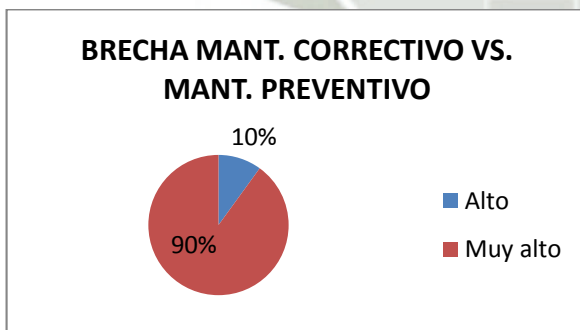
Categoría	fi	%
Muy poco	0	0%
Poco	0	0%
Regular	0	0%
Alto	10	10%
Muy alto	9	90%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10 ¿Qué grado de mantenimiento correctivo existe en comparación al mantenimiento preventivo?



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia

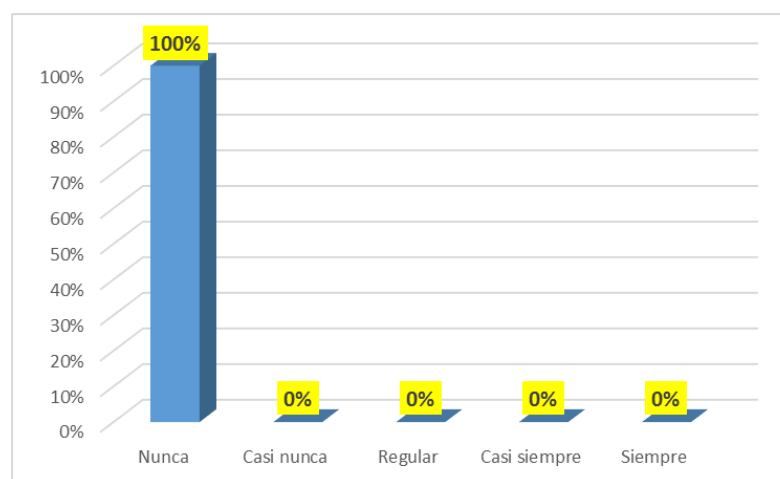
Conclusión: Gran parte del personal de la empresa percibe que la brecha entre el mantenimiento correctivo en comparación al mantenimiento preventivo es muy alto (90%) y alto (10%).

Tabla 15. ¿En qué grado se desarrolla el mantenimiento predictivo dentro de la empresa?

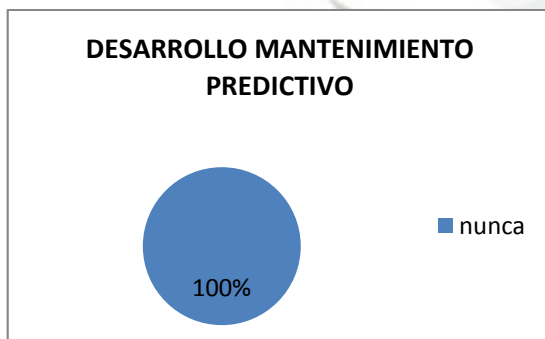
Categoría	fi	%
Nunca	10	100%
Casi nunca	0	0%
Regular	0	0%
Casi siempre	0	0%
Siempre	0	0%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

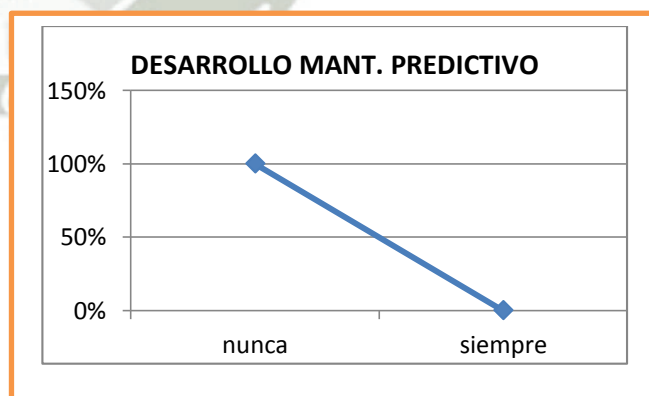
Gráfico 11 ¿En qué grado se desarrolla el mantenimiento predictivo dentro de la empresa?



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia



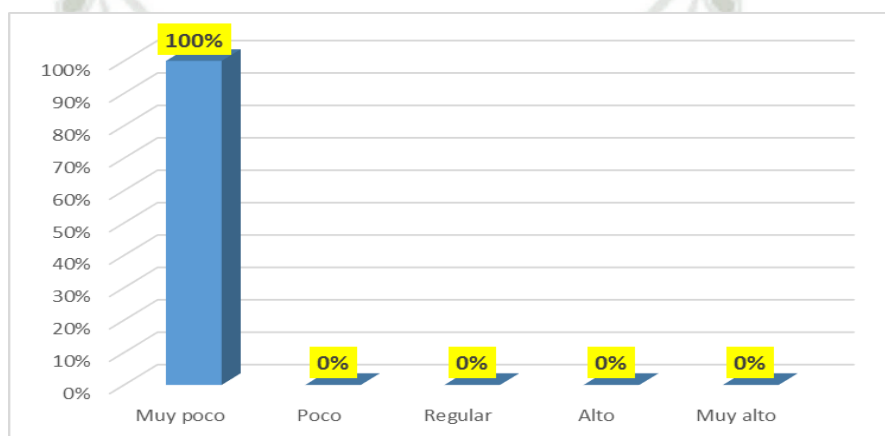
Conclusión: El grado de Desarrolla de Mantenimiento predictivo es nulo. (1005).

Tabla 16. ¿Cómo considera el tiempo destinado a mantenimiento predictivo mensualmente?

Categoría	fi	%
Muy poco	0	100%
Poco	0	0%
Regular	0	0%
Alto	0	0%
Muy alto	0	0%
Total	10	100%

Fuente: Elaboración propia

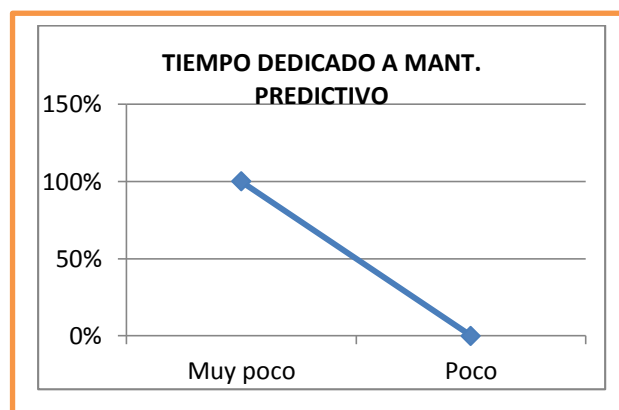
Gráfico 12 ¿Cómo considera el tiempo destinado a mantenimiento predictivo mensualmente?



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.



Conclusión: El tiempo destinado a mantenimiento preventivo mensualmente es nulo (100%).

CONCLUSIÓN FINAL: No existe gestión de mantenimiento preventivo en la empresa.

CAPITULO V

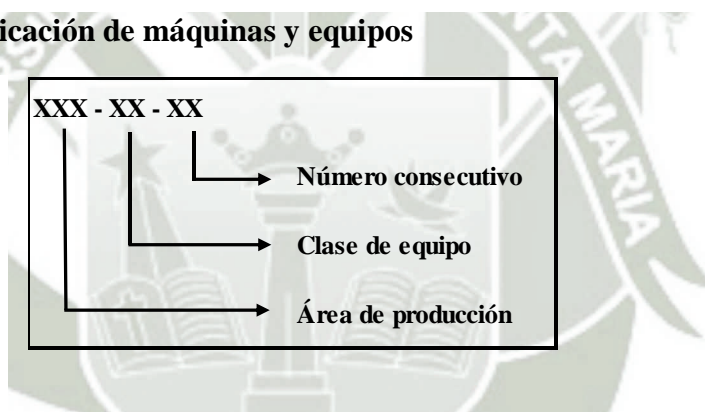
DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA

5.1. Codificación de máquinas y equipos

La codificación tiene como finalidad otorgar un código a cada máquina y equipo de la planta de producción para poder diferenciarlos de acuerdo a las diferentes áreas y a las características de los mismos.

El código que se otorgará a cada equipo será determinado por un sistema alfanumérico, el cual está compuesto por el código del área de trabajo y la clase de la máquina o equipo, de manera correlativa.

Imagen 13. Codificación de máquinas y equipos



Fuente: Elaboración propia

b. Códigos del área de manufactura:

Áreas de manufactura	Código
Almacén de herramientas e insumos.	AHI
Almacén de materia prima.	AMP
Almacén de producto terminado.	APT
Carpintería metálica	CRM
Ensamble y montaje.	ENM
Equipos de transporte.	ETR
Estructuras.	EST
Mantenimiento.	MAN

Manufactura.	MEC
Pintura y acabado.	PIA
Administración	ADM

b. Códigos de equipos.

EQUIPOS	CÓDIGO
Caladora.	CA
Cilindradora.	CI
Compresor de aire.	CA
Dobladora.	DO-
Esmeril	ES
Fresadora.	FR
Limadora.	LI
Prensa hidráulica.	PH
Prensa manual.	PM
Pulidora.	PU
Soldador de arco eléctrico.	SA
Soldador MIG.	SM
Taladro de árbol.	TA
Taladro múltiple.	TM
Taladro manual.	TN
Taladro radial.	TR
Torno paralelo universal.	TP

c. Número correlativo

Número correlativo de existir más de una máquina o equipo (tres números)

Ejemplo:

Código de equipo: PIA-CA-002

Área de producción: Mecanizado

Clase de equipo: Compresora de Aire

Número consecutivo: 002

5.2. Inventario de máquinas y equipos

Tabla 17. Inventario de equipos del área de manufactura y pintado

CÓDIGO	EQUIPO	FABRICANTE	MODELO	AÑO
MEC-TP-001	Torno paralelo	FAMA	STY 66/300	2002
MEC-TP-002	Torno paralelo	FAMA	STY 66/300	2002
MEC-TR-001	Taladro radial	MAS	VO32	2000
MEC-TM-001	Taladro múltiple.	ACIERA	Jnv 315.14	2001
MLC-IM-002	Taladro múltiple.	ACIERA	Jnv 315.14	2001
MEC-TA-001	Taladro de árbol.	TOS		1997
MEC-FR-001	Fresadora Universal	METBA	MB-0	2007
EST-PH-001	Prensa hidráulica.	STENHOJ	H100	1991
EST-DO-001	Dobladora.	CAOPAR	14	2000
EST-MG-001	Soldador MIG	MILLER	XMT304 / S-60	2013
EST-MG-002	Soldador MIG	LINCOLN	CV-400 / L9	2011
EST-SA-001	Soldador arco Elec.	OERLIKON	GL-220	2014
EST-SA-002	Soldador arco Elec.	OERLIKON	GL-220	2014
EST-SA-003	Soldador arco Elec.	OERLIKON	GL 250 RE	2013
PIA-CA-001	Compresor de aire.	A.F.M.	6528	2009
PIA-CA-002	Compresor de aire Alternativo	Campbell	HX5103999	2014
CRM-ES-001	Esmeril	BLACK & DECKER		2015
CRM-ES-002	Esmeril	BLACK & DECKER		2007
CRM-PU-001	Pulidora.	DEVVALT	DW402	2010
AHI-TM-001	Taladro manual	BLACK & DECKER		2015
AHT-TM-002	Taladro manual	BLACK & DECKER		2015
AHTI-CA-001	Sierra Caladora	BOSCH	GST 65 BE	2013

Fuente: Elaboración propia

Imagen 14. Vista derecha de la distribución de las máquinas y equipos



Fuente: Metalsur S.A.C.

Imagen 15. Vista posterior de la distribución de las máquinas y equipos



Fuente: Metalsur S.A.C.

Imagen 16. Vista izquierda de la distribución de las máquinas y equipos



Fuente: Metalsur S.A.C.



Tabla 18. Inventario de equipos y mobiliario del resto de áreas de la empresa

CÓDIGO	EQUIPO	FABRICANTE	MODELO	AÑO
AH1-ES-001	Estante metálico Ranurado	Fort	133 cm de largo x 30 cm de fondo x 240 cm de alto	2004
AMP-ES-001	Estante metálico Ranurado	Fort	133 cm de largo x 45 cm de fondo x 240 cm de alto	2004
APT-ES-001	Estante metálico Ranurado	Fort	133 cm de largo x 45 cm de fondo x 240 cm de alto	2008
AH1-MM-001	Mesa de metal	Fort	110 cm de largo x 65 cm de ancho, 94 cm de altura	2004
AMP-MM-001	Mesa de metal	Fort	110 cm de largo x 65 cm de ancho, 94 cm de altura	2004
AH1-ES-001	Mueble metálico	TOS	50 cm de alto, 140 cm de ancho, 31 cm de fondo.	1999
AH1-PC-001	Computadora	Lenovo	Core I 3	2015
ADM-PC-001	Laptop	HP	Core I 5	2016
REC-PC-001	Computadora	Lenovo	240 G3	2014
REC-TV-001	Televisor Smart HD 40"	Samsung	UN40J5300AGCZB	2015
ADM-IM-001	Impresora	HP	LaserJet Pro P1102w	2015

Fuente: Elaboración propia

5.3. Análisis de criticidad

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis.

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

Criticidad = Frecuencia x Consecuencia.

Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o proceso evaluado y la consecuencia está referida con: el impacto y flexibilidad operacional, los costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente.

En la presente investigación, permitirá determinar cuáles serán los equipos en los que se va a implementar el plan de mantenimiento preventivo, es necesario evaluar la criticidad de cada uno de ellos con respecto a la producción, calidad, mantenimiento y seguridad. Los criterios para realizar el análisis de criticidad en cada uno de los equipos se basa en los siguientes aspectos:

a. Producción.

- Tasa de utilización del equipo.

Tabla 19. Valores para la tasa de marcha

Calificación	Característica
4	> 80%
2	Entre 50 y 80 %
1	< 50 %

Fuente: Elaboración propia

Equipo Auxiliar: valor que indica que posibilidades existen de recuperar la producción con otro equipo.

Tabla 20. Valores para equipo auxiliar

Calificación	Característica
5	Sin posibilidad de reemplazo. Única existencia
4	Equipos de la misma clase en el proceso productivo
1	Equipo con duplicado

Fuente: Elaboración propia

- Influencia del equipo en el proceso de producción.

Tabla 21. Valores de influencia del equipo en el proceso

Calificación	Característica
5	Paro del proceso de producción
4	Influencia importante
2	Influencia relativa
1	No interviene en el proceso principal

Fuente: Elaboración propia

b. Calidad.

- Influencia del equipo en la calidad final del producto.

Tabla 22. Valores para la influencia en la calidad final del producto

Calificación	Característica
5	Decisiva
4	Importante
2	Sensible
1	Nula

Fuente: Elaboración propia

c. Mantenimiento.

Costo mensual de mantenimiento.

Tabla 23. Valores según costo mensual de mantenimiento (En soles)

Calificación	Característica
4	> 10000
2	Entre 10000 y 3000
1	<Menos de 3000

Fuente: Elaboración propia.

Número de horas de paradas por averías en el mes.

Tabla 24. Valores para el número de horas de paro por mes

Calificación	Característica
4	Mayor 3 horas
2	Entre 1 a 3 horas
1	Menor 1 hora

Fuente: Elaboración propia

Grado de especialización del equipo.

Tabla 25. Valores según grado de especialización del equipo

Calificación	Característica
4	Especialista
2	Normal
1	Sin especialidad

Fuente: Elaboración propia

d. Seguridad.

- Influencia que tiene el equipo con respecto a la seguridad industrial y medio ambiente.

Tabla 26. Valores de influencia del equipo sobre la seguridad industrial

Calificación	Característica
5	Riesgo mortal
4	Riesgo para la instalación
2	Influencia relativa
1	Sin influencia

Fuente: Elaboración propia

Con la suma de todas las puntuaciones se establecen tres grupos de criticidad:

I. índice de criticidad entre 25 y 35: Equipos críticos para los cuales se les implementará el plan de mantenimiento preventivo.

II. índice de criticidad entre 16 y 24: Equipos de importancia media, que en un determinado momento pueden llegar a ser críticos. A estos equipos se les llevará la documentación necesaria para hacerles control sobre las actividades de mantenimiento.

III. índice de criticidad menor a 15: Equipos secundarios en el proceso que pueden ser sometidos a un plan de mantenimiento correctivo.



Tabla 27. Matriz de criticidad para las máquinas

Código AVM	Equipo	Producción			Calidad	Mantenimiento			Seguridad	Valor de criticidad
		Tasa de marcha	Equipo auxiliar	Influencia sobre el proceso	Influencia en la calidad del producto	Costo mensual de mantenimiento	Horas de paro en el mes	Grado de especialista	Influencia en la seguridad o medio ambiente	
MEC-TP-001	Torno paralelo	4	5	5	5	4	4	4	4	35
MEC-TP-002	Torno paralelo	4	5	5	5	2	4	4	4	33
MEC-TR-001	Taladro radial	4	4	5	5	2	4	4	4	32
MEC-TM-001	Taladro múltiple.	4	2	3	2	1	1	2	2	17
MLC-IM-002	Taladro múltiple.	4	2	3	2	1	1	2	2	17
MEC-TA-001	Taladro de árbol.	4	2	3	2	1	1	2	2	17
MEC-FR-001	Fresadora Universal	4	4	4	3	2	4	3	4	28
EST-PH-001	Prensa hidráulica.	2	4	5	3	2	1	2	2	21
EST-DO-001	Dobladora.	1	1	1	2	1	1	1	1	9
EST-MG-001	Soldador MIG	4	1	4	4	1	1	4	4	23
EST-MG-002	Soldador MIG	4	1	4	4	1	1	4	4	23
EST-SA-001	Soldador arco eléctrico	4	1	4	4	1	1	4	4	23
EST-SA-002	Soldador arco eléctrico	4	1	4	4	1	1	4	4	23
EST-SA-003	Soldador arco eléctrico	4	1	4	4	1	1	4	4	23
PIA-CA-001	Compresor de aire.	4	1	4	4	1	1	3	4	22
PIA-CA-002	Compresor de aire.	4	1	4	4	1	1	3	4	22
CRM-ES-001	Esmeril	2	1	2	2	2	1	2	2	14
CRM-ES-002	Esmeril	2	1	2	2	2	1	2	2	14
CRM-PU-001	Pulidora.	4	1	2	2	1	1	1	2	14
AHI-TM-001	Taladro manual	1	1	2	2	1	1	1	1	10
AHT-TM-002	Taladro manual	1	1	2	2	1	1	1	1	10

Nota: El valor de criticidad es el resultado de producción más calidad, más mantenimiento y seguridad. Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Matriz de criticidad ordenada para las máquinas y equipos de las áreas de manufactura y pintado

Código AVM	Equipo	Producción			Calidad	Mantenimiento			Seguridad	Valor de criticidad
		Tasa de marcha	Equipo auxiliar	Influencia sobre el proceso	Influencia en la calidad del producto	Costo mensual de mantenimiento	Horas de paro en el mes	Grado de especialista	Influencia en la seguridad o medio ambiente	
MEC-TP-001	Torno paralelo	4	5	5	5	4	4	4	4	35
MEC-TP-002	Torno paralelo	4	5	5	5	2	4	4	4	33
MEC-TR-001	Taladro radial	4	4	5	5	2	4	4	4	32
MEC-FR-001	Fresadora	4	4	4	3	2	4	3	4	28
EST-MG-001	Soldador MIG	4	1	4	4	1	1	4	4	23
EST-MG-002	Soldador MIG	4	1	4	4	1	1	4	4	23
EST-SA-001	Soldador arco eléctrico	4	1	4	4	1	1	4	4	23
EST-SA-002	Soldador arco eléctrico	4	1	4	4	1	1	4	4	23
EST-SA-003	Soldador arco eléctrico	4	1	4	4	1	1	4	4	23
PIA-CA-001	Compresor de aire.	4	1	4	4	1	1	3	4	22
PIA-CA-002	Compresor de aire.	4	1	4	4	1	1	3	4	22
EST-PH-001	Prensa hidráulica.	2	4	5	3	2	1	2	2	21
MEC-TM-001	Taladro múltiple.	4	2	3	2	1	1	2	2	17
MLC-IM-002	Taladro múltiple.	4	2	3	2	1	1	2	2	17
MEC-TA-001	Taladro de árbol.	4	2	3	2	1	1	1	1	15
CRM-ES-001	Esmeril	2	1	2	2	2	1	2	2	14
CRM-ES-002	Esmeril	2	1	2	2	2	1	2	2	14
CRM-PU-001	Pulidora.	4	1	2	2	1	1	1	2	14
AHI-TM-001	Taladro manual	1	1	2	2	1	1	1	1	10
AHT-TM-002	Taladro manual	1	1	2	2	1	1	1	1	10
EST-DO-001	Dobladora.	1	1	1	2	1	1	1	1	9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Matriz de criticidad ordenada para los equipos y mobiliarios del resto de áreas de la empresa

Código AVM	Equipo	Producción			Calidad	Mantenimiento			Seguridad	Valor de criticidad
		Tasa de marcha	Equipo auxiliar	Influencia sobre el proceso	Influencia en la calidad del producto	Costo mensual de mantenimiento	Horas de paro en el mes	Grado de especialista	Influencia en la seguridad o medio ambiente	
AH1-PC-001	Computadora	1	3	2	2	3	2	4	2	19
ADM-PC-001	Laptop	1	3	2	2	3	2	4	2	19
REC-PC-001	Computadora	1	3	2	2	3	2	4	2	19
ADM-IM-001	Impresora	1	2	2	2	2	2	4	2	17
AH1-ES-001	Estante metálico Ranurado	0	1	1	1	1	1	1	1	7
AMP-ES-001	Estante metálico Ranurado	0	1	1	1	1	1	1	1	7
APT-ES-001	Estante metálico Ranurado	0	1	1	1	1	1	1	1	7
AH1-MM-001	Mesa de metal	0	1	1	1	1	1	1	1	7
AMP-MM-001	Mesa de metal	0	1	1	1	1	1	1	1	7
AH1-ES-001	Mueble metálico	0	1	1	1	1	1	1	1	7
REC-TV-001	Televisor Smart HD 40"	0	0	0	0	2	0	4	1	7

Fuente: Elaboración propia



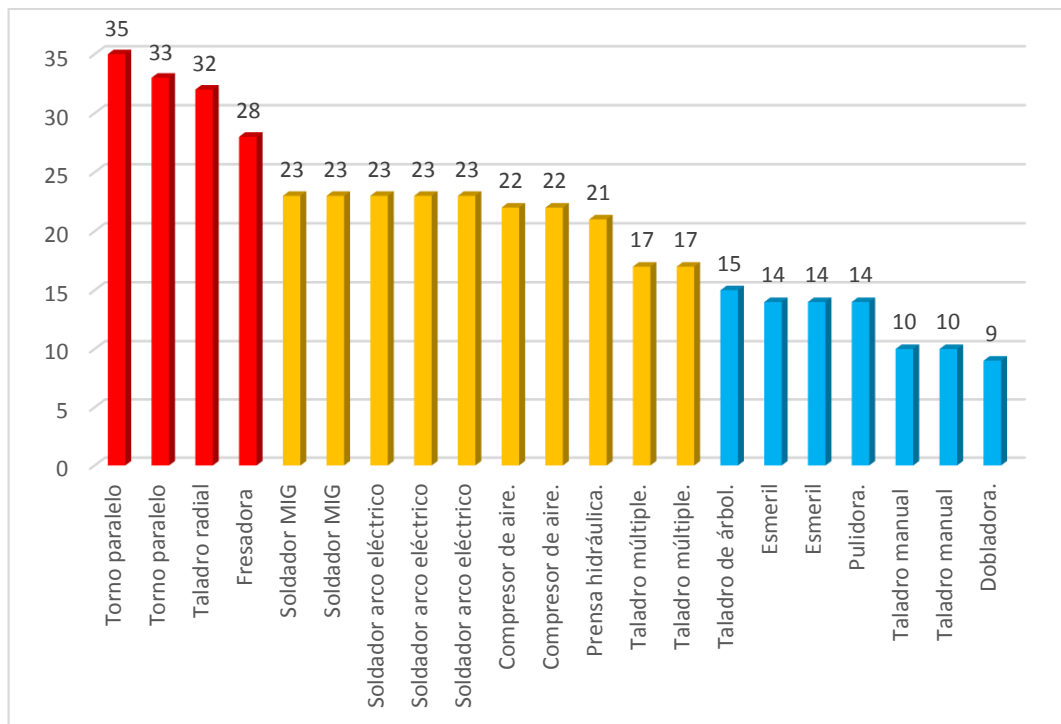
Tabla 30. Índice de criticidad

Índice de criticidad	Condición	Color
25 a 35	Equipos críticos	Red
16 a 24	Equipos de importancia media	Yellow
0 a 15	Equipos secundarios	Blue

Fuente: Elaboración propia

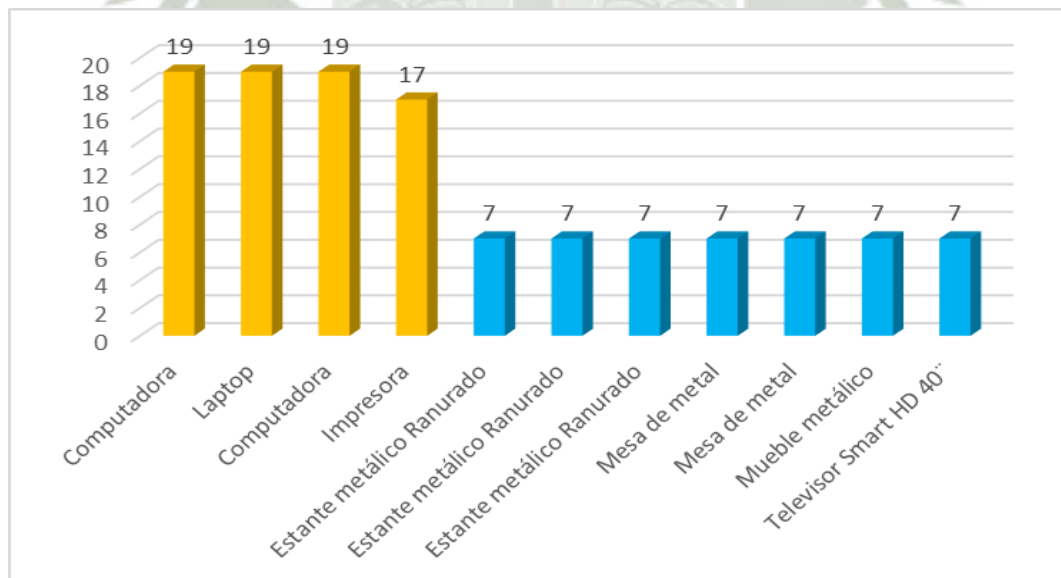


Gráfico 13 Criticidad de máquinas y equipos de las áreas de manufactura y pintado



Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 14 Criticidad de máquinas y equipos del resto de áreas de la empresa



Fuente: Elaboración Propia

5.3.1. La criticidad un enfoque de optimización

La Criticidad es una herramienta que nos permite tomar decisiones de mantenimiento, en cuanto a la Programación y Ejecución del mismo, acciones que tienen un trasfondo económico y un costo para la empresa.

Es necesario establecer un Plan de acciones que priorice los elementos o equipos de mayor Criticidad, respecto del resto, otorgándole una mayor cantidad de recursos.

Para este propósito podemos usar las Técnicas o Diagramas de Pareto,

El diagrama de Pareto es una herramienta de análisis que ayuda a tomar decisiones en función de prioridades, el diagrama se basa en el principio enunciado por Vilfredo Pareto que dice:

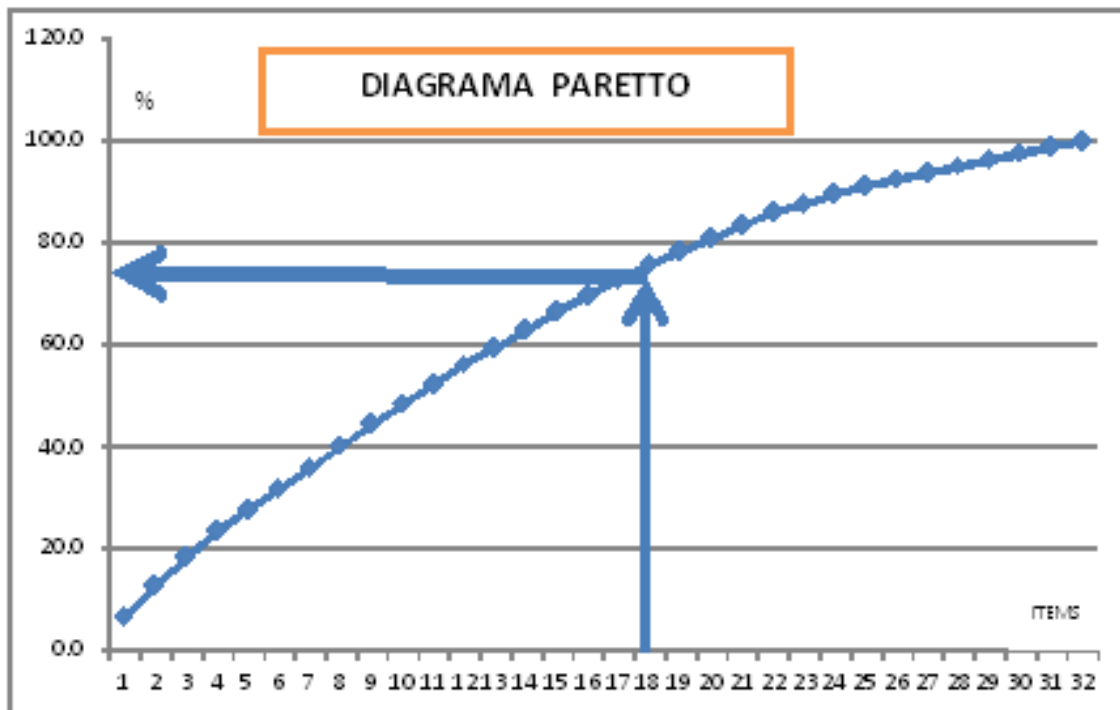
"El 80% de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20% de las causas que los originan".

Para nuestro caso, y de acuerdo a la naturaleza propia del problema que analizamos un 75% del problema global de la criticidad podrá ser explicado por un 50% de los equipos. De acuerdo con el análisis desarrollado y que es el siguiente

-La planta instalada cuenta con 37 equipos, de los cuales unos 18 (50%), explican el 75% del problema, de acuerdo al grafico siguiente

En otras palabras: un 20% de los errores vitales, causan el 80% de los problemas, o lo que es lo mismo: en el origen de un problema, siempre se encuentran un 20% de causas vitales y un 80% de triviales.

Es por lo enunciado en los párrafos anteriores que al Diagrama de Pareto también se le conoce también como regla 80 - 20 o también por "muchos triviales y pocos vitales" o por la curva C-A-B.



El grafico tiene como fuente el cuadro adjunto, el mismo que nos determina tres tipos de Equipos A,B,C.

1.- Equipos A.-

De máxima prioridad, se les dará un tratamiento tipo A (Mantenimiento tipo A)

2.- Equipos B

De mediana prioridad, se les dará un tratamiento tipo B (Mantenimiento tipo B)

3.- Equipos C

De baja prioridad, se les dará un tratamiento tipo C (Mantenimiento tipo C)

Tabla 31. Análisis de Pareto

ANÁLISIS PARETO						
Item-%-Acumulado	Item	Equipo	I.C.	ICA	ICA-%	Clase
3.13	1	TORNO-1	36	36	6.5	A
6.25	2	TORNO-2	33	69	12.5	
9.38	3	TALADRO	32	101	18.3	
12.50	4	Fresadora	28	129	23.4	
15.63	5	Soldadora	23	152	27.5	
18.75	6	Soldadora	23	175	31.7	
21.88	7	Soldadora	23	198	35.9	
25.00	8	Soldadora	23	221	40.0	
28.13	9	Soldadora	23	244	44.2	
31.25	10	Compresora	22	266	48.2	
34.38	11	Compresora	22	288	52.2	B
37.50	12	Prensa	21	309	56.0	
40.63	13	Computador	19	328	59.4	
43.75	14	Laptop	19	347	62.9	
46.88	15	Computador	19	366	66.3	
50.00	16	Taladro	17	383	69.4	
53.13	17	Taladro	17	400	72.5	
56.25	18	Impresora	17	417	75.5	
59.38	19	Taladro	15	432	78.3	C
62.50	20	Esmeril	14	446	80.8	
65.63	21	Esmeril	14	460	83.3	
68.75	22	Pulidora	14	474	85.9	
71.88	23	Taladro man.	10	484	87.7	
75.00	24	Taladro man.	10	494	89.5	
78.13	25	Dobladora	9	503	91.1	
81.25	26	Est. Metalico	7	510	92.4	
84.38	27	Est. Metalico	7	517	93.7	
87.50	28	Est. Metalico	7	524	94.9	
90.63	29	Mesa	7	531	96.2	
93.75	30	Mesa	7	538	97.5	
96.88	31	Mueble-Met.	7	545	98.7	
100.00	32	TV-Smarth	7	552	100.0	

Fuente: Elaboración propia

5.4. Diagnóstico final del mantenimiento actual de la empresa

Tras concluir el análisis de criticidad de los productos de la empresa se puede evidenciar que esta no administra adecuadamente el mantenimiento de la maquinaria limitándose a realizar sólo mantenimiento correctivo. Es decir se evidencia el cambio de piezas con los repuestos correspondientes sin embargo ni siquiera existe una base de datos oficial que registre tales acciones.

La forma de rehacer este historial de repuestos y pagos por reparaciones fue mediante las facturas y boletas de venta existentes, pudiendo así estimar aproximadamente la cantidad de paradas que presentadas durante el año 2015 y el año 2016. Los tiempos de parada también son aproximados ya que la empresa no lleva un control de estos.

El número de paradas pronosticadas para el año 2017, luego de la implementación del plan de mantenimiento, es de tan sólo una parada semestral.

Tabla 31. Cantidad de paradas por mes (2015-2016)

Mes	2015	Tiempo (En horas)	2016	Tiempo (En horas)
Enero	4	11	3	3
Febrero	3	4	2	4
Marzo	2	3	3	2
Abril	4	8	1	2
Mayo	2	1	4	4
Junio	3	3	2	2
Julio	1	2	3	4
Agosto	4	6	1	3
Setiembre	2	3	1	2
Octubre	4	2	2	3
Noviembre	1	1	1	4
Diciembre	2	2	1	2
Total	32	46	24	35

Fuente: Elaboración propia

Se ha podido apreciar que la empresa tampoco cuenta con fichas técnicas con la descripción elemental de las máquinas, provocando dificultad para obtener la información principal de cada máquina de una forma rápida.

Finalmente, luego del análisis situacional de la empresa y apoyados con el análisis de criticidad efectuado, es que se puede concluir que es conveniente aplicar un mantenimiento correctivo a las máquinas no críticas, un mantenimiento preventivo a las máquinas de mediana y baja criticidad y un análisis predictivo a las máquinas de alta criticidad. Además se propone una nueva distribución de planta para la mejora de la empresa, considerando paredes verdes, eco eficiencia, medio ambiente y seguridad y salud en el trabajo. (Ver el plano en el anexo 3).

Tras concluir el diagnóstico de la empresa y tras definir la codificación de las máquinas, además del mantenimiento que se les ha de aplicar, es que se procede a realizar el plan de mantenimiento correspondiente para cada una de ellas en base a un cronograma anual.

La finalidad de los cronogramas es describir claramente las actividades básicas de mantenimiento que se han de realizar en cada una de las máquinas. Estas actividades provienen de las recomendaciones de los fabricantes de las máquinas obtenidas de los manuales de operación y mantenimiento, así como también a la experiencia de los técnicos operarios de cada una de las máquinas.

Con base a las recomendaciones hechas por los manuales de los fabricantes, la experiencia recogida por parte de los operarios y al estudio realizado en cuanto al mantenimiento de equipos, es que se diseñó el plan de mantenimiento preventivo por cada uno de los equipos.

5.5. Plan de mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento preventivo estará basado en el mantenimiento autónomo, las actividades de lubricación por equipo y las inspecciones periódicas programadas en función a la Clasificación de Pareto

(Equipos A, B y C).

En el mantenimiento autónomo se establecerán las actividades de primer nivel que ejecutará el operario de cada equipo, como: inspección visual, lubricación, detección de fallas y aseo. Las actividades de lubricación por equipo se recogen en la carta de lubricación.

Las inspecciones periódicas programadas se ejecutarán en los equipos críticos de la planta en forma planificada y programada anticipadamente, con el fin de descubrir posibles defectos que puedan ocasionar paradas intempestivas de los equipos o daños mayores que afecten la vida útil de los mismos. Estas inspecciones periódicas serán realizadas en cada equipo a intervalos fijos independientemente del estado.

Las frecuencias de las inspecciones se clasifican en mensuales, trimestrales, semestrales y anuales u estarán relacionadas con la clasificación de Pareto (A, B, C), de acuerdo al siguiente criterio:

Tabla 32. Frecuencia de Mantenimiento

Frecuencia	EQUIPO- "A"	EQUIPO- "B"	EQUIPO- "C"
Diario	x		
Semanal	x	x	
Mensual	x	x	x
Trimestral	x	x	x
Semestral	x	x	x
Anual	x	x	x

Fuente: Elaboración propia

Las inspecciones realizadas a los equipos se dividirán en actividades de tipo mecánico y de eléctrico.

Las de tipo mecánico se realizarán por el operario o por el personal de mantenimiento, dada la especialidad de las actividades. En cambio, la inspección eléctrica deberá ser realizada sólo por el personal calificado de mantenimiento.

A continuación se describe las actividades de mantenimiento preventivo para los equipos críticos del área de producción:

5.5. Sección de mecanizado.

5.5.1. Tornos paralelos.

a) Mantenimiento diario:

Inspección:

- Verificación de puertas debidamente cerradas.
- Verificación de la condición física de las conexiones eléctricas del torno.
- Verificación de la sujeción de la pieza mediante las mordazas.

- Verificación de los tornillos que permiten la fijación de la torre portaherramientas y de la adecuada posición de los apoyos de las barras de cilindrar, roscar y de los mandos.
- Verificación de la no existencia de instrumentos de medición o de herramientas en las guías de la bancada.

Limpieza:

- Al concluir la jornada diaria de trabajo limpiar las partes más importantes de la máquina utilizando los implementos de limpieza adecuados.

Lubricación y engrase:

- Verificación del nivel de aceite en cada uno de los depósitos reponiéndolo de ser necesario.
- Verificación del funcionamiento de la bomba de aceite a través del goteo en el indicador de flujo de aceite.
- Lubricación de las guías de la bancada y de los carros longitudinal y transversal, los cuales también deben estar debidamente lubricados.
- Lubricación de los cojinetes, tornillo y ejes de la contrapunta y lubricación de la barra de roscar y barra de cilindrar.
- Engrasado general de bancada, cojinetes, tornillo, barras y ejes.

Normas de seguridad:

- Utilización obligatoria de los implementos de seguridad otorgados por la empresa.
- Desconexión del interruptor principal al concluir el trabajo o alejarse del torno.

- Previo a toda actividad de mantenimiento debe apagarse y desconectarse el torno de la energía eléctrica marcando el interruptor con una tarjeta de “no operar”.

b) Mantenimiento semanal:

Lubricación y engrase:

- Lubricación de las ruedas de cambio y cojinete intermedio de la lira.

Limpieza:

- Limpieza cuidadosa de las partes que integran el torno.

c) Mantenimiento trimestral:

Inspección:

- Inspección mecánica. Ver tabla a continuación.
- Inspección eléctrica. Ver tabla a continuación.

Medición eléctrica:

- Medición de la corriente de consumo del motor principal.

Lubricación:

- Engrasar los rodamientos de los motores eléctricos y la cadena y piñón del motor de avance rápido.

d) Mantenimiento semestral:

Inspección:

- Inspección mecánica. Ver tabla a continuación.

Limpieza:

- Limpieza del filtro del sistema de refrigeración.

Cada 3000 horas de operación:

Lubricación y engrase:

- Cambiar el aceite de la caja de mando del carro.
- Cambiar el aceite de la caja de avances.
- Engrasado del cabezal de husillo.
- Limpieza de los filtros del sistema de lubricación.

e) Mantenimiento anual

- Inspección de anclaje y pintura.
- Revisión general de la parte mecánica.
- Revisión general de motores eléctricos.
- Regulación y ajuste del juego de acuerdo al desgaste: embrague, guías del carro longitudinal y transversal, carro superior, cojinetes del husillo.



MÁQUINA: TORNO PARALELO UNIVERSAL		FABRICANTE:			MODELO:			CÓDIGO AYM: MEC-TP-01		
TIPO DE INSPECCIÓN: MECÁNICA		FRECUENCIA:			TRIMESTRAL					
ESTADO: B: BUENO R: REGULAR M: MALO ASIGNADA POR:		ASIGNADA A:			FECHA D/M/A:					
ELEMENTO CONSTRUCTIVO	EQUIPO EN MOVIMIENTO		ESTADO			SE CORRIGIÓ		GENERA SOLICITUD TRABAJO		OBSERVACIONES
	SI	NO	B	R	M	SI	NO	SI	NO	
CARROS Y ACCIONAMIENTOS										
Verificación del estado de la barra de roscar.										
Verificación del estado de la barra de cilindrar.										
Verificación del estado de la barra de accionamiento.										
Verificación del estado del delantal.										
Verificación del estado del carro longitudinal.										
Verificación del estado del carro transversal.										
Verificación del estado del carro superior.										
Verificación del estado de la torre porta herramienta.										
ELEMENTO CONSTRUCTIVO										
Limpieza del filtro del sistema de refrigeración.										
Revisión del sistema de refrigeración: Tanque, bomba, conductos.										
Revisión del estado de los accesorios del torno.										
OBSERVACIONES:										
REALIZADO POR: FIRMA: NOMBRE: FECHA						REVISADO POR: FIRMA: NOMBRE: FECHA:				

Fuente: Elaboración propia



Tabla 34. Torno paralelo- inspección eléctrica

MÁQUINA: TORNO PARALELO UNIVERSAL		FABRICANTE:			MODELO:		CÓDIGO AYM: MEC-TP-01			
TIPO DE INSPECCIÓN: ELÉCTRICA										
Tabla 33. Torno paralelo- inspección eléctrica					FRECUENCIA:		TRIMESTRAL			
ESTADO: B: BUENO R: REGULAR M: MALO ASIGNADA POR:					ASIGNADA A:		FECHA D/M/A:			
ELEMENTO CONSTRUCTIVO	EQUIPO EN MOVIMIENTO		ESTADO			SE CORRIGIÓ		GENERA SOLICITUD TRABAJO		OBSERVACIONES
	SI	NO	B	R	M	SI	NO	SI	NO	
BANCADA										
Verificación del estado de contactares, interruptores, relés, fusibles y cableado eléctrico.		X								
Verificación del correcto funcionamiento de los interruptores de parada del motor principal.		X								
Verificación del que el motor principal no presente ruidos, vibraciones y recalentamiento anormal.		X								
Verificación del estado del ventilador del motor principal.		X								
OBSERVACIONES:										
REALIZADO POR: FIRMA: NOMBRE: FECHA					REVISADO POR: FIRMA: NOMBRE: FECHA:					

Fuente: Elaboración propia

5.5.2. Taladro Radial MEC-TR-01

a) Mantenimiento diario:

Inspección:

- Verificación del estado de la conexión eléctrica de la máquina.
- Verificación de la portezuela del tablero eléctrico cerrada.
- Verificación del ajuste de los tornillos de fijación de la pieza sobre la mesa.
- Verificación de la posición de la herramienta de corte.

Limpieza:

- Al concluir la jornada laboral se debe proceder a limpiar las áreas más importantes del torno con los implementos de limpieza correctos.

Lubricación y engrase:

- Verificación del nivel de aceite en los depósitos del carro porta husillo y mecanismo de elevación del brazo, reponiéndose en caso de ser necesario.
- Verificación del funcionamiento de la bomba de aceite en el carro porta husillo y mecanismo de elevación del brazo mediante el goteo en el indicador de flujo de aceite.
- Lubricación de las superficies del brazo sobre la camisa accionando la bomba manual de aceite una vez por turno.
- Engrasado de los depósitos y brazos.

b) Mantenimiento semanal:

Lubricación y engrase:

- Lubricación de la tuerca del tornillo de elevación del brazo y de las superficies guías horizontales del brazo.

Limpieza:

- Limpieza cuidadosa de las partes que constituyen el taladro radial.

c) Mantenimiento trimestral:

Inspección:

- Inspección mecánica. Ver tabla a continuación.
- Inspección eléctrica. Ver tabla a continuación.

Medición eléctrica:

- Medición de la corriente de consumo del motor principal.

d) Mantenimiento semestral:

Inspección:

- Inspección mecánica. Ver tabla a continuación.

Limpieza:

- Limpiar filtro del sistema de refrigeración.

Cada 3000 horas de operación:

Lubricación y engrase:

- Cambio de aceite de la caja del carro porta- husillo y la caja sinfín para elevación del brazo.
- Engrase de los cojinetes de los motores eléctricos y limpieza de los filtros del sistema de lubricación.

e) Mantenimiento anual

- Inspección de anclaje y pintura.
- Revisión general de la parte mecánica.
- Revisión general de motores eléctricos.

Cada 10000 horas de operación:

Lubricación y engrase:

- Lubricación del cojinete del husillo.




Tabla 35. Taladro radial- inspección mecánica

MÁQUINA: TALADRO RADIAL		FABRICANTE:			MODELO:		CÓDIGO AYM: MEC-TP-01			
TIPO DE INSPECCIÓN: MECANICA					FRECUENCIA:		TRIMESTRAL			
ESTADO: B: BUENO R: REGULAR M: MALO ASIGNADA POR:					ASIGNADA A:		FECHA D/M/A:			
ELEMENTO CONSTRUCTIVO	EQUIPO EN MOVIMIENTO		ESTADO			SE CORRIGIÓ		GENERA SOLICITUD TRABAJO		OBSERVACIONES
	SI	NO	B	R	M	SI	NO	SI	NO	
Verificación del estado de guías de la columna.		X								
Verificación del estado de guías horizontales del brazo.		X								
Verificación del estado del carro porta husillo.		X								
Verificación del estado de los elementos de mando en el carro porta husillo	X	X								
Verificación del estado de sujeción de los motores eléctricos		X								
Verificación del estado de indicadores de nivel y flujo de aceite.		X								
Realizar limpieza del filtro del sistema de refrigeración.		X								
Verificación del estado del sistema de refrigeración: Tanque, bomba, conductos	X	X								
Verificación del estado de los accesorios del taladro.		X								
OBSERVACIONES:										
REALIZADO POR: FIRMA: NOMBRE: FECHA					REVISADO POR: FIRMA: NOMBRE: FECHA:					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Taladro radial- inspección eléctrica

MÁQUINA: TALADRO RADIAL		FABRICANTE:					MODELO:		CÓDIGO AYM: MEC-TP-01		
TIPO DE INSPECCIÓN: ELÉCTRICA					FRECUENCIA:		TRIMESTRAL				
ESTADO: B: BUENO R: REGULAR M: MALO ASIGNADA POR:					ASIGNADA A:		FECHA D/M/A:				
ELEMENTO CONSTRUCTIVO	EQUIPO EN MOVIMIENTO		ESTADO			SE CORRIGIÓ		GENERA SOLICITUD TRABAJO		OBSERVACIONES	
	SI	NO	B	R	M	SI	NO	SI	NO		
BANCADA											
Verificación del estado de los contactores, interruptores, relés, fusibles y cableado eléctrico.		X									
Verificación del estado de los interruptores principal y de la bomba de eléctrica.	X	X									
Verificación del estado del pulsador de admisión de la tensión de mando.	X	X									
Verificación del estado del pulsador de parada general (central Stop).	X	X									
Verificación del que los motores eléctricos no presenten ruidos, vibraciones ni recalentamientos.	X										
Medir y registrar la corriente ele consumo del motor eléctrico para taladrar	X										
Medir y registrar la corriente de consumo del motor eléctrico de elevación del brazo	X										
Medir y registrar la corriente de consumo del motor Eléctrico de la bomba hidráulica.	X										
Verificación del estado del sistema de alumbrado.		X									
OBSERVACIONES:											
REALIZADO POR: FIRMA: NOMBRE: FECHA						REVISADO POR: FIRMA: NOMBRE: FECHA:					

Fuente: Elaboración propia

5.5.3. Fresadoras MEC-FR-01 y MEC-FR-02.

a) Mantenimiento diario:

Inspección:

- Verificación de la posición y fijación de los topes de recorrido.
- Verificación del estado de la conexión eléctrica de la máquina.

Limpieza:

- Al finalizar la jornada de trabajo limpiar las partes vitales de la máquina con los implementos adecuados.

Lubricación y engrase:

- Verificación del nivel de aceite en los depósitos del cabezal de husillo, caja de avances y depósito de la bomba de lubricación manual. Reponer en caso necesario.
- Verificación del funcionamiento de la bomba de aceite de la caja de velocidades mediante el goteo en el indicador de flujo de aceite.
- Engrasar las guías de las mesas y consola mediante el accionamiento de la bomba manual. Mínimo dos veces por turno.

b) Mantenimiento semanal:

Lubricación y engrase:

- Lubricar Tornillos de la mesa longitudinal y transversal.

Limpieza:

- Limpiar cuidadosamente cada una de las partes que constituyen la fresadora.

c) Mantenimiento trimestral:

Inspección:

- Inspección mecánica. Ver tabla a continuación.
- Inspección eléctrica. Ver tabla a continuación.

Medición eléctrica:

- Medición de la corriente de consumo del motor principal.

d) Mantenimiento semestral:

Inspección:

- Inspección mecánica. Ver tabla a continuación.

Limpieza:

- Limpiar filtro del sistema de refrigeración.

Cada 3000 horas de operación:

Lubricación y engrase:

- Cambio de aceite del cabezal del husillo.
- Cambio de aceite caja de avances de las mesas.
- Lubricación del cojinete del motor eléctrico principal.
- Limpieza de los filtros del sistema de lubricación.

e) Mantenimiento anual.

- Inspección de anclaje y pintura.
- Revisión general de la parte mecánica y de los motores eléctricos.



Tabla 37. Fresadora- inspección mecánica

MÁQUINA: FRESADORA		FABRICANTE:			MODELO:		CÓDIGO AYM: MEC-TP-01			
TIPO DE INSPECCIÓN: MECANICA					FRECUENCIA:		TRIMESTRAL			
ESTADO: B: BUENO R: REGULAR M: MALO ASIGNADA POR:					ASIGNADA A:		FECHA D/M/A:			
ELEMENTO CONSTRUCTIVO	EQUIPO EN MOVIMIENTO		ESTADO			SE CORRIGIÓ		GENERA SOLICITUD TRABAJO		OBSERVACIONES
	SI	NO	B	R	M	SI	NO	SI	NO	
Verificación del estado del cabezal de husillo.		X								
Verificación del estado del brazo soporte con cojinetes.		X								
Verificación de la sujeción de los motores eléctricos.		X								
Verificación del estado de palancas, volantes y accionamientos.		X								
Verificación del estado de los topes de final de carrera de las mesas.	X									
Verificación de no presentar fugas de aceite en los indicadores de nivel y flujo de aceite.		X								
Verificación del estado de la consola.		X								
Verificación del estado de la caja de avances.		X								
Verificación del estado de las mesas longitudinal y transversal.		X								
Verificación del estado de la bomba de lubricación manual para las guías de las mesas y consola.		X								
Realizar limpieza del filtro de aspiración de la bomba de refrigeración		X								
Revisión del sistema de refrigeración: Tanque, bomba.		X								
Revisión del estado de los accesorios de la fresadora.		X								

Fuente: Elaboración propia



Tabla 38. Fresadora- inspección eléctrica

MÁQUINA: FRESADORA		FABRICANTE:			MODELO:		CÓDIGO AYM: MEC-TP-01			
TIPO DE INSPECCIÓN: ELÉCTRICA					FRECUENCIA:		TRIMESTRAL			
ESTADO: B: BUENO R: REGULAR M: MALO ASIGNADA POR:					ASIGNADA A:		FECHA D/M/A:			
ELEMENTO CONSTRUCTIVO	EQUIPO EN MOVIMIENTO		ESTADO			SE CORRIGIÓ		GENERA SOLICITUD TRABAJO		OBSERVACIONES
	SI	NO	B	R	M	SI	NO	SI	NO	
Verificación del estado de contactos, interruptores, relés, fusibles y cableado eléctrico.		X								
Verificación del correcto funcionamiento de los interruptores de parada del motor principal.		X								
Verificación de que el motor principal no presente ruidos, vibraciones y recalentamiento anormal.		X								
Verificación de que el motor de la caja de avances de las mesas no presente ruidos, vibraciones y recalentamiento anormal.		X								
Verificación del estado del ventilador del motor principal.		X								
Medición y registro del valor de la corriente de consumo del motor principal.		X								
Verificación del estado del sistema de alumbrado.		X								
OBSERVACIONES:										
REALIZADO POR: FIRMA: NOMBRE: FECHA						REVISADO POR: FIRMA: NOMBRE: FECHA:				
Fuente: Elaboración propia										

5.6. Instalaciones eléctricas e hidráulico sanitarias

5.6.1. Instalaciones eléctricas

Cualquier manipulación de las instalaciones eléctricas se realizará sin corriente. (Previo corte de la circulación de corriente mediante la respectiva palanca termomagnética, la cual debe ser permanentemente vigilada por un trabajador mientras se realiza la respectiva reparación).

Además debe coordinarse con el área afectada e informar a administración.

a) Mantenimiento diario:

Inspección:

- Verificación de la posición y fijación de las palancas eléctricas.
- Revisión visual de que el encendido y apagado de las lámparas sea correcto.
- Verificar el estado general de los cables, que no presenten deterioro por calentamiento en el aislante o en el metal.
- Verificar que no exista deterioro en el aislante de los cables o conexiones existentes, de presentar algún deterioro de este tipo reemplazar el aislante.
- Verificar que los interruptores termomagnéticos no hagan falso contacto en las barras de alimentación, que no presenten calentamiento excesivo y que accionen correctamente si algún interruptor presenta anomalías de las antes mencionadas se le deben reajustar las terminales de montaje y si el problema persiste debe ser reemplazado por otro en buenas condiciones.

Limpieza:

- En las palancas termoeléctricas y tableros de distribución se deberá realizar la limpieza del interior y chequeo del apriete en las conexiones de los cables.

b) Mantenimiento semanal:

Inspección:

- Revisar el voltaje y amperaje de entrada y salida en el interruptor principal de cada una de las fases, así como verificar que no haya voltaje en la barra de neutros y tierra física.
- En los interruptores y enchufes se debe revisar que accionen correctamente es decir que no tengan falso contacto y que no se calienten o presenten manchas por calentamiento, de lo contrario se deberán reemplazar.

Limpieza:

- Revisar que las lámparas de emergencia funcionen adecuadamente en cada ambiente y limpiarlas para mantenerlas libres de polvo.

c) Mantenimiento trimestral:

Inspección:

- El mantenimiento preventivo de la iluminación interior comprende la limpieza de los reflectores y difusores de luz en caso necesario, si el difusor o reflector está deteriorado debe ser reemplazado.
- En el mantenimiento preventivo de la iluminación exterior las lámparas y reflectores exteriores se deben mantener limpios y libres de humedad y de insectos, verificar que la conexión en la base del poste no presente deterioro y mantener la pintura del poste en buenas condiciones, así como verificar que enciendan todas las luminarias del circuito.

d) Mantenimiento semestral:

- En la revisión de contactos se debe verificar que el voltaje del contacto sea el apropiado, la conexión se verificará utilizando un probador de contactos, revisar que tenga la tapa en buenas condiciones y que el contacto no esté flameado o dañado, de ser así realizar el reemplazo del mismo.
- Verificar el funcionamiento del pozo a tierra (25 ohmios o menos) utilizando un telurómetro digital.

Cada 6000 horas de operación:

- Cambio de lámparas fluorescentes.

e) Mantenimiento anual.

- Revisar que la señalética y pintura en general de las cajas y diversas instalaciones eléctricas estén en buen estado.

5.6.2. Instalaciones hidráulico-sanitarias

Cualquier manipulación de las instalaciones hidráulico-sanitarias se realizará previo corte de la válvula.

Además debe coordinarse con el área afectada e informar a administración.

a) Mantenimiento diario:

Inspección:

- Verificación de presencia de fugas de agua debido a roturas en cañerías o en llaves que deben ser reemplazadas.
- Verificación de la presión de agua.
- Verificar taponamientos del desagüe.
- Verificar el inodoro o el tanque y si presentan fugas debido a fracturas deben ser reemplazados

Limpieza:

- Verificar la limpieza de todas las instalaciones sanitarias y sus elementos terminales (Grifería y sanitarios).

c) Mantenimiento trimestral:

Inspección:

- Revisar periódicamente las salidas de agua pluvial para mantenerlas libres de obstrucciones como residuos orgánicos, raíces, taponamiento con piedras o tierra.
- Verificar que las bajadas pluviales cuenten con la coladera en la posición correcta.

d) Mantenimiento semestral:

- Mantener la azotea libre de hojarasca y basura que puedan introducirse en las coladeras y causar taponamiento del desagüe pluvial.
- Verificar el funcionamiento del tanque de agua.

e) Mantenimiento anual.

- Revisar que la señalética y pintura en general de las instalaciones sanitarias estén en buen estado.

5.7. Almacenes e infraestructura general

5.7.1. Almacenes

a) Mantenimiento diario:

Inspección:

- Verificar las herramientas y medios empleados, resto de equipos y materiales utilizados y los residuos de insumos utilizados estén recogidos y

los saldos trasladados al almacén dejando el lugar y área limpios y ordenados.

- Revisar si los residuos se encuentran en sus contenedores adecuados.
- Verificación de iluminación artificial de los almacenes.
- Verificar el acceso a todo el perímetro de la instalación (permitir que haya un espacio de al menos 45 cm. tanto desde las paredes como desde el techo).

Limpieza:

- Limpiar las repisas, estantes y mesas de metal de los almacenes.
- El plan de limpieza debería tener frecuencia diaria para asegurar que se elimina los desperdicios y se puede detectar la presencia de plagas.

b) Mantenimiento semanal:

Inspección:

- Revisar el libre acceso a los extintores de incendios y a las salidas del almacén.
- Verificar que las señales de seguridad están visibles y correctamente distribuidas.

Limpieza:

- Revisar que las lámparas de emergencia funcionen adecuadamente en el almacén y limpiarlas para mantenerlas libres de polvo.

c) Mantenimiento trimestral:

Inspección:

- Los materiales y agentes químicos almacenados se encuentran correctamente identificados.

- Desinfección del ambiente del almacén.
- Limpieza total de almacén.

d) Mantenimiento semestral:

- Verificación de enchufes e instalaciones eléctricas del almacén.

Cada 6000 horas de operación:

- Cambio de lámparas fluorescentes del almacén.

e) Mantenimiento anual.

- Revisar que la pintura del almacén se encuentre en buen estado.

5.7.2. Mantenimiento a la infraestructura en general

a) Mantenimiento diario:

Limpieza:

- Eliminar los desperdicios y ordenar todos los equipos.

b) Mantenimiento semanal:

Inspección:

- Revisar y mantener en buenas condiciones la pintura de los muros y fachadas, lavando estas superficies con desengrasante o jabón en polvo y agua a presión dos veces al año y restaurando la pintura donde sea necesario.
- Revisar el mosaico y el piso de los ambientes para detectar posibles anomalías y solucionarlas a la brevedad posible.

Limpieza:

- Revisar que las lámparas de emergencia funcionen adecuadamente en el almacén y limpiarlas para mantenerlas libres de polvo.

c) Mantenimiento trimestral:

Inspección:

- La azotea de la edificación debe limpiarse para mantenerla libre de hojarasca, polvo u otros objetos que deterioran prematuramente el impermeabilizante y tapan las coladeras del desagüe pluvial.
- Revisar periódicamente el estado general de las puertas para asegurar que abran y cierren adecuadamente, que las chapas estén en buenas condiciones de seguridad y realizar los ajustes necesarios.
- Limpieza total de la industria.

d) Mantenimiento semestral:

- Verificar que el vidrio de las ventanas estén en buenas condiciones así como el seguro para cerrar por dentro y que se puedan abrir y cerrar fácilmente, de no ser así checar que el riel esté libre de suciedad y en su caso reemplazar las carretillas o el riel.

e) Mantenimiento anual.

- Pintar nuevamente las fachadas y muros una vez al año.
- Las jardineras y escalones de los pasillos y andadores deben pintarse una vez al año.

5.8. Equipos de cómputo y audiovisuales

5.8.1. Mantenimiento a los equipos de cómputo

a) Mantenimiento diario:

Inspección:

- Encender el equipo y verificar funcionamiento.
- Actualización de antivirus y sistema operativo.

Limpieza:

- Limpieza externa de equipos e impresora.

b) Mantenimiento semanal:

Inspección:

- Realizar escaneo en disco(s) duros con software antivirus actual y eliminar posibles riesgos.
- Ejecutar aplicación de liberación de espacio en disco, y seleccionar archivos temporales de internet, papelera de reciclaje, archivos temporales, archivos de informes de Windows, etc.
- Ejecutar procedimiento de eliminación de Cookies.
- Verificar actualizaciones de los softwares de las computadoras.

Limpieza:

- Realizar limpieza de monitores led con pasta o líquido especial.

c) Mantenimiento trimestral:

Inspección:

- Desensamblar el equipo y retirar polvo.
- Limpiar y aplicar lubricante a ventiladores en fuente de alimentación, procesador y gabinete.
- Limpieza de impresora.

d) Mantenimiento semestral:

- Limpiar de buses (memoria RAM y socket de procesador) y contactos (switch de encendido, reset, etc) que constituyen el equipo.
- Cambio de cartucho a impresora

- Analizar la vigencia de softwares de la PC para probables reinstalaciones o cambios.

e) Mantenimiento anual.

- Renovar pasta conductiva de calor en procesador.
- Renovar licencias caducadas de los softwares.

5.8.2. Mantenimiento a equipos audiovisuales

a) Mantenimiento diario:

Inspección:

- Encender el equipo y verificar funcionamiento.

Limpieza:

- Limpieza externa de polvo de Smart TV.

b) Mantenimiento semanal:

Inspección:

- Verificar que se encuentre bien sujeta al soporte y éste a la pared.
- Revisar las conexiones de audio, video y cable eléctrico del Smart Tv, si es necesario, reemplazar alguno de los cables.

c) Mantenimiento trimestral:

Inspección:

- Realizar limpieza de televisor Smart con pasta o líquido especial.

En caso de falla de la pantalla se debe contactar con el técnico especializado para su reparación.

5.9. Mantenimiento a equipos de seguridad

a) Mantenimiento diario:

Inspección:

- Revisar la ubicación de extintores y señales de seguridad sin obstáculos.

Limpieza:

- Limpiar las señales de seguridad y extintores.

b) Mantenimiento semanal:

Inspección:

- Se deben revisar los extintores para verificar que la presión del contenido sea la adecuada en la lectura del manómetro, así como verificar la fecha de recarga o mantenimiento para que se realice en tiempo.
- Revisar que la manguera del extintor se encuentre en condiciones de uso y que el cilindro del extinguidor no presente golpes, deformaciones, corrosión o fisuras.

c) Mantenimiento trimestral:

Inspección:

- Mantener en buen estado la pintura del equipo y del gabinete que lo sostiene, así como la señalética del mismo y la etiqueta que contiene las instrucciones, datos del proveedor y fecha de recarga.

d) Mantenimiento anual:

Inspección:

- Verificar y reemplazar la señalética de seguridad de la empresa.

5.10. Cronograma anual de mantenimiento

El cronograma anual de mantenimiento organizará las tareas de revisión e intervención en cada una de las máquinas de la empresa. Esto permitirá coordinar las reparaciones y los cambios de repuestos en cada uno de los tiempos oportunos optimizando la confiabilidad y la disponibilidad de las máquinas supervisadas.

Se debe tener en cuenta que el plan de mantenimiento se iniciará con una limpieza profunda y una adecuada lubricación. La simple limpieza será responsabilidad del operario mientras que las limpiezas mayores o especializadas al igual que la lubricación deberá estar coordinada adecuadamente con el plan de mantenimiento a seguir.

A continuación se presentan los cronogramas de mantenimiento diseñados de acuerdo a las actividades y necesidades de la empresa. Estos cronogramas están divididos en dos partes. En la primera parte se elaboran las tablas que comprenden las actividades anuales de cada una de las máquinas analizadas. En la segunda parte, se presentan listados en los que se detalla el procedimiento a seguir para la realización de las tareas consideradas para cada tipo de máquina analizada.

Tablas de actividades anuales.

Las tareas anuales se han dividido en periodos diarios, semanales, quincenales, mensuales, bimensuales, trimestrales, semestrales, nueve meses, anuales y bianuales con el fin de cumplir con los requisitos de cada tarea por máquina.

5.11. Indicadores de desempeño en el mantenimiento aplicado a la empresa

La mayoría de los departamentos de mantenimiento de las organizaciones industriales, controlan la gestión mediante la utilización de un conjunto de indicadores, llamados KPI (Key Performance Indicators), los cuales pueden ser mencionados como los indicadores claves, y por ello calcularlos y monitorearlos conlleva a lograr un mejor desempeño del departamento de mantenimiento.

Por ello, es necesario registrar los datos y controlar la tendencia de los indicadores que permitan la toma de decisiones a tiempo para guiar la actividad buscando la optimización de los recursos mediante el aumento de la rentabilidad de la empresa al costo más bajo posible.

Estos indicadores son elementales para toda gestión de mantenimiento, pues de sus resultados y análisis se podrá mejorar la gestión de mantenimiento.

Estos indicadores son los utilizados por las empresas líderes a nivel mundial y permiten la comparación competitiva (Benchmarking) a fin de identificar oportunidades de mejora.

Los índices propuestos para llevar un control inicial en la empresa son los siguientes:

5.11.1. Tiempo medio entre fallas (MTBF)

En el análisis de fiabilidad, el MTBF es el tiempo promedio entre fallas para un sistema reparable con una tasa constante de fallas. Mientras más alto sea el MTBF, más fiable será el producto.

El intervalo de tiempo medio entre fallos de producto para reparar una unidad de medida definida, por ejemplo, horas de funcionamiento, los ciclos y las millas.

Tabla 40. Tiempo medio entre fallas

Objetivo:	Precisar el tiempo promedio de funcionamiento de un equipo sin interrupciones.										
Responsable:	Jefe de mantenimiento										
Actualización	Mensual										
Indicador	Periodo	Código de Máquina	Fórmula	Metas							
				Escala	Mes		Mes		Mes		
% de tiempo promedio para fallar	Mensual		Tiempo de operación	Horas							
				Bueno							
			Número de Fallos	Regular							
				Malo							
Resultado Mensual del Análisis											
Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic

Fuente: Elaboración propia

5.11.2. Tiempo medio para reparar (TMPR)

Este indicador nos da una idea aproximada del tiempo promedio que se demora en ejecutar el mantenimiento del equipo tras una falla (mantenimiento correctivo). Analizando este indicador podemos actuar para reducir los tiempos de equipo detenido por mantenimientos correctivos.

Indudablemente estas mejoras del TMPR incrementan la disponibilidad de las instalaciones.

Tabla 41. Tiempo medio para reparar

Objetivo:	Precisar el tiempo promedio de funcionamiento de un equipo sin interrupciones.										
Responsable:	Jefe de mantenimiento										
Actualización	Mensual										
Indicador	Periodo	Código de Máquina	Fórmula	Metas							
				Escala	Mes		Mes		Mes		
% de tiempo promedio para reparar	Mensual		Horas de Fallos	Horas							
				Bueno							
			Número de Fallos	Regular							
				Malo							
Resultado Mensual del Análisis											
Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic

Fuente: Elaboración propia

5.11.3. Disponibilidad

Se refiere a la capacidad de la instalación para realizar la función requerida bajo condiciones específicas en un periodo de tiempo determinado, asumiendo que los recursos requeridos son suministrados.

Es sin duda el indicador más importante en mantenimiento, y por supuesto, el que más posibilidades de 'manipulación' tiene. Si se calcula correctamente, es muy sencillo: es el cociente de dividir el número de horas que un equipo ha estado disponible para producir y el número de horas totales de un periodo

Tabla 42. Disponibilidad

Objetivo:	Precisar el tiempo promedio de funcionamiento de un equipo sin interrupciones.											
Responsable:	Jefe de mantenimiento											
Actualización	Mensual											
Indicador	Periodo	Código de Máquina	Fórmula	Metas								
				Escala	Mes	Mes						
% de tiempo promedio para fallar	Mensual		Horas totales- Horas de parada por mantenimiento	Horas								
				Bueno								
			Horas totales	Regular								
				Malo								
Resultado Mensual del Análisis												
Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic	

Fuente: Elaboración propia

5.12. Indicadores de eficiencia del desempeño

Para el análisis de la eficiencia en el desempeño se ha considerado los gastos de mantenimiento, y para ello se realiza una comparación entre los costos de mantenimiento que se han generado el año 2016 frente los costos que se originarán tras la ejecución del plan de mantenimiento preventivo.

5.12.1. Costos de mantenimiento (2016) – mantenimiento correctivo- actual

Para este análisis se obtuvieron los costos de los fallos de mantenimiento y las paradas de maquina en horas, originados durante el año 2016.

Además deben considerarse las pérdidas ocasionadas por paros imprevistos debido a diversas fallas de las máquinas. Debe aclararse, que la empresa carece de registros sobre la cantidad, tiempo y frecuencia de las fallas presentadas ni cuál es el efecto ocasionado sobre el desempeño de la empresa, realizándose una aproximación basada en el conocimiento de los trabajadores del área.

A continuación, se ha construido una Curva de maquina Parada, sobre la base de que 1 hora tiene un costo de S/ 900-h.



El consolidado puede verse reflejado en la siguiente tabla:

Tabla 43. Estructura de costos 2016

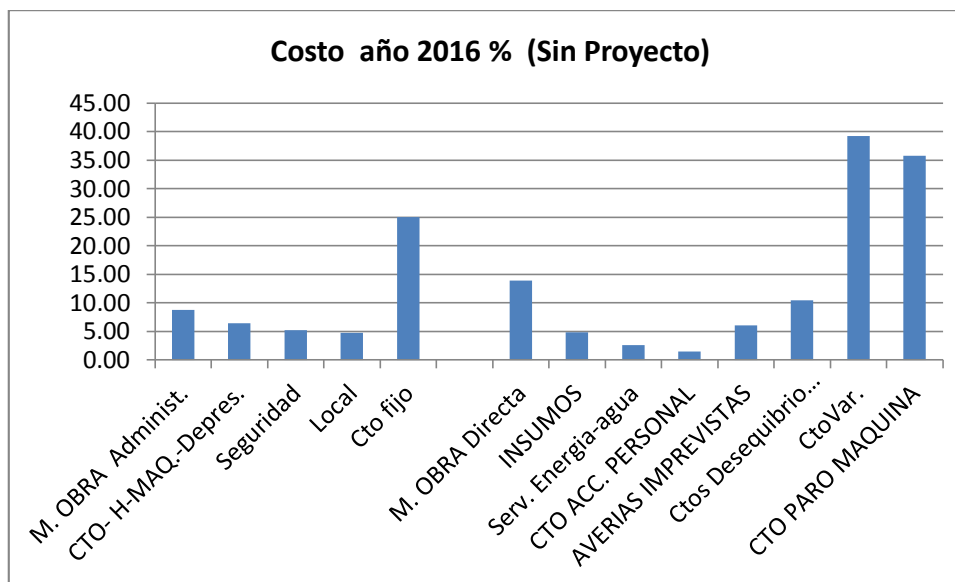
ESTRUCTURA COSTOS 2016			
1	COSTO FIJO	A (Sin Proyecto)	%
	M. OBRA Administrativa	9000	8.69
	CTO- H-MAQ.-Depreciación	6600	6.38
	Seguridad	5400	5.22
	Local	4900	4.73
	Costo fijo	25900	25.02
2	COSTO VARIABLE		0.00
	M. OBRA Directa	14400	13.91
	INSUMOS	5012	4.84
	Servicios Energía-agua	2640	2.55
	Costo accidente personal	1500	1.45
	Averías imprevistas	6239	6.03
	Costos desequilibrio maquinas	10827	10.46
	Costos Variables	40618	39.24
3.-	COSTO PARO MAQUINA	37000	35.74
4.-	INVERSIÓN EQUIPOS	0	
5.-	TOTAL	103518	100.00

Fuente: Elaboración propia

La sumatoria de estos costos nos permite conocer el costo total de mantenimiento que se ha producido durante el año 2016 el cual se ha dado antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo propuesto, siendo este costo de S/. 103,518.00 representando un aproximado del 5-6% del Costo total de producción, que son márgenes relativamente aceptables.

La estructura muestra un alto costo de Maquina Parada (35%), que representa un promedio de 40 horas de maquina parada al año, asimismo costos de averías Imprevistas (6.0 %) y Costos de Desequilibrio de maquina (10.4%), debido a una ausencia de mantenimiento Preventivo.

Gráfico 15. Costo año 2016



Fuente: Elaboración propia

A primera vista se nota que el Sistema Actual de Mantenimiento, es deficiente y de un costo alto, lo cual esta corroborado por la encuesta de percepción que se muestra en el punto 4.13.

5.13. Costos de mantenimiento previstos. (Mantenimiento preventivo)

La Implementación de un Sistema de Mantenimiento Preventivo, requiere de una Reingeniería del proceso, que incluye Inversiones adicionales, tanto en el tema de Infraestructura como en el tema de Mano de Obra, e insumos.

Los costos involucrados, son los siguientes:

1.- Costos fijos

a. Mano de obra administrativa

Que representa los costos de Dirección y Administración del Sistema – Jefe o Supervisor de mantenimiento

b. Costo máquina- depreciación.

Que representa los costos de Depreciación de máquina

c. Seguridad

Que representa los costos de Seguridad Física de la Infraestructura y Pólizas de Seguro de máquinas.

d. Local

Que representa los costos del espacio físico o Local, donde se desarrollan las actividades de mantenimiento.

2.- Costos variable

a. Mano de obra directa

Que representa la mano de Obra directa (Operario), que realiza la función del mantenimiento. (Eléctrico, mecánico y Otros).

b. Insumos

Que representa los insumos (grasas, aceites, repuestos), requeridos para los procesos de mantenimiento.

c. Servicios de energía-agua

Que representa los gastos en energía, agua y otros para el desarrollo de la función de mantenimiento.

d. Costo accidentes de personal

Que representa los costos por accidentes generados en el desarrollo de la función de mantenimiento.

e. Averías imprevistas

Que representa los gastos en pequeñas averías y otros para el desarrollo de la función de mantenimiento y se ha estimado en un 5-6%.

f. Costos de desequilibrios – descalibración de máquinas.

Que representa los costos por descalibración y pérdida de eficiencia de los equipos debido al desgaste o falta de mantenimiento y se ha estimado en un 9-10%

3.- Costo paro maquina

Que representa los gastos de Parada de Maquina o Proceso Productivo (falta de Producción. Mano obra parada, Perdida de Ventas y otros), que se ha determinado en 40 horas - año

4.- Costo implementación sistema preventivo

Que representa los costos adicionales (equipos Herramientas, y Mano de Obra), para poder implementar el plan de mantenimiento preventivo.

5.14. Implementación plan de mantenimiento preventivo

Se propone implementar un Plan de Mantenimiento Preventivo, que implica lo siguiente

- Implementación del plan de mantenimiento Preventivo.
- Implementación de la función de Supervisión de Mantenimiento
- Reforzar la función de mantenimiento eléctrico.
- Reforzar la función de mantenimiento mecánico
- Reforzar la función de mantenimiento de equipos de Cómputo y Telecomunicaciones.
- Reforzar la función de mantenimiento de Infraestructura

Lo planteado requiere de una ampliación de recursos en:

- Infraestructura y equipos de mantenimiento, que se ha determinado en S/ 30,000 en 5 años (S/. 6,000-año)
- Mano de Obra Operativa (02 Técnicos)

5.14.1. Impactos del plan mantenimiento preventivo

La implementación del plan tiene una serie de Beneficios (Reducción Costos) y Costos adicionales, las mismas que son:

1.- Costos fijos

a. Mano de obra administrativa

Que representa los costos de Dirección y Administración del Sistema – Jefe de mantenimiento

b. Costo máquina- depreciación

No tiene ningún efecto

c. Seguridad

No tiene ningún efecto

d. Local

Se requiere una ampliación del local, que se estima en un 20%.

2.- Costos variable

a. Mano obra directa

Se requiere una ampliación de Mano Obra pues se requieren 4 técnicos (Mantenimiento Eléctrico, Mantenimiento Mecánico, Mantenimiento equipos Computo y telecomunicaciones, Mantenimiento de Infraestructura). Este sobrecosto, se estima en un 100%.

b. Insumos

Se requiere una ampliación en gastos de insumos, para el desarrollo de la función. Se estima en un 20%.

c. Servicios de energía-agua

Se requiere una ampliación en gastos de servicios para el desarrollo de la función. Se estima en un 5%.

d. Costo accidente de personal

No tiene ningún efecto

e. Averías imprevistas

Se estima una reducción de costos de este rubro en una tasa del 80%

f. Costos de desequilibrios de máquinas

Se estima una reducción de costos de este rubro en una tasa del 90%

3.- Costo paro maquina

No existen Costos de paro de Maquina con el mantenimiento Preventivo.

4.- Costo implementación plan preventivo

Que representa los costos adicionales (equipos Herramientas, y Mano de Obra), para poder implementar el Plan de mantenimiento preventivo. Se han estimado en 60,000 amortizados en 5 armadas

5.14.2. Estructura de costos

La nueva estructura de costos se muestra en el cuadro adjunto, donde se puede observar que, establece un impacto con una reducción de costos del orden de S/. 23,376.

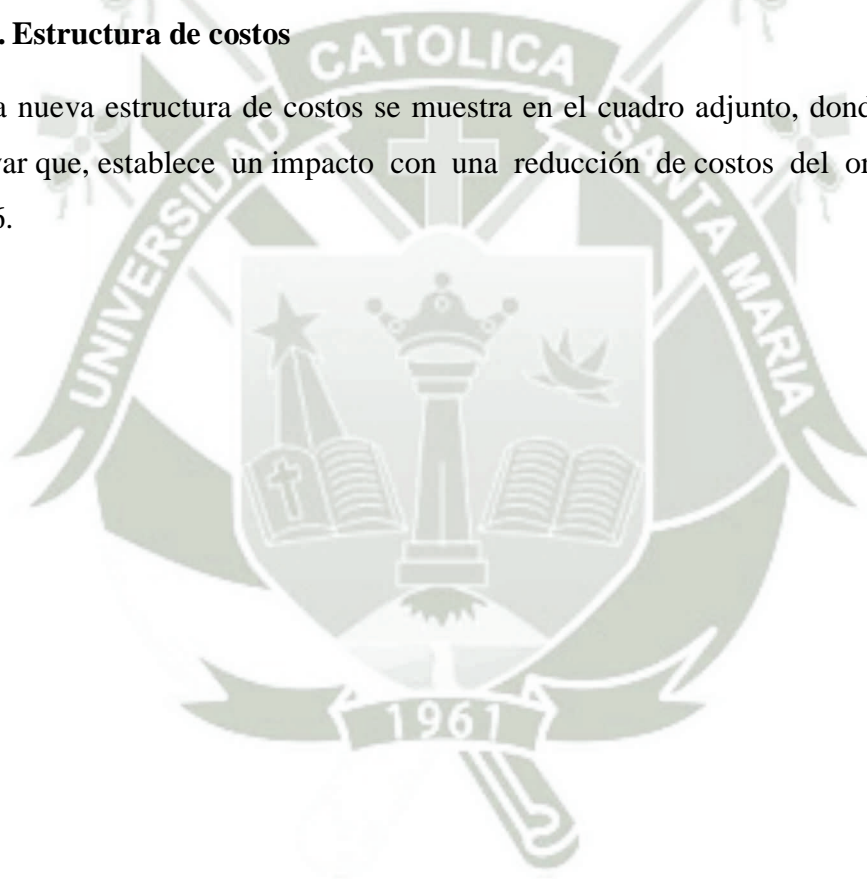
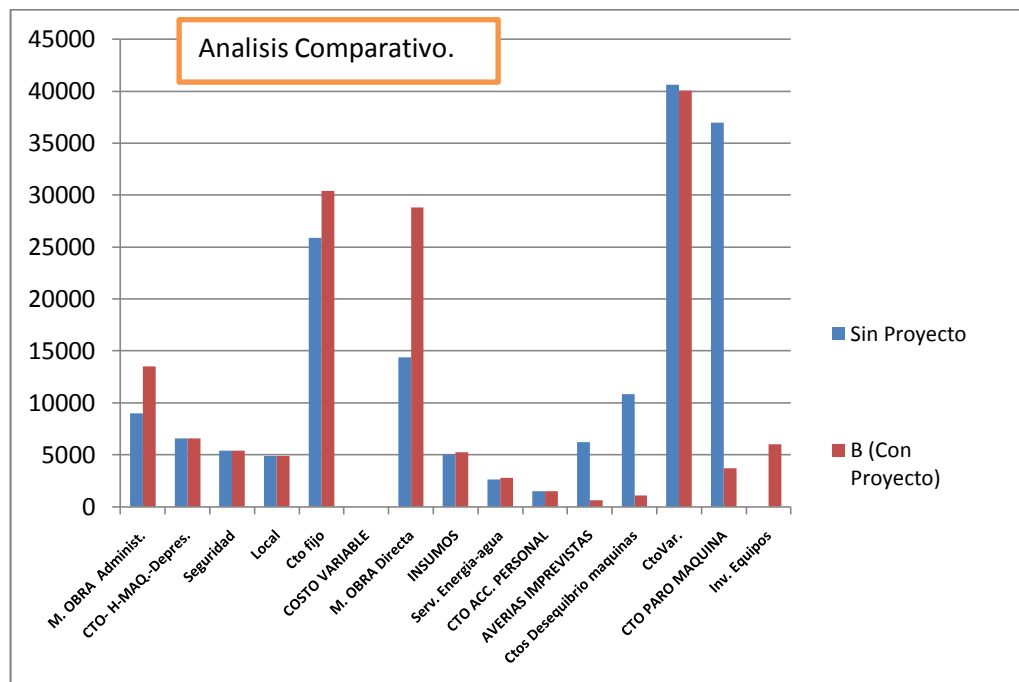


Tabla 44. Estructura de costos

ESTRUCTURA DE COSTOS						
1	COSTO FIJO	A (Sin Proyecto)		B (Con Proyecto)		Diferencia
	M. Obra Administrativa	9000	8.69	13500	16.85	-4500
	COSTO- H-MAQUINA Depreciación	6600	6.38	6600	8.24	0
	Seguridad	5400	5.22	5400	6.74	0
	Local	4900	4.73	4900	6.11	0
	Costo fijo	25900	25.02	30400	37.93	-4500
2	COSTO VARIABLE	0	0.00	0	0.00	
	M. Obra Directa	14400	13.91	28800	35.94	-14400
	Insumos	5012	4.84	5262.6	6.57	-250.6
	Servicios Energía-agua	2640	2.55	2772	3.46	-132
	Costo accidentes personal	1500	1.45	1500	1.87	
	Averías imprevistas	6239	6.03	623.9	0.78	5615.1
	Costos desequilibrio máquinas	10827	10.46	1082.7	1.35	9744.3
	Costos Variables	40618	39.24	40041.2	49.96	576.8
3	COSTO PARO MAQUINA	37000	35.74	3700	4.62	33300
4	INVERSIÓN DE EQUIPOS	0		6000	7.49	-6000
5	TOTAL	103518	100.00	80141.2	100.00	23376.8
	Participación Costo Total Producción	6.00%		4.65		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 16. Análisis comparativo de la estructura de costos



Fuente: Elaboración propia

El análisis comparativo muestra que las inversiones realizadas para la implementación del nuevo plan, se compensan largamente con los ahorros que genera, los cuales son Costos de maquina Parada, Costos de Averías y costos por desequilibrio o descalibración de equipos debidas al plan de mantenimiento preventivo.

5.15. Evaluación del plan de mantenimiento preventivo

La evaluación del proyecto se hará mediante el análisis y evaluación de costos, para dos escenarios.

Escenario “A” se mantiene el actual sistema de mantenimiento

Escenario “B” se implementa un nuevo plan de mantenimiento: plan de mantenimiento preventivo.

La evaluación se hace en base a dos metodologías:

a.- Costo anual

b.- Costos Proyectados a 10 años y actualizados al presente.

A.- Costo anual

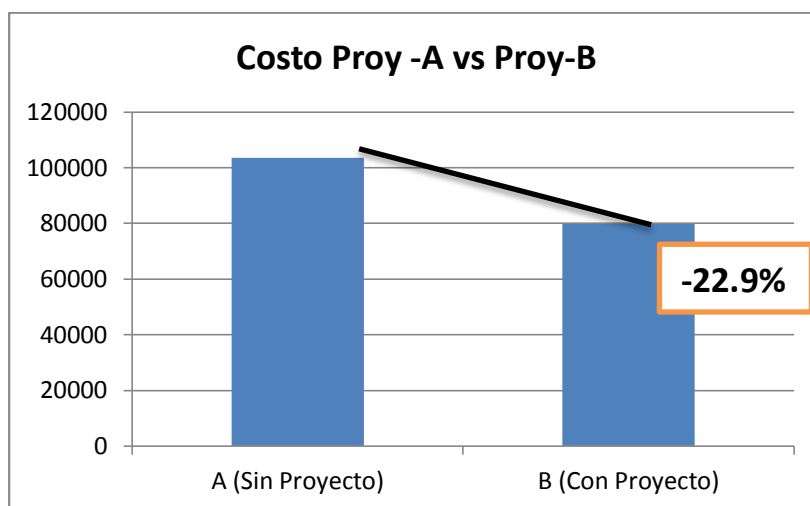
El costo anual de mantenimiento con el nuevo sistema representa una reducción de costos del orden del 22.6% (s/. 23,376), según el cuadro adjunto.

Tabla 45. Estructura de costos anuales

ESTRUCTURA DE COSTOS				
1	COSTOS FIJOS	A (Sin Proyecto)	B (Con Proyecto)	Diferencia
	M. Obra Administrativa	9000	13500	-4500
	COSTO- H-MAQUINA Depreciación	6600	6600	0
	Seguridad	5400	5400	0
	Local	4900	4900	0
	Costo fijo	25900	30400	-4500
2	COSTO VARIABLE			
	M. Obra Directa	14400	28800	-14400
	Insumos	5012	5262.6	-250.6
	Servicios Energía-agua	2640	2772	-132
	Costo accidentes personal	1500	1500	
	Averías imprevistas	6239	623,9	5615,1
	Costos Desequilibrio maquinas	10827	1082,7	9744,3
	Costos Variables	40618	40041.2	959,4
3	COSTO PARO MAQUINA	37000	3700	33300
4	INVERSIÓN EQUIPOS		6000	-6000
5	TOTAL	103518	80141.2	23376

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 17. Costo Comparativo Proyecto A – Proyecto B



Fuente: Elaboración propia

B.- Costos proyectados a 10 años y actualizados al presente

En este caso:

- .- La alternativa A significa, que se sigue usando el Sistema actual.
- .- La alternativa B significa, que se cambia a un plan de mantenimiento preventivo.

La evaluación muestra los siguientes resultados.

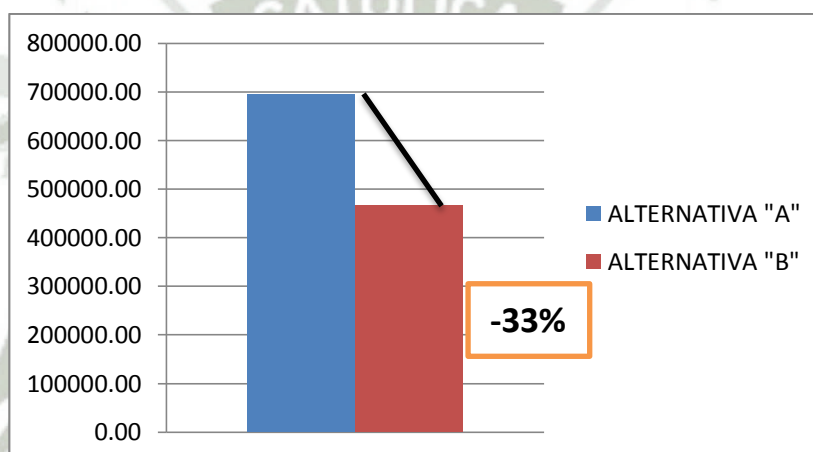
PARA LA ALTERNATIVA “A”.

FLUJO DE COSTOS ALTERNATIVA "A"											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costo fijo	-25900	-25900	-25900	-25900	-25900	-25900	-25900	-25900	-25900	-25900	-25900
Costo Variable	-40618	-40618	-40618	-40618	-40618	-40618	-40618	-40618	-40618	-40618	-40618
Costo para máquina	-37000	-37000	-37000	-37000	-37000	-37000	-37000	-37000	-37000	-37000	-37000
Inversión equipos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-66518	-103518	-103518	-103518	-103518	-103518	-103518	-103518	-103518	-103518	-103518
VPN	S/-.694,614.										

PARA LA ALTERNATIVA “B”

FLUJO DE COSTOS ALTERNATIVA "B"											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costo fijo	-30400	-30400	-30400	-30400	-30400	-30400	-30400	-30400	-30400	-30400	-30400
Costo Variable	-40041.2	-40041.2	-40041.2	-40041.2	-40041.2	-40041.2	-40041.2	-40041.2	-40041.2	-40041.2	-40041.2
Costo para máquina	3700	3700	3700	3700	3700	3700	3700	3700	3700	3700	3700
Inversión equipos	-6000	-6000	-6000	-6000	-6000						
	-72741.2	-72741.2	-72741.2	-72741.2	-72741.2	-66741.2	-66741.2	-66741.2	-66741.2	-66741.2	-66741.2
VPN	S/.-467,712										

Tabla 46. Costo comparativo de alternativa A y alternativa B



Fuente: Elaboración propia

.-La alternativa A significa, que se sigue usando el Sistema actual.

.-La alternativa B significa, que se cambia a un plan de mantenimiento preventivo.

La evaluación muestra los siguientes resultados.

EVALUACIÓN ALTERNATIVAS			
	VPN	Dif.	Dif-%
ALTERNATIVA "A"	-694614.21		
ALTERNATIVA "B"	-467711.65	-226902.56	0.3267

Del análisis, se concluye que la alternativa “B”, es la mejor con un aporte en la reducción de costos del orden del 32.6% (s/, 226,902.56)

C.- Costos proyectados a 10 años al pasado y 10 años al futuro. Actualizados al presente

En este caso:

- La alternativa A significa, que se usa el Sistema actual, con una proyección de 10 años al pasado.

En este caso se actualizan flujos pasados (10 años) al presente con el factor de actualización $F = f \cdot (1+i)$

-La alternativa B significa, que se cambia a un plan de mantenimiento preventivo. Con flujos a futuro. Se actualizan los flujos con el factor de Actualización $F = f / (1+i)$

La evaluación muestra los siguientes resultados.

PARA LA ALTERNATIVA "A".

FLUJO DE COSTOS ALTERNATIVA "A" Actualización flujos pasados											
	0	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Costo fijo	-25900	-55916	-111777	-206891	-354574	-562665	-826740	-1124770	-1416886	-1652656	-1784869
Costo variable	-40618	-87691	-81196	-75181	-69612	-64456	-59681	-55260	-51167	-47377	-43867
Costo paro maquina	-37000	-79880	-73963	-68484	-63411	-58714	-54365	-50338	-46609	-43157	-39960
Inversión equipos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-66518	-223488	-266935	-350556	-487598	-685835	-940786	-1230369	-1514663	-1743190	-1868696
VPN	S/-.9312116										

PARA LA ALTERNATIVA “B”.

FLUJO DE COSTOS ALTERNATIVA "B" Actualización flujos futuros											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costo fijo	-30400	-30400	-30400	-30400	-30400	-30400	-30400	-30400	-30400	-30400	-30400
Costo Variable	-40041.2	-40041.2	-40041.2	-40041.2	-40041.2	-40041.2	-40041.2	-40041.2	-40041.2	-40041.2	-40041.2
Costo paro máquina	3700	3700	3700	3700	3700	3700	3700	3700	3700	3700	3700
Inversión Equipos	-6000	-6000	-6000	-6000	-6000						
	-72741	-72741	-72741.2	-72741.2	-72741.2	-66741.2	-66741.2	-66741.2	-66741.2	-66741.2	-66741.2
VPN	.S/-467,712										

EVALUACIÓN ALTERNATIVAS			
	VPN	Dif.	Dif-%
ALTERNATIVA "A"	-9312116.11		
ALTERNATIVA "B"	-467711.65	-8844404	0.9498

Del análisis, se concluye que la alternativa “B”, es la mejor con un aporte en la reducción de costos del orden del 94.9% (S/,8,844,404).

Lo expuesto justifica plenamente la implementación del Sistema de Mantenimiento Preventivo.

5.16. Tercerización del mantenimiento.

Las empresas encargadas del mantenimiento preventivo serán:

Tabla 47. Tercerización del mantenimiento

Área	Empresa	Dirección	Tipo de mantenimiento
Equipos del área de mecanizado	FAMAI	Jacinto Ibáñez 510 Parque Industrial	Mantenimiento preventivo
Equipos de cómputo	Pc Market Aqp	Pasaje Las Mercedes, 103 - Cerro Colorado	Mantenimiento de hardware y software
Infraestructura en general	Mike Laguna Hinojosa	Celular :950704129	Mantenimiento eléctrico Mantenimiento hidráulico sanitario Pintado
Equipos de seguridad	Vj Extintores	972714277 959 030 501	Mantenimiento a extintores

Fuente: Elaboración propia.

Con dichas empresas se realizarán contratos de prestación de servicios de mantenimiento. La elaboración del contrato debe ser pautada según los siguientes requisitos:

- Pago en función del resultado ("contrato de riesgo").
- Ausencia de cláusula de exclusividad.
- Obligatoriedad de incentivar la competencia de las "terceras".
- Previsión de cierre a cualquier momento (denuncia) según las siguientes

condiciones:

- Exigencia de nivel de servicios diferentes del existente.
- Compatibilidad de precios con el mercado.
- Representar convergencia de esfuerzos y objetivos.
- Representar la posibilidad de crecimiento en todos los sentidos.

Los costos presupuestados para el año 2017 se basan en los presupuestos de las empresas mencionadas.

El protocolo de evaluación de las actividades de las empresas encargadas del mantenimiento se encuentra en el anexo 5.



CONCLUSIONES

Primera conclusión. Se concretó el diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa metalmecánica Metalsur. Para el correcto funcionamiento del plan de mantenimiento es que se proponen las actividades anuales para cada máquina con sus respectivos cronogramas e indicadores de gestión.

Segunda conclusión. El análisis situacional de la empresa y de las condiciones de los equipos de la empresa metalmecánica Metalsur, tras concluir el análisis de criticidad de los equipos pudo evidenciar que no se administra adecuadamente el mantenimiento de la maquinaria limitándose a realizar sólo mantenimiento correctivo. Es decir se evidencia el cambio de piezas con los repuestos correspondientes sin embargo ni siquiera existe una base de datos oficial que registre tales acciones.

Tercera conclusión. La empresa metalmecánica “Metalsur” no utiliza ningún tipo de indicadores de mantenimiento el año 2016, proponiéndose recién su medición para el año 2017.

Cuarta conclusión. Tras realizar el diagnóstico del mantenimiento de la empresa Metalmecánica, se concluye que la empresa Metalsur aplica únicamente un mantenimiento correctivo, el cual sólo cumple con las emergencias que puedan presentarse, presentando serias deficiencias en cuanto al cumplimiento del objetivo principal de la empresa que es realizar trabajos de mantenimiento a otras empresas y clientes con la mejor calidad y con la más alta eficiencia.

Quinta conclusión. El análisis de la producción de la empresa mostró que existe una mejora en la eficiencia del desempeño de 23,3765 soles anual o su equivalente a un ahorro de 22.6% con respecto a los gastos del año 2016, siendo este optimizado.

Un análisis a futuro (con una tasa de descuento del 8%), los ahorros son del orden de S/. 226,902 en 10 años, con una mejora del 32%.

Un análisis sugerido con 10 años al pasado (con el sistema actual) y 10 años a futuro con el nuevo sistema (con una tasa de descuento del 8%), los ahorros son del orden de S/. 8'842,440.00 con una mejora del 94.9%

En todos los casos el nuevo sistema se justifica plenamente.



RECOMENDACIONES

Primera recomendación. Se recomienda a la gerencia general de la empresa metalmecánica Metalsur, implementar el plan de mantenimiento propuesto, para lograr una adecuada reducción de las pérdidas por fallas logrando mejorar la producción y el desempeño de la empresa.

Segunda recomendación. Se recomienda a la gerencia general de la empresa Metalsur a implementar la codificación propuesta, para identificar y ubicar de manera eficiente a las máquinas permitiendo una adecuada aplicación del plan de mantenimiento propuesto.

Tercera recomendación. Se recomienda a la Gerencia General de la empresa Metalsur a la adquisición e implementación de un software de mantenimiento basado en indicadores y que permita la sistematización de la información importante derivada de las actividades de mantenimiento correctivo, preventivo realizado en las máquinas de la empresa.

Cuarta recomendación. Se sugiere implementar los índices propuestos, los cuales deben aplicarse mínimo cada 3 meses o 4 veces al año. Midiendo y corrigiendo las deficiencias que deriven de estos índices permitirán la implementación de una mejora continua en el área de mantenimiento de la empresa.

Quinta recomendación. Se sugiere a la gerencia de la empresa a invertir en la capacitación continua del personal encargado del mantenimiento para especializarlos y lograr una eficiencia en el desempeño más óptimo. Además el área de recursos humanos de la empresa debe planificar cursos de capacitación y concientización para el personal administrativo y técnico, para sensibilizarlos en cuanto la importancia del mantenimiento dentro de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

- Cáceres, A. (2015). *Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo y Predictivo para la empresa FAGOMA SAC*. Arequipa: Universidad Católica de Santa María.
- Cuevas, C. (2001). *Contabilidad de Costos*. Bogotá: Pearson.
- Donayre, E. (2014). *Propuesta de diseño de un Sistema de Gestión de Mantenimiento para una empresa de Servicios de Elevación de Lima, (Tesis de Grado)*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Espinosa, F. (2015). *Facultad de Ingeniería, Universidad de Talca*. Obtenido de http://campuscurico.otalca.cl/http://campuscurico.otalca.cl/fespinos/13-APUNTES_%20SOBRE_%20COSTOS_MANTENIMIENTO.pdf
- Fuentes, F. (2015). *Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en los indicadores de Overall Equipment Efficiency para la reducción de los costos de mantenimiento en la empresa HILADOS RICHARD`S SAC, (Tesis de Grado)*. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- García, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. España: Ediciones Díaz de Santos S.A.
- Gática, R. (2009). *Mantenimiento Industrial/Industrial Maintenance: Manual de Operación y Administración*. Trillas SA DE Cy.
- Hernández, E., & Navarrete, E. (2001). *Sistema de cálculo de indicadores para el mantenimiento*. Revista Cuba, 6.
- Lora , M., & Pérez , H. (2010). *Plan e implementación de un programa de mantenimiento con enfoque CMD en la empresa gravillera Albania S.A. y su*

influencia en los costos de mantenimiento y producción (tesis de grado).

Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Olarte, W., Botero, M., & Cañón, B. (2010). *Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción*. Scientia et Technica, 16(44),354-356.

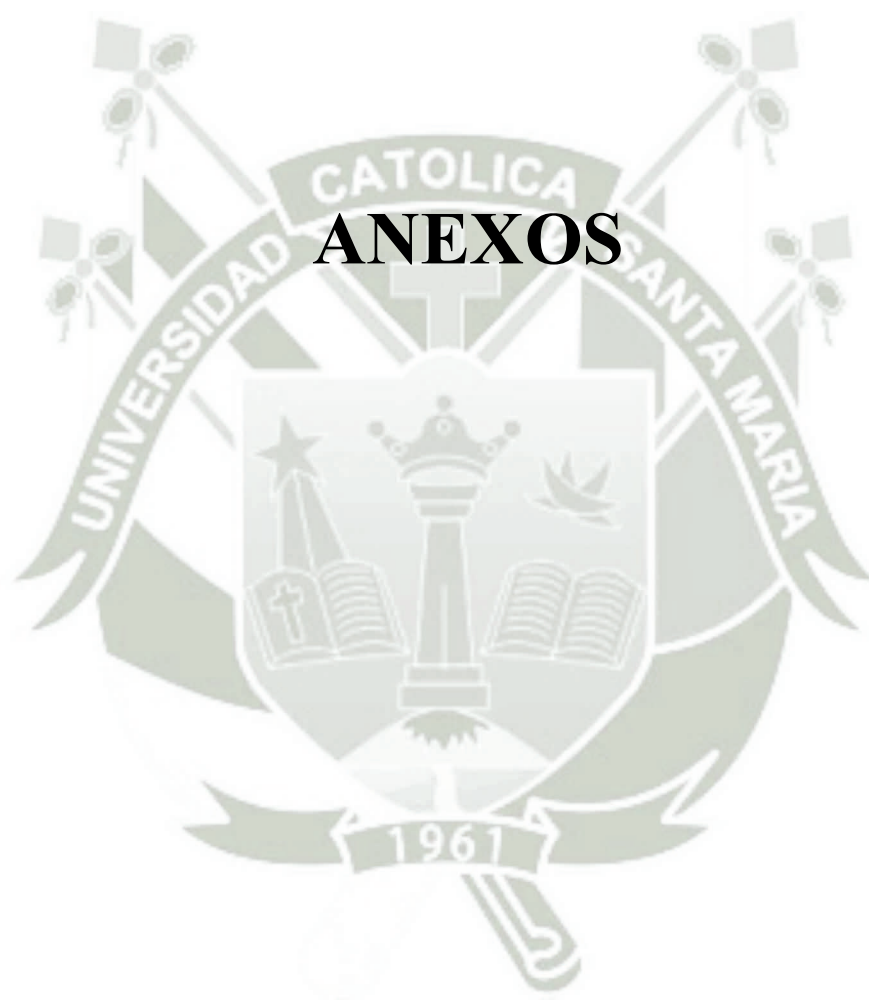
Oliveiro, P. (2012). *Gestión de mantenimiento moderno del mantenimiento industrial*. Bogotá: Colombia Ediciones.

Rey, F. (2001). *Manual de mantenimiento de máquinas y equipos eléctricos*. España: CEAC.

Ríos, J., & Garcés, J. (2006). *Desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo basado en el Análisis fmeca y monitoreo mediante el software am para un sistema gemi cmd bombas*. Obtenido de <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4406/ARTICULO%20PROYECTO%20DE%20GRADO.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Renove Tecnología S.L. (2009-2015). *Ingeniería del mantenimiento*. Obtenido de Plan de mantenimiento basado en RCM: <http://ingenieria del mantenimiento.com/index.php/26-articulos-destacados/17-plan-de-mantenimiento-basado-en-rcm>

Sierra, G. (2004). *Programa de mantenimiento preventivo para la empresa metal mecánica Industrias AVM S.A. (tesis de grado)*. Bucaramanga: Universidad de Santander.



ANEXO 1

FICHAS TÉCNICAS DE MÁQUINAS

1. Tornos paralelos

Foto 1. Torno Paralelo Universal



Fuente: https://www.google.com.pe/search?q=torno+paralelo+universal&dc=0&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjL2rqWv-_YAhUnjK0KHAMQAY8Q_AUICigB&biw=1360&bih=662#imgc=HjW2LevKPEF-kM:

Capacidad	
Volteo sobre la banca	660 mm (26")
Volteo sobre el carro	430 mm (17")
Volteo sobre en el escote	870 mm (34")
Distancia entre puntos	2000, 3000 mm
Ancho de bancada	390 mm (15.3")
Husillo	
Barreno del husillo	Ø105 mm (4.1")
Nariz del husillo	D8 (Camlock)
Numero de revoluciones	24
Revoluciones del husillo	6-1120 rpm
Carros	
Carrera máx. Del carrillo transversal	360 mm
Carrera máx. Del carillo porta-cuchilla	190 mm
Dimensiones máx. De la herramienta	25 x 25 mm
Avances y roscas	
Avances longitudinales	0.063 - 6.43 mm/Rev.
Avances transversales	0.027 - 2.73 mm/Rev.

Ejecución de la máquina
bancada con escote
freno de pedal
avance rápido
sistema de refrigeración

Equipamiento básico
Luneta fija
Luneta móvil
Chuck de 3 mordazas
Aparato de recaída en el paso
Punto fijo
Lámpara de alumbrado
Herramientas de mano
Manual de servicio

Avances rápidos longitudinales	5400 mm/min
Avances rápidos transversales	2300 mm/min
Roscas métricas	1-224 mm
Roscas pulgadas	28 - 1/8 r/1"
Roscas modulares	0.5 - 112 mm
Roscas diametrales	56 - 1/4 DP
Contrapunto	
Diámetro de la funda	Ø75 MM (3")
Cono de la funda	Morse 5

Salida de la funda	150 mm
Otros datos	
Motor principal	11kW (15 HP)
Área ocupada por la máquina	3500, 4500 x 1250 mm
Peso neto de la máquina	2900, 3500 Kg
Alimentación eléctrica	220V / 60Hz
Ejecución de la máquina	Pulgadas

Un torno puede hacer muchas operaciones diferentes. Algunas de las más comunes en la empresa son: refrentado, cilindrado, torneado cónico, tronzado, corte de filetes de rosca y corte de superficies de formas de las piezas.

Fresadora

Foto 2 Fresadora METBA MB-0



Fuente: Metalsur S.A.C.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Mesa Vertical

Superficie de sujeción: 200 x 600 mm

Ranura "T": 12 x 21 mm

Distancia entre ranuras: 90 mm

Movimientos

Longitudinal de la mesa, automático y manual: 300 mm

Vertical, manual: 340 mm

Transversal del cabezal, manual: 150 mm

6 avances automáticos: 16 a 340 mm/minuto

Cabezal Horizontal

12 velocidades: 85 a 2000 rpm

Cono interior: ISA 40

Accionamientos

Motor 2 velocidades: 700 i 1400 rpm

Motor avances: 1400 rpm

Medidas y peso

Altura máxima sin accesorios: 1415 mm

Altura máquina con cabezal vertical: 1550 mm

Base: 690 x 500 mm

Peso aproximado: 700 kg

Accesorios incluidos

Mesa fija

Divisor con contrapunto

Cabezal de camisa regulable

Estuche de pinzas

Varios ejes porta fresas

Conos de reducción

Su función es crear piezas de acuerdo a las formas que el cliente las desea, a través de un proceso de mecanizado de las mismas.

2. Taladro Radial MAS VO-32

Foto 3. Taladro Radial MAS VO-32



Fuente: https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1360&bih=662&tbm=isch&sa=1&ei=iOlnWveXJMSWsAXw4b7ABw&q=Taladro+Radial+MAS+VO-32&oq=Taladro+Radial+MAS+VO-32&gs_l=psy-ab.3...73788.77684.0.78640.2.2.0.0.0.490.665.0j1j4-1.2.0...0...1c.1.64.psy-ab..0.0.0...0.oXyBMMrOBAE#imgrc=XLuLZoWrwa6S2M:

Especificación	Dimensión	Unidad
Dimensiones de la mesa	800 x 1150	mm x mm
Diámetro máx. de taladrar en el acero	32	mm
Diámetro máx. de taladrar en la fundición gris	45	mm
Distancia máx./min. entre la nariz del husillo y la mesa	1040 / 270	mm
Distancia min. /máx. entre el eje del husillo y la guía de la camisa	1000 / 250	mm
Recorrido vertical del brazo	875	mm
Recorrido horizontal del cabezal portahusillo	750	mm
Giro del brazo	180	°
Cono interior del husillo	Morse 4	

Carrera del husillo	250	mm
Numero de revoluciones del husillo	12	
Gama de revoluciones del husillo	90 - 4500	r.p.m.
Motor principal	3.7 (5)	kW (HP)
Potencia total instalada	3.5	kVA
Área ocupada por la maquina	1046 x	mm x
	1700	mm
Altura de la maquina	2610	mm
Peso neto de la maquina	1800	kg
Ejecución de la maquina	Pulgadas	

El taladro es una máquina herramienta donde se mecanizan la mayoría de los agujeros que se hacen a las piezas.

3. Prensa hidráulica tipo H STENHOJ H 100

Foto 4. Prensa hidráulica tipo H STENHOJ H 100



Fuente: Metalsur S.A.C.

Información general	
Ubicación	Alemania
Región	Nordrhein-Westfalen
Año de fabricación	1991
Garantía	Sin garantía
Características técnicas	
Fuerza máxima (prensado)	100 t

Longitud de la mesa de trabajo	700 mm
Ancho de la mesa de trabajo	500 mm
Distancia máxima entre las mesas	380 mm
Carrera máxima de la biela del pistón	250 mm
Velocidad de la biela del pistón (sin carga)	19.3 mm/s
Velocidad de la biela del pistón (prensado)	4.3 mm/s
Velocidad de la biela del pistón (retroceso)	38 mm/s
Demanda de potencia	4 kW
Diámetro del pistón	145 mm
Altura de la máquina	2420 mm
Longitud de la máquina	2000 mm
Ancho de la máquina	1000 mm
Peso de la máquina	1.6 t

Permite prensar, enderezar o deformar piezas metálicas.

4. Dobladora de plancha

Foto 5. Dobladora de Plancha



Fuente: Metalsur S.A.C.

DOBLADORA MANUAL DE 2.50 METROS CON CUCHILLA RECTA.

Fabricado con plancha estructural de 3/4 y 1". Las cuchillas en acero Kronik-400 (mesa y mandil). Contrapesa en fierro fundido.

Las dobladoras son una herramienta ideal para hacer pliegues a las láminas de acero.

5. Soldador MIG MILLER XMT304 / S-60

Foto 6. Soldador MIG MILLER XMT304 / S-60



Fuente: Metalsur S.A.C.

Característica	Valor
Alimentación	208-575 V
Voltaje máx. de Circuito abierto	75 V
Rango de voltaje en modo CV	10-35 V
Rango de amps en modo CC	5-425 Amps
Dimensiones LxAnxAI	610x318x432 mm
Salida nominal	corriente/voltaje/ciclo servicio
Trifásica	350A-34VDC a 60%
Monofásica	300A-32VDC a 60%
Procesos	MIG (GMAW) – MIG pulsado (GMAW-P) – Electrodo (SMAW) – TIG (GTAW) – TIG pulsado (GTAW-P) – Núcleo con fundente – (FCAW) – Arco aire/carbón, Cortar y escoplear (CAC-A).5/16 en carbones*solo con control opcional

6. SOLDADORAS MIG / ALAMBRE TUBULAR (LINCOLN CV 400)

Foto 7. Soldadoras MIG / ALAMBRE TUBULAR (LINCOLN CV 400)



Fuente: https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1360&bih=662&tbm=isch&sa=1&ei=HOtnWs__O4u0zwKF9a2ADQ&q=SOLDADORAS+MIG+%2F+ALAMBRE+TUBULAR+%28LINCOLN+CV+400%29&oq=SOLDADORAS+MIG+%2F+ALAMBRE+TUBULAR+%28LINCOLN+CV+400%29&gs_l=psy-ab.3...75770.78655.0.79383.4.4.0.0.0.186.530.0j3.3.0...0...1c.1.64.psy-ab..1.0.0...0.cE33sayEBso#imgsrc=vMmgc7lmJKiAdM:

Características Superiores

Diseño único de inductancias de Lincoln Electric. Excepcional transferencia de corto circuito.

Potencia auxiliar para alimentador de alambres de 115V y 42V.

Conecte los alimentadores de alambre - mediante un conector tipo MS de 14 pines o tablilla de terminales.

Componentes internos, incluidas las bobinas, los rectificadores y las placas de circuito revestidos para protegerlos contra los efectos de la humedad y la corrosión.

El rectificador de salida tiene una garantía de siete años.

Potencia de Entrada

230/460/3/60

Procesos

MIG, Alambre Tubular

Se usa en acero inoxidable, acero suave (o acero dulce) y aluminio de todos los grosores.

Clase de aislamiento	H	
Índice de protección	IP23	
Peso	107 Kg	123 Kg
Dimensiones	560 x 730 x 1080 mm	

Para uniones de latón, cobre, aleaciones de plata, bronce, acero y fundición en los diversos proyectos encomendados al taller.

8. Compresora 2 HP 8GL CAMPBELL

Foto 9. Compresora 2 HP 8GL CAMPBELL



https://www.google.com.pe/search?q=Compresora+2+HP+8GL+CAMPBELL&dc=0&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiOtPiE-aPZAhWCuVMKHYNakYQ_AUICigB&biw=1360&bih=662#imgcr=NfEStLDxGrntM

CARACTERÍSTICAS

Atributo	Detalle
Características	Este compresor ha sido diseñado para suministrar aire comprimido y trabajar con herramientas que trabajen con aire comprimido
Marca	Campbell Hausfeld
Modelo	HX5103999
Medidas	Ancho: 34 cm. Profundidad: 66 cm. Alto: 66 cm
Potencia	2 Hp
Capacidad	32 L

Atributo	Detalle
Voltaje	220 V - 60 Hz
Presión	125 PSI
Garantía	1 año
Uso	Ideal para lavado, pintado, soplado, trabajos en talleres mecánicos
Procedencia	U.S.A
Recomendaciones	Drenar el tanque diariamente o después de cada uso
Tipo	Compresoras de aire

Se usa en el lavado, pintado, soplado, trabajos en el taller

9. Esmeril moladora de 4 MARCA BLACK + DECKER DE 820W

Foto 10. Esmeril Moladora de 4 MARCA BLACK + DECKER DE 820W



Fuente: METALSUR S.A.C.

CARACTERÍSTICAS

- Potente motor de 820W
- Velocidad 10.000RPM
- Eje 5/8pg - 11/M14
- Empuñadura lateral de 3 posiciones
- Traba de eje
- Caja de engranajes metálica
- Interruptor sellado contra polvo Y con bloqueo para uso continuo
- Guarda ajustable sin llave

Se emplea para cortar o desbastar distintos tipos de materiales, sobre todo en acabados.

10. Taladro con herramientas BLACK AND DECKER 550W

Foto 11. Taladro con herramientas BLACK AND DECKER 550W



Fuente: Metalsur S.A.C.

CARACTERÍSTICAS:

- Potente motor de 550W
- Selector de percusión o rotación Mandril de 1/2" (13mm)
- Barra de profundidad
- Empuñadura lateral multiposición
- Velocidad variable y reversa
- Interruptor con bloqueo para uso continuo

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- Velocidad de 0
- 2800/min (rpm)
- IPM de 0 - 45000ipm (bpm)
- Mandril 1/2" (13mm)
- Capacidad en acero de 1/2" (13mm)
- Capacidad en concreto de 1/2" (13mm)
- Capacidad en madera 25/32" (20mm)
- Cable de 1,8m

Realiza agujeros simples en el metal y otros materiales.

12. Sierra caladora GST 65 BE

Foto 12. Sierra caladora GST 65 BE



Fuente: Metalsur S.A.C.

Sierra Caladora Bosch para trabajo industrial con motor de 400 watts. Sistema SDS de sujeción de sierras. Velocidad variable. Sistema pendular para cortes más rápidos.

Características

Potencia:	400 W
SPM:	500 a 3,100
Capacidad máxima en madera:	65 mm
Capacidad máxima en metal:	4 mm
Capacidad máxima en aluminio:	13 mm

Herramienta de corte eléctrica que permite cortar con precisión ciertos materiales, con cortes rectos, curvos o biselados

13. Computadoras INTEL CORE I3

Foto 13. Computadora INTEL CORE I3



Fuente: Metalsur S.A.C.

Computadoras Core i3 Lenovo

3.10GHZ.

Segunda Generación

Ram 4 Gb

Disco 500

Video Int. 1.2Gb

DVDRW

Teclado en español

Lcd 17 para ver en 3D

Uso administrativo y de planificación de la producción

14. Laptop HP 240 G3 - 14 PULGADAS

Foto 14. LAPTOP HP 240 G3 - 14 PULGADAS



Fuente: Metalsur S.A.C.

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Pantalla	14 pulg lcd tft led wide resolución máxima 1366x768 led backlight		
Cpu	Intel core i3 4005u 1.70 ghz cache l3 3 mb		
Memoria	Capacidad	4 gb	
	TIPO	DDR3	
Disco duro	Capacidad	1 tb	
	TIPO	SATA	
	VELOCIDAD	5400 RPM	
Optico	Dvd supermulti		
Lector de memorias	Card reader		
Video	Marca	Intel	
	CHIPSET	INTEL HD GRAPHICS 4400	
	SALIDAS	HDMI	
VGA			
Conectividad	Lan	Velocidad	10/100/1000 mb/s
	WIRELESS	802.11B 802.11G 802.11N	
	BLUETOOTH	4.0	
Sonido	Parlante	2 parlantes estereo	
	PUERTOS	COMBO AUDIO/MIC	SI
Incorpora	Webcam	Si	
	TOUCHPAD	SI	
Puertos	Usb 2.0	2	
	USB 3.0	1	
	RJ45	1	
	ALIMENTACIÓN	SI	
Batería	Nro celdas	4	
	TIPO BATERIA	ION-LITHIUM	

Dimensiones	Largo	24.40 cm	
	Ancho	34.50 CM	
	Alto	2.53 CM	
Peso	1.91 kg		

Uso administrativo y de planificación de la producción. Uso administrativo y de planificación de la producción.

15. Televisor SMART HD 40" SAMSUNG

Foto 15. Televisor SMART HD 40" SAMSUNG



Fuente: https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1360&bih=662&tbm=isch&sa=1&ei=s2mDWsLDIONO5gLokYbQDw&q=Televisor+SMART+HD+40%C2%A8+SAMSUNG&oq=Televisor+SMART+HD+40%C2%A8+SAMSUNG&gs_l=psy-ab.3...91628.91628.0.92505.1.1.0.0.0.0.659.659.5-1.1.0....0...1c.1.64.psy-ab..0.0.0....0.Obrk87vspKw#imgrc=bvECGxvvK3ldfM:

Características:

- Series 5
- Tamaño de pantalla 40"
- Resolución 1920x1080
- Clear Motion Rate
- Wide Color Enhancer Plus
- Film Mode

- SmartTV
- Apps
- AnalogTuner
- HDMI2
- USB 2
- Ethernet (LAN)
- Digital Audio Out (Optical)
- WirelessLANBuilt-in
- Diseño Slim
- Color Negro
- Connect Share™ (HDD)
- Sports Mode

Uso recreativo en recepción. Uso administrativo y de planificación de la producción.

Las características de su mantenimiento se encuentran a partir de la página 125.

11. Impresora HP LASERJET PRO P1102W

Foto 16. Impresora HP LASERJET PRO P1102W



Fuente:https://www.google.com.pe/search?dcr=0&biw=1360&bih=662&tbm=isch&sa=1&ei=EWqDWrHbO8Ps5gLW5YzoCw&q=11.%09Impresora+HP+LASERJET+PRO+P1102W&oq=11.%09Impresora+HP+LASERJET+PRO+P1102W&gs_l=psy-ab.3...274300.274300.0.274803.1.1.0.0.0.396.396.3-1.1.0....0...1c.1.64.psy-ab..0.0.0....0.jw5KFfhDmzM#imgrc=odbpdkZmIpQtUM:

Dimensiones	Medidas
Peso	5,3 kg (11,6 lb)
Altura	196 mm (7,71 pulgadas)
Profundidad - mínimo	238 mm (9,38 pulgadas)
Profundidad - máximo	410,21 mm (16,15 pulgadas)
Anchura	349 mm (13,74 pulgadas)
Especificación	Detalles
Calidad de impresión	600 x 600 puntos por pulgada (dpi) reales para texto y gráficos
Tecnología de resolución	FastRes 600 dpi (predeterminados) y FastRes (1200 dpi)
Idioma	Basado en host
Velocidad de impresión: Tamaño Carta	Carta: Hasta 19 páginas por minuto A4: Hasta 18 páginas por minuto
Impresión de la primera página	Hasta 8,5 segundos
Ciclo mensual de trabajo	Hasta 5000 hojas de papel
Volumen recomendado de páginas impresas por mes	250 a 1000 hojas de papel
Impresión a doble cara (impresión dúplex)	Impresión a doble cara manual
Impresión de n páginas	Impresión de varias páginas en una hoja

Impresión de documentos y planos de los trabajos del taller. Uso administrativo y de planificación de la producción.

17. Estantes de ángulo ranurado

Foto 17. Estantes de ángulo ranurado



Fuente: Metalsur S.A.C.

- Soluciones para cualquier necesidad de almacenamiento.
- Estructura de excelente calidad, estantería reforzada con pernos y regatones.
- De uso multifuncional, versatilidad, económica y duradera, para las más diversas aplicaciones.
- Desmontable para su adaptabilidad en cuanto a su ampliación de altura como en longitud.
- Ideales para el almacenaje de cargas ligeras.
- Estantería de alta rigidez gracias al uso de tornillos y su sistema de ángulo ranurado.

Dimensiones del producto:

- Altura: 240 cm

- Largo: 113 cm
- Fondo: 40 cm
- 05 niveles de paneles

Componentes:

- N° de ángulos ranurado/parantes: 4 unid. de 240 cm, espesor 2 mm
- N° de paneles/bandejas: 5 unid. de 113 cm x 40cm, espesor 0.75 mm
- Capacidad de carga por panel repartida uniformemente oscila entre 40 kg
- Número de tornillos y tuercas (hexagonales y zincada): 40 unid.
- N° de regatones/pies plásticos negros: 4 unid.

Color:

- Gris

18. Mesa de metal

Foto 18. Mesa de metal







Fuente: Metalsur S.A.C.

Mesas de ACERO INOXIDABLE FORT 304

110 cm de largo x 65 cm de ancho, 94 cm de altura

Mobiliario administrativo

Mueble	Cantidad	Modelo	Área
Escritorio	1		Administración
Sillas	4		Administración
Sillas de espera	3		Recepción
Mesa	1		Administración

ANEXO 2

IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y RCM EN LA EMPRESA METALMECÁNICA TORNOCENTRO DE AREQUIPA.

El trabajo de Investigación de Marco Antonio Rivera, tuvo la finalidad de realizar el Estudio del Área de Rectificado del Taller de Maestranza Tornocentro, específicamente de la Rectificadora de Cilindros, para la implementación de la Estrategia de Mantenimiento denominada RCM siglas en inglés del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, el año 2016.

Para este proceso de investigación se consideró tres etapas en las cuales se analizó, primero el trabajo que realiza la maquina la que involucra el contexto operacional de la Rectificadora de Cilindros, segundo se ha realizado una etapa de investigación y trabajo de campo con los especialistas y personal encargado del área de rectificado y tercero se ha planeado la propuesta de la implementación de la Estrategia RCM.

La Metodología que se aplicó se basa en realizar un estudio de campo, primero se diseñó y luego se aplicó un cuestionario al personal de la empresa para verificar la viabilidad de la aplicación de la estrategia RCM. Seguidamente se realizó el estudio y análisis de la maquina tanto en movimiento como en parada, lo cual nos conlleva a formular el Contexto Operacional de la Máquina, la Clasificación de los Sistemas, Componentes y Partes de dicha máquina, debido a la Jerarquización del Equipo es decir la Taxonomía en función del Contexto Operacional, también se pudo analizar las funciones Primarias y Secundarias a Nivel de Máquina y a Nivel de los Sistemas que

la componen, a su vez se analizaron los procesos que son realizados por la Máquina y los tiempos en realizar las tareas de mantenimiento.

Una vez definido el Contexto Operacional, se implementa la estrategia del RCM, para ello se da uso del Análisis de Criticidad, la cual es una metodología basada en la norma Norzok Z008 que indica la selección y prioridad de análisis a los equipos más críticos de tal forma que se les sea aplicada la estrategia RCM.

Para la aplicación del Análisis de Criticidad en el presente trabajo de investigación primeramente se ha realizado el análisis de criticidad al Taller en general, de tal forma que se identificó cuál era el equipo más crítico y a qué área pertenecía. De la aplicación del Análisis de Criticidad a los Equipos del Taller, se seleccionó a la Rectificadora de cilindros, como el equipo más crítico, según los parámetros contemplados en el análisis de criticidad y se le aplicó los procedimientos para la implementación del RCM estipulados en las Normas JA-1011, JA 10-12 y la ISO 14224.


Seguidamente en la aplicación del Desarrollo de la estrategia RCM se realizó el Análisis de Fallas a cada uno de los Sistemas que componen la máquina rectificadora; fueron consideradas para el Análisis, aquellas fallas que tengan mayor probabilidad de producirse y aquellas que han venido ocurriendo con anterioridad, todo esto a nivel de Partes, Componentes y Sistemas.

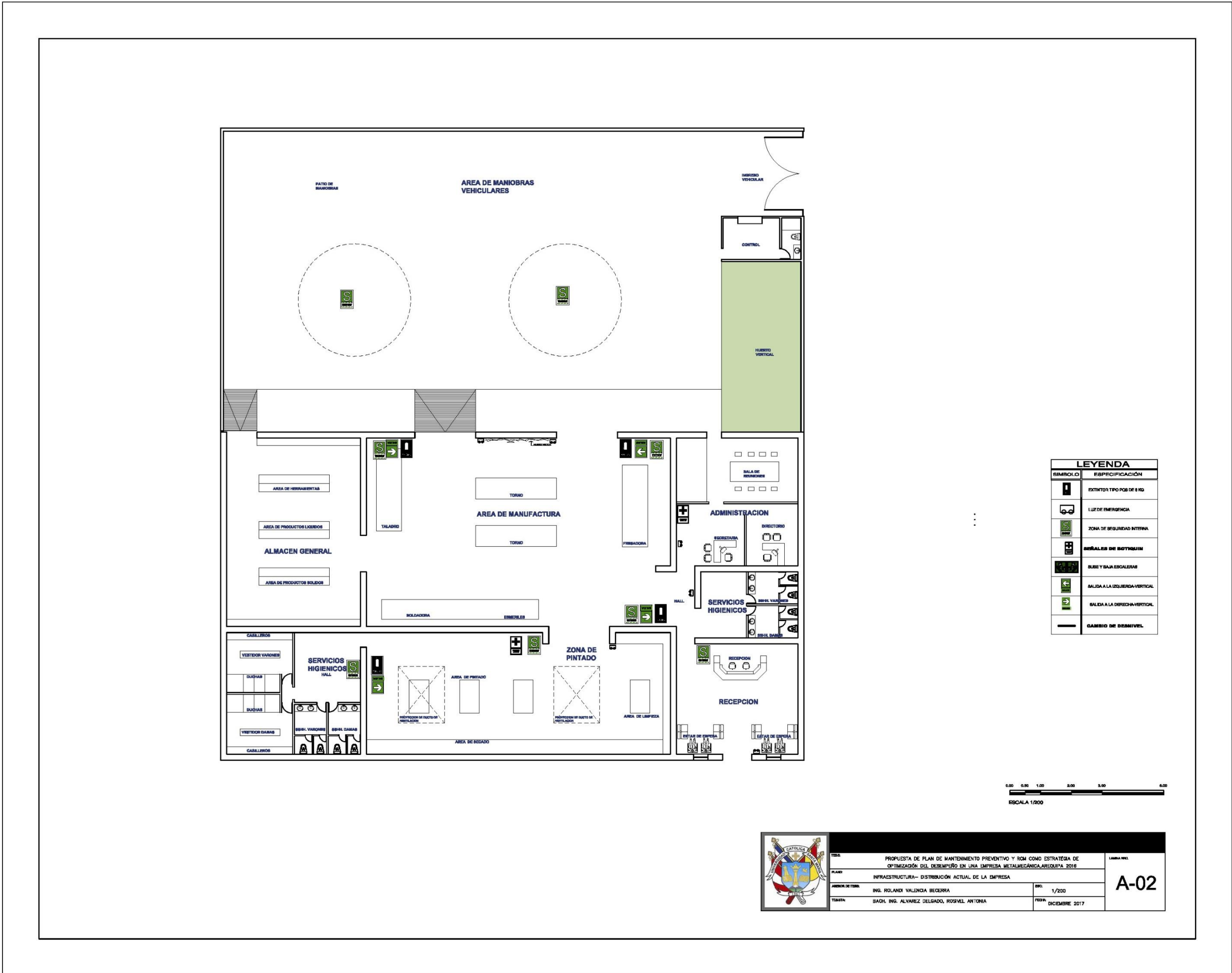
Después de determinar las fallas se analizaron los efectos que producen cada modo de falla y su ocurrencia en las funciones Primarias y Secundarias de los Sistemas y del Equipo. Finalmente se aplicó el Diagrama de Decisión del RCM para determinar la mejor Propuesta de Tarea de Mantenimiento a desarrollar, además de ello se ha

elaborado documentos de Mantenimiento para ser aplicados a la Rectificadora en los cuales se han desarrollado los Procedimientos a seguir para cada una de las Tareas propuestas de Mantenimiento.

Con referencia al análisis y evaluación de los componentes del Mantenimiento Basado en la Confiabilidad RCM en el Área crítica en relación a sus Funciones Primarias y Secundarias de la Rectificadora de Cilindros, se sintetiza que existe dominio por parte del personal técnico en cuanto a la operatividad de la máquina, lo cual garantiza el conocimiento de fallas funcionales primarias como secundarias; del mismo modo se aprecia que el área de la Rectificadora de Cilindros cuenta con el espacio necesario para un desplazamiento ergonómico en el ejercicio de las Funciones Básicas. En cuanto a las funciones secundarias se observó que existe conocimiento cabal sobre Ecología, Seguridad, Control, Apariencia, Protección y Eficiencia por parte de los técnicos. Sin embargo se puede observar que existe desconocimiento de la gestión del costo y finanzas, y tampoco cuenta el área con un manual técnico administrativo de prevención de condiciones anormales o contingentes del funcionamiento de la rectificadora.

Tras la implementación de la propuesta diseñada en la tesis, la empresa Tornocentro, el año 2016 esta empresa ha obtenido resultados positivos, reduciendo sus fallas a sólo dos desde julio del 2016 hasta marzo del año 2017. Esto le ha permitido un ahorro en repuestos de casi 35000 soles en estos 9 meses que lleva implementado el plan de seguridad basado en RCM.

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
 ANEXO 3
 
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
PLANO DE SEGURIDAD PROPUESTO



LEYENDA	
SIMBOLO	ESPECIFICACION
	EXTINTOR TIPO PQR DE 8 KG
	LUZ DE EMERGENCIA
	ZONA DE SEGURIDAD INTERNA
	SEÑALES DE BOTONEM
	ESCALERA
	SAIDA A LA IZQUIERDA VERTICAL
	SAIDA A LA DERECHA VERTICAL
	CAMBIO DE DESNIVEL



	TITULO	PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CON SU ESTRATEGIA DE OPTIMIZACIÓN DEL DESEMPEÑO EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA ARIQUIPA 2016	LABORANTE	A-02	
	PLANO	INFRAESTRUCTURA- DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA			
	AUTOR DE TESIS	ING. ROLAND VALDEA BECERRA	ESCALA		1/200
	FECHA	BAO: ING. ALVAREZ DELGADO, ROSMEL ANTONIA	FECHA		DECEMBRE 2017

Fuente: Metalsur S.A.C.


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
 En su investigación no olvide referenciar esta tesis

ANEXO 4

FORMATOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROPUESTOS




Orden de trabajo				
Área:		Folio:		
Unidad presupuestal:		Fecha:		
		Fecha de cierre:		
Falla:		No. Económico:		
		Equipo:		
		Especialidad:		
		Subespecialidad:		
Posible causa:		Tipo de Mantenimiento:		
		Prioridad:		
		Recursos:		
		Técnico:		
		Contratista:		
Ver a:				
Material y refacciones:	Unidad de medida:	Cantidad:	Precio unitario	Importe:
			Total:	
Registro de la hora de inicio y termino:		T. Real:		
		Costo total horas: S/.		
		Costo de material: S/.		
		Costo total: S/.		
Recibo de conformidad				
Nombre y firma			Cargo	
Causas:	Tipo de falla:	Presupuesto :		Falla mecánica:
	Consecuencias:	Imputación :		Falla eléctrica:

SOLICITUD DE MANTENIMIENTO		
Área:	Numero de OT:	
Oficina:	Fecha:	
Descripción del servicio:		
Nombre del equipo:		
Numero económico:		
Quien solicita:	Quien recibe:	



VALE DE ALMACEN						
No.	Descripcion del articulo	Unidad	Solicitado	Entregado/ Regresado	Precio unitario	Importe
1						
2						
3						
4						
5						
Recibe:			Entrega:			

INVENTARIO											
Especialidad:											
Área:		No. Económico:									
Nombre:		Marca:						Modelo:		Serie:	
Fecha de adquisición:		Costo de adquisición:						Fecha de instalación:			
Nombre de fabricante:		MEDIDAS DE SEGURIDAD									
Capacidad:											
Dimensiones											
Altura:	Ancho:										
Largo:	Peso:										
Proveedor:											
Domicilio:											
Tel:	Mail:										
DIAGNOSTICO		DATOS TECNICOS									
								V	Am p.	H p	W
Eléctricos											
Mecánicos											
Hidráulicos											
Electrónico											
Otros											

Universo de acción

Especialidades		Recursos humanos		Equipos prioritarios	
		Mecanicos			
		Electricos			
		Electronicos			
Presupuesto		Fluidos y energeticos		Infraestructura	
Mes	Importe	Electricidad		Terreno	
Enero		Agua		Construccion	
Febrero		Gas		Piezas	
Marzo				Jardines	
Abril					
Mayo					
Junio					
Julio					
Agosto					
Septiembre					
Octubre					
Noviembre					
Diciembre					
Croquis		Consumo de Recursos Materiales			

PRESUPUESTO ANUAL DE MANTENIMIENTO																				
PARTIDA	CONCEPTO	TIPO DE SERVICIOS	PRIORIDAD	RECURSOS		IMPORTE	AVANCE	SOLES												
				PRORIDAD	EXTENSIÓN			E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1							P													
							R													
2							P													
							R													
3							P													
							R													
4							P													
							R													
5							P													
							R													
6							P													
							R													
7							P													
							R													
8							P													
							R													
9							P													
							R													
10							P													
							R													

ELABORA

SOLICITA

AUTORIZA

REQUISICIONES Y/O DE COMPRA



Folio	
Fecha	
U. Presupuesto	

PARTIDA	CONCEPTO	UNIDAD	MARCA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

TOTAL:

Observaciones: _____

Solicita

Autoriza

PROGRAMA SEMANAL DE ACTIVIDADES

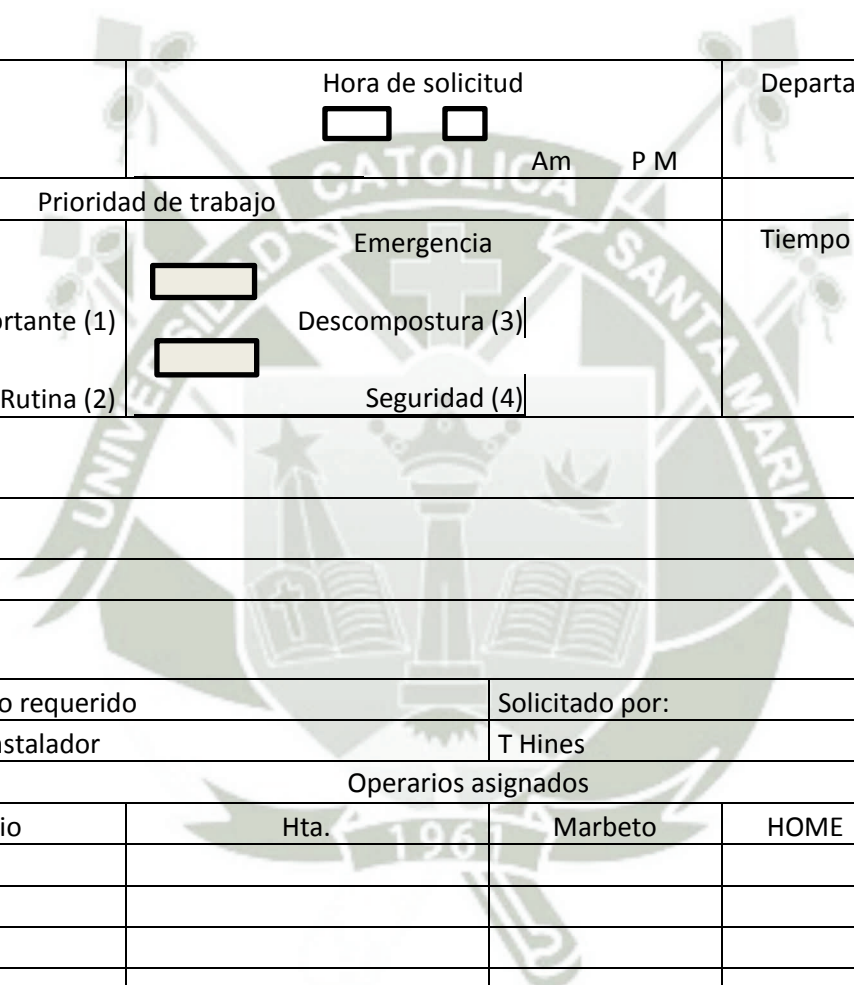


Carta clave:			
Fecha inicial:			
Rev. Numero:		Fecha:	

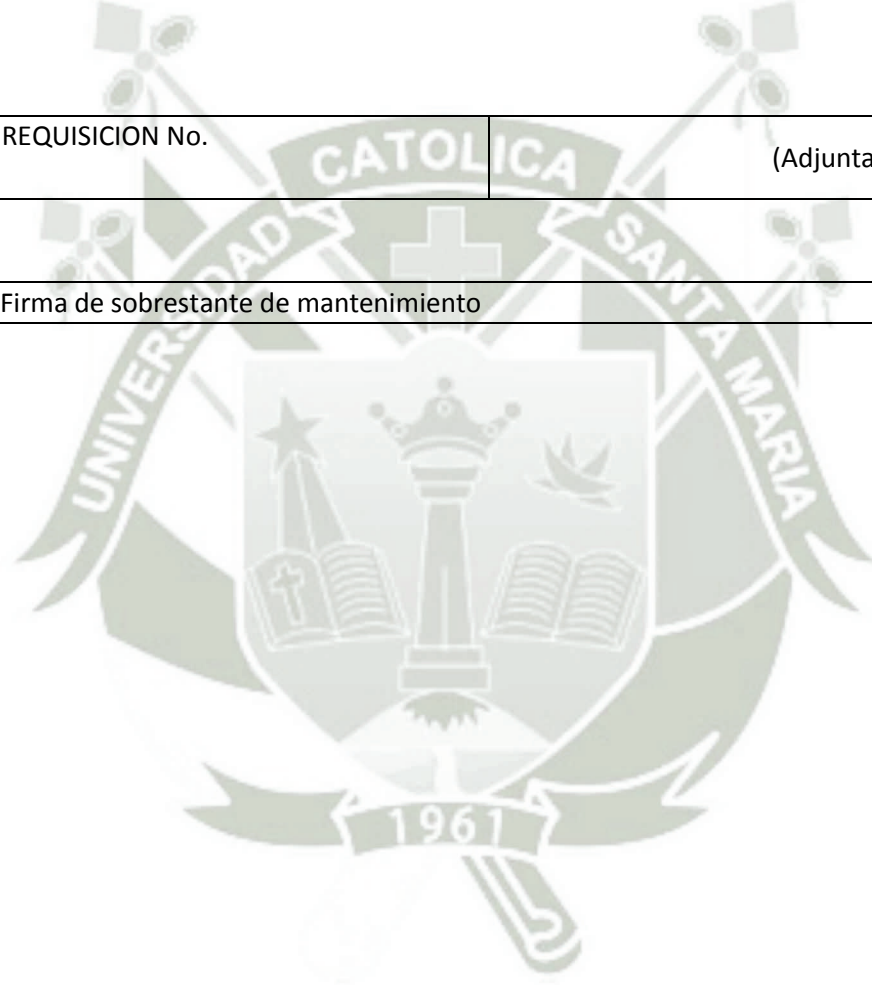
	Turno	Limpiar	Revisar	Lubricar	Ajuste	Inspección	Observaciones
Lunes	1						
	2						
Martes	1						
	2						
Miércoles	1						
	2						
Jueves	1						
	2						
Viernes	1						
	2						
Sábado	1						
	2						
Domingo	1						
	2						
ELEMENTOS							
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						

AVANCES DEL PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO					
					
MESES	AUTORIZADO	EJERCIDO	ABSOLUTA	RELATIVA	OBSERVACIONES
Enero					
Febrero					
Marzo					
Abril					
Mayo					
Junio					
Julio					
Agosto					
Septiembre					
Octubre					
Noviembre					
Diciembre					
TOTAL					

Solicitud de mantenimiento No.							
Fecha de solicitud		Hora de solicitud <input type="text"/> <input type="text"/> Am P M		Departamento No.		Lugar	
Prioridad de trabajo				Disponibilidad de maquinas			
Regular <input type="text"/>		Emergencia <input type="text"/>		Tiempo		Turno	
Importante (1) <input type="text"/>		Descompostura (3) <input type="text"/>					
Rutina (2) <input type="text"/>		Seguridad (4) <input type="text"/>					
Tipo: Maquina o equipo						Marbeto No.	
Líneas o sistema No.							
Naturaleza del problema							
Oficio requerido				Solicitado por:			
Instalador				T Hines			
Operarios asignados							
No.	Oficio	Hta.	Marbeto	HOME	Oficio	No.	Marbeta No.
	Instalador						
	Entubador						
	Hidráulica						
	Electricidad						



Fecha de iniciación	Hora de late.		Fecha de term	Horno de temp	
	am	pm		am	pm
Trabajo efectuado y operaciones					
MATERIAL REQUISICION No.			(Adjuntar copias de ref.)		
				Horas de producción Permitidas	
Firma de sobrestante de mantenimiento					





FORMA DE VERIFICACION PARA LA INSPECCION PREVENTIVA DE MANTENIMIENTO

Eléctrico

Hoja de verificación No.

Tiempo programado:

Departamento: Pintura

Equipo No. PSB 14B


12 : Inspección semanal

Inspeccion por _____

Inicio _____ Fin _____ Fecha _____

Equipo No. Y descripción	Estado y observaciones	Tiempo fijado para la reparacion		Orden de taller No.	Fecha programada
		Num. De hombres	Num. Horas		
Estado general					
Arranque manual					
Motor de bomba					
Estado general					
Arranque manual					
Motor de escape					
Estado general					
Arranque manual					

ADMINISTRACION DEL MANTENIMIENTO

No. De grupo	Tiempo fecha	Planeado	Emergencia	Tiempo limitado por:		
Cargo No.	Sobrest No.	Oficio No.	Horas estd	Horas reales	Turno	Tasa Mult.
<u>Lo requerido TRABAJE CON PRECAUCION</u>				Sobrest. Gral.		
				Suple. De depto.		
				Per. Ases.		
				Director		
				Ing.		
				Ing. Ind.		
				Cuenta		
				Calculo		
				Mano de obra _____		
				Material _____		
				Total _____		
No.	Sobrest. Mant.	Originador				

INFORME DE TIEMPO DEL OPERARIO DE MANTENIMIENTO																	
		Fecha			Turno	A	B	C	Gratificación por turno discontinuo								
		Mes	Día	Año													
Grado del trabajo		Clave de oficio		Clave de control	Depto.	Numero de paga		Hora de iniciación									
Trabajo No.	Cuenta cargada	Clave de tiempo	Operación (o cuenta)			Horas	Hora de terminación										
Oficio del operario		Firma del operario				Aprobación del sobrestante											
<p align="center">Interpretación de la clave de tiempo</p> <table border="0"> <tr> <td>1. Trabajo terminado</td> <td>4. Esperar grúa</td> <td>7. Junta de seguridad</td> </tr> <tr> <td>2. Trabajo sin terminar</td> <td>5. Esperar operaciones</td> <td>8. Dispensario medico</td> </tr> <tr> <td>3. Esperar el siguiente trabajo, material o herramienta</td> <td>6. Demora mecánica</td> <td>9. Otros</td> </tr> </table>									1. Trabajo terminado	4. Esperar grúa	7. Junta de seguridad	2. Trabajo sin terminar	5. Esperar operaciones	8. Dispensario medico	3. Esperar el siguiente trabajo, material o herramienta	6. Demora mecánica	9. Otros
1. Trabajo terminado	4. Esperar grúa	7. Junta de seguridad															
2. Trabajo sin terminar	5. Esperar operaciones	8. Dispensario medico															
3. Esperar el siguiente trabajo, material o herramienta	6. Demora mecánica	9. Otros															

ANEXO 5: PROTOCOLO DE EVALUACIÓN DEL SERVICIO PRESTADO POR LA EMPRESA DE MANTENIMIENTO TERCERIZADA



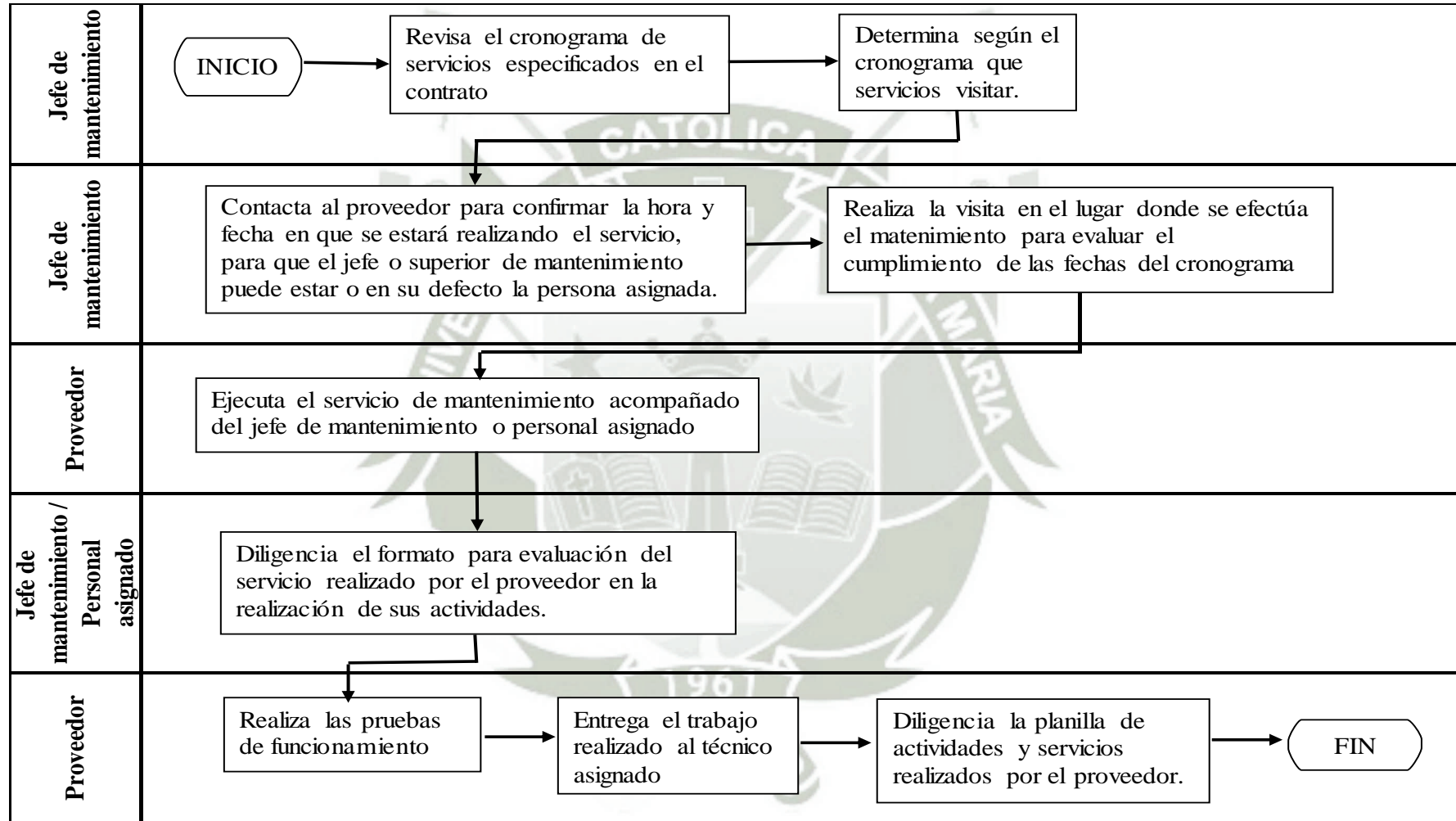
Evaluación del servicio realizado por el proveedor						
Fecha:		Realizado por:				
Nombre del proveedor:						
Nombre del personal del proveedor que realizó el servicio:						
Tipo de servicio realizado	Preventivo					
	Correctivo					
Descripción del servicio realizado:						
Actividades	Calificación				Observaciones	Recomendaciones
	E	B	A	D		
El mantenimiento preventivo o correctivo se realizó de acuerdo a los protocolos establecidos por la institución.						

<p>Presentó el certificado de calibración de los instrumentos detallando los procedimientos realizados y medidas efectuadas.</p>						
<p>Las ordenes de trabajo (OT) tenían la fecha de realización del servicio, la firmas del responsable del proveedor y la conformidad del usuario, el visto bueno del personal de ingeniería Biomédica u operario del equipo.</p>						
<p>El mantenimiento se realizó cumpliendo las normas de calidad y seguridad nacionales y/o internacionales correspondientes</p>						

<p>Cuando el trabajo se hizo fuera de la unidad médica el responsable del mantenimiento por la empresa registro por escrito la salida del equipo mencionando:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nombre del equipo. ▪ Número de serie. ▪ Número de inventario. ▪ Área de localización ▪ Nombre y firma del encargado del área. ▪ Fecha de salida y fecha de ingreso. 						
<p>Llena la bitácora del equipo con la información detallada de todo servicio realizado</p>						
<p>El personal técnico de la empresa se presenta con uniforme o carné que lo identifica.</p>						



DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCEDIMIENTO



ANEXO 6: EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Mantenimiento predictivo

La estrategia predictiva realiza una evaluación de los componentes mecánicos o eléctricos mediante técnicas de análisis y seguimiento de variables relacionadas a la vibración, temperatura, aceites, aislamientos, etc. El estudio de estas variables nos otorga información del estado de sus componentes y el modo en el que está funcionando una máquina. Así siempre es posible garantizar su disponibilidad y máximo rendimiento, evitándose los costes asociados a los dos anteriores mantenimientos: supervisiones, paradas, repeticiones, etc.

A través de tecnologías de software, sensores y el análisis de grandes cantidades de datos o data mining, los responsables de calidad disponen de toda la información de cada máquina y proceso. La base del mantenimiento predictivo está en la monitorización de todo tipo de variables clave para cada industria; siempre con la mirada puesta en que la línea de producción no falle.

Es variada la tecnología que existe y que se puede aplicar al campo de mantenimiento predictivo. Los llamados programas de mantenimiento reportan un importante ahorro de costes.

Por un lado detectan los fallos inminentes con antelación (es lo que conocemos como la economía de los paros programados). Por otro lado, permiten programar con antelación los tiempos necesarios de reparación y suministros. Además ayuda a buscar alternativas que ayuden a seguir trabajando con total normalidad.

¿Dónde se aplican algunas de estos programas en la empresa?

Análisis de vibraciones

La medición del sonido y vibración es muy importante. Cualquier componente de una máquina es susceptible de sufrir estos problemas y condicionar los resultados de cualquier producto.

La realización y análisis de pruebas estructurales de medición de frecuencias, nos dan datos sobre la integridad de la estructura, las propiedades de materiales, su fatiga, rigidez, fracturas, etc.

Análisis de aceites

La tecnología aplicada a los mantenimientos predictivos respecto al análisis de lubricantes es llamada ferrografía y consiste en realizar pruebas físico-químicos en el aceite con el objetivo de determinar si el lubricante se encuentra en óptimas condiciones o debe ser cambiado. La ferrografía es la técnica más utilizada y en la industria, catalogada por el sector como una técnica que detecta, cuantifica y pronostica problemas mecánicos.

Termografía infrarroja

Esta tecnología permite, a través de la radiación infrarroja, la medición superficial de temperatura, usando una cámara de infrarrojos. La principal ventaja es que es una medida sin contacto directo, por lo que el mantenimiento de los objetos observados con infrarrojos no afectará a su trabajo.

Parámetros para el análisis de vibraciones

Efectuada la medición de vibraciones, se deben analizar los datos usando tablas de severidad o normas, según sea el caso, las cuales nos entregan la calidad de vibración utilizando como parámetros la velocidad de vibración y las clases. Las clases corresponden a los tipos de máquinas analizadas según su potencia, clasificándose de la siguiente manera:

Clase I: Máquinas pequeñas, bajo 15 KW ó 20 HP.

Clase II: Máquinas de tamaño mediano de 15 a 75 KW ó máquinas rígidas montadas hasta 300 KW.

Clase III: Máquinas grandes, sobre 300 KW. Montadas en soportes rígidos. Clase IV: Máquinas rígidas sobre 300 KW. Montadas en soportes flexibles.

A continuación se presenta la tabla de severidad correspondiente a lo señalado con anterioridad.

Tabla de severidad, según NORMA ISO 10816-1, Velocidad RMS

Velocidad de Vibración R.M.S. MM/S	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV
0.28	A Buena	A Buena	A Buena	A Buena
0.45				
0.71				
1.12	B Satisfactoria	B Satisfactoria	B Satisfactoria	B Satisfactoria
1.80				
2.80	C Insatisfactoria	C Insatisfactoria	C Insatisfactoria	C Insatisfactoria
4.50	D Inaceptable	D Inaceptable	B Satisfactoria	B Satisfactoria
7.10			C Insatisfactoria	C Insatisfactoria
11.2			D Inaceptable	D Inaceptable
18.0			D Inaceptable	D Inaceptable
28.0	D Inaceptable	D Inaceptable	D Inaceptable	D Inaceptable

Tabla YATE, según NORMA ASA, Velocidad (0-PK).

	PULG/SEG	MM/S	ACCION
MUY SUAVE	0,02-0,04	0,5-1	Ninguna
SUAVE	0,04-0,08	1-2	Ninguna
ACEPTABLE	0,08-0,16	2-4	Ninguna
LEVEMENTE ASPERO	0,16-0,30	4-8	Diagnosticar. Vigilar semanalmente
ASPERO	0,30-0,60	8-16	Diagnosticar y corregir dentro de 15 días.
MUY ASPERO	más de 0,60	más de 16	Diagnosticar. Parar y corregir.

Parámetros de inspección termográfica

Efectuadas las inspecciones termográficas a un sistema o equipo eléctrico determinado, se deben analizar los resultados para adoptar la acción que corresponda. Este análisis se realiza con la información que se presenta a continuación.

**CRITERIO DE ACEPTACIÓN O RECHAZO PARA EQUIPOS ELÉCTRICOS
SEGÚN ENDESA N° MEE-C.10.1 PUBLICADA (1978)**

Δ DE TEMPERATURA (°C)	PRIORIDAD	ACCION
Mayor a 35°C	1	Reparar dentro de 48 horas.
Menor a 35°C y mayor a 10°C	2	Reparar dentro de 3 meses.
Menor a 10°C	3	Sin reparación, seguir tendencia.

Conceptos básicos:

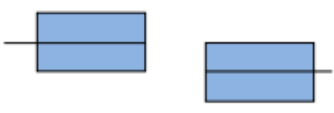
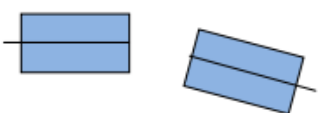
Componente: Se refiere al elemento que presenta mayor temperatura. Referencia: Es aquel elemento que sirve como patrón de comparación con el componente.

Δ de temperatura: Es la diferencia de temperatura entre el elemento componente y la referencia, siendo esta la que determina la prioridad de reparación.

Parámetros para verificar alineamiento

Si se necesita verificar el alineamiento, se deben utilizar los parámetros entregados por el fabricante. En caso de no tener información, utilizar la tabla siguiente.

Tabla de alineamiento.

Condición de alineamiento	Velocidad de rotación	Tolerancia excelente	Tolerancia aceptable
Alineamiento paralelo 	RPM	mm	mm
	0-1000	0,07	0,13
	1-2000	0,05	0,10
	2-3000	0,03	0,07
	3-4000	0,02	0,04
	4-5000	0,01	0,03
	5-6000	< 0,01	< 0,03
Alineamiento angular 	RPM	mm / 100 mm	mm / 100 mm
	0-1000	0,07	0,13
	1-2000	0,05	0,10
	2-3000	0,03	0,07
	3-4000	0,02	0,04
	4-5000	0,01	0,03
	5-6000	< 0,01	< 0,03

Parámetros de aceptación o rechazo para técnicas superficiales e inspección visual

La herramienta más utilizada durante los procesos de mantención preventiva es la inspección visual, complementada con tintas penetrantes y/o partículas magnetizables. Estas técnicas buscan la identificación de indicaciones que estén abiertas a la superficie (defectos macroscópicos) como son: desgarros, desprendimientos, deformaciones e impactos. En general si la dimensión de estas indicaciones no está en zona de cazo se aceptan y se repara cuando se tengan detención programada según la técnica de vibración u otro. Respecto de las inspecciones de tintas penetrantes y/o partículas magnetizables, no son aceptadas indicaciones lineales como son grietas y en especial si el cuerpo está expuesto a fatiga (gira). Si se trata de un cuerpo estático es criterio del inspector apoyado de normas asociadas la intervención. En general no se acepta

indicaciones a todo cuerpo que está expuesto a fatiga, existe excepciones a la condición de indicación volumétrica (poros, incrustaciones, otros).

Lubricación

La lubricación, su control y correcta aplicación, es la base de una buena mantención, en ella se busca reducir la energía mecánica por la vía de un fluido intermedio, además, de refrigerar los elementos mecánicos. Para tales efectos, existen dos tipos de elementos lubricantes: aceite y grasa, cada uno de ellos con propiedades específicas. Prácticamente el 100% de los equipos utiliza grasa, por lo que la atención será llevada hacia ello y teniendo presente que existen varios tipos, estos son:

- Alta Presión Son grasas ideales para equipos de alta carga, su limitante es que no son aplicables para alta velocidad y rodamientos de menor tamaño.
- Alta Temperatura Soportan rangos de temperatura superiores a 60°C y son las ideales para algunos motores, normalmente no son apropiadas para baja velocidad.
- Alta Untuosidad Su capacidad es la adherencia al cuerpo metálico, normalmente son resistentes a grandes cargas, por lo que son ideales para todo lo relacionado con transmisión por cadena y engranaje.

ANEXO 7: Ficha técnica de instrumento

A. Nombre:

Test tipo Likert

B. Objetivos:

El siguiente test tiene como finalidad evaluar la cultura de mantenimiento en los trabajadores de la empresa.

C. Autor: Meliá y Peiró

E. Administración: Individual

F. Duración: 10 minutos

G. Sujetos de aplicación:

Personal de la empresa

H. Técnica:

- Encuesta-

I. Puntuación y escala de calificación:

Cuestionario tipo Likert

Likert plantea varias opciones para armar instrumentos de investigación, una de las ellas es con las escalas que más se ajustan a las variables.

La escala de Likert, también llamada método de las evaluaciones sumarias, es una escala psicométrica comúnmente utilizada en cuestionarios y es la escala de uso más amplio en encuestas para la investigación.

Al responder a una pregunta de un cuestionario elaborado con la técnica de Likert, se especifica el nivel de acuerdo o desacuerdo con una declaración, en este caso el

nivel de satisfecho o insatisfecho (elemento, ítem o reactivo o pregunta).

En este caso el cuestionario consta de 12 reactivos o ítems.

Puntuación numérica	Rango o nivel
1	Muy deficiente
2	Deficiente
3	Regular
4	Eficiente
5	Muy eficiente

J. Validación del instrumento

El instrumento mostró una fiabilidad de 0.78 respecto a su Alpha de Cronbach, superior a 0.75, demostrando que el instrumento es confiable, es decir se refiere al grado en que la aplicación repetida del instrumento, al mismo sujeto u objeto, produce iguales resultados

