

# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

## ESCUELA DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO



### “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO PARA LA EMPRESA FAGOMA S.A.C. AREQUIPA 2014”

**Tesis Presentada por:**

Bachiller en Ing. Mecánica **CÁCERES  
NÚÑEZ, Augusto Emilio** Carlos para  
optar el Grado de **Magister en Ingeniería  
de Mantenimiento.**

**AREQUIPA - PERÚ**

**2015**

## DEDICATORIA

*A Dios*

*Por haberme permitido llegar hasta este punto brindándome su infinita bondad y amor.*

*A mis padres*

*Quienes con su ejemplo, guía e ilimitado apoyo forjaron en mi la superación con valores, principios y constancia para conseguir los objetivos trazados.*

*A mi esposa*

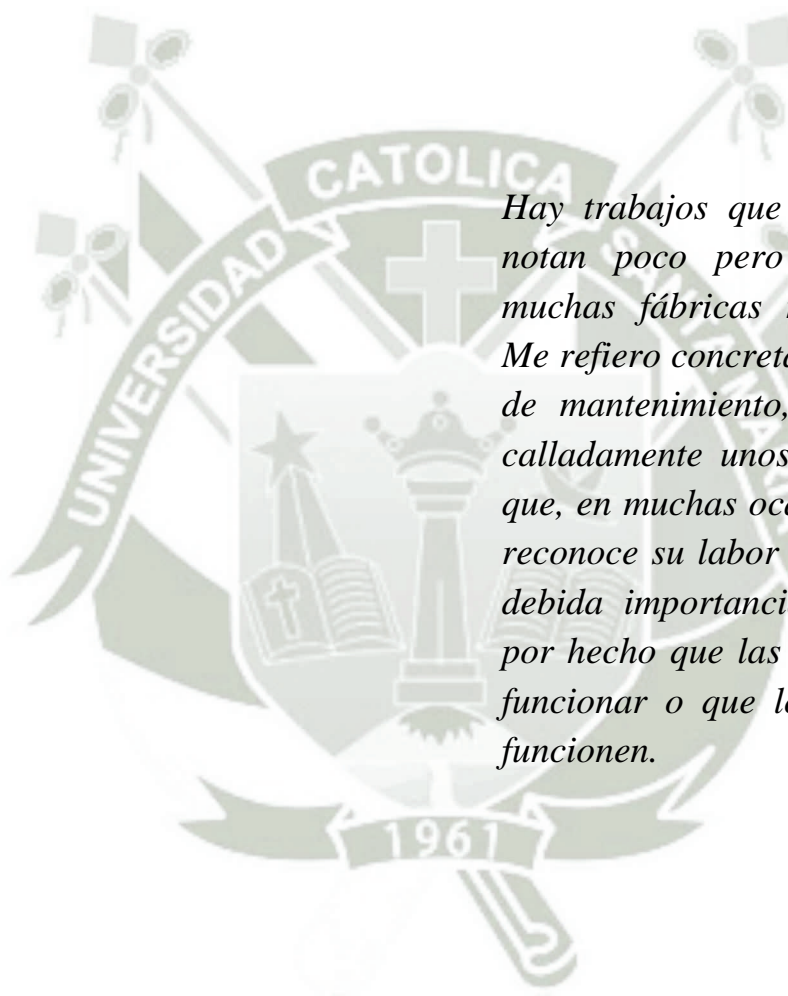
*Quien con su paciencia, comprensión y amor incondicional sabe apoyarme en todo momento para continuar y nunca renunciar.*

*A mis hijos*

*Quienes son una constante motivación a ser cada día mejor.*

*A mis hermanos*

*Por estar siempre presentes, acompañándome y brindándome su cariño y apoyo constante.*



*Hay trabajos que no se ven o se notan poco pero sin los cuales muchas fábricas no funcionarían. Me refiero concretamente al trabajo de mantenimiento, ese que hacen calladamente unos operarios a los que, en muchas ocasiones, no se les reconoce su labor o no se les da la debida importancia porque damos por hecho que las cosas tienen que funcionar o que lo normal es que funcionen.*

*Anónimo*

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	5
<b>CAPÍTULO I: ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>6</b>
1. ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA EMPRESA	6
1.1. SITUACIÓN GENERAL	6
1.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y DISTRIBUCIÓN	7
1.1.2. POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO	8
1.2. ORGANIZACIÓN Y PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA	9
1.2.1. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA	9
1.2.2. VISIÓN, MISIÓN Y OBJETIVOS DE LA EMPRESA	10
1.2.3. TAMAÑO DE LA EMPRESA	11
1.2.4. JORNADA DE TRABAJO DE LA EMPRESA	12
1.2.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA PRODUCCIÓN	13
1.2.6. PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA	16
1.3. ASPECTOS DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO	20
1.3.1. LISTA DE EQUIPOS	20
1.3.2. CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS	21
1.3.3. ANÁLISIS DE CRITICIDAD	25
1.4. CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA	30
 DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO	 35
2. PLAN DE MANTENIMIENTO	35
2.1. FICHAS TÉCNICAS	35
2.2. TAXONOMÍA DE LAS MÁQUINAS	47
2.2.1. PARTES PRINCIPALES DEL TORNO CNC 12TOC01	47
2.2.2. PARTES PRINCIPALES DE LAS FRESADORAS CNC 12FRC01 Y 12FRC02	48

2.2.3. PARTES PRINCIPALES DE LOS TORNOS MECANICOS 12TOM01, 12TOM02 Y 12TOM03	49
2.2.4. PARTES PRINCIPALES DE LA FRESADORA MECÁNICA 12FRM01	50
2.2.5. PARTES PRINCIPALES DE LAS INYECTORAS MECÁNICAS 11INM01 Y 11INM02	51
2.2.6. PARTES PRINCIPALES DE LOS TALADROS MECÁNICOS 12TAM01 Y 12TAM02	52
2.3. HISTORIAL DE VIDA DE EQUIPOS	53
2.4. ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO	53
2.5. CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO	56
2.5.1. TABLAS DE ACTIVIDADES ANUALES	56
2.5.2. LISTADO DE PROCEDIMIENTOS DE TAREAS DE MANTENIMIENTO	68
2.5.2.1. TORNOS MECÁNICOS Y CNC	69
2.5.2.2. FRESA MECÁNICA Y CNC	71
2.5.2.3. INYECTORA MECÁNICA	71
2.5.2.4. TALADRO MECÁNICO	73
2.5.3. PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA LA REALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO	74
2.6. ÍNDICES DE MANTENIMIENTO PROPUESTOS A LA EMPRESA	75
2.6.1. TIEMPO PROMEDIO PARA FALLAR (TPPF)	75
2.6.2. TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (TPPR)	76
2.6.3. DISPONIBILIDAD (D)	76
2.7. COSTOS DE MANTENIMIENTO	77
2.7.1. COSTOS DE MANTENIMIENTO DURANTE EL AÑO 2014	77
2.7.2. COSTOS DE MANTENIMIENTO A IMPLEMENTARSE DURANTE EL AÑO 2015	84
2.7.3. COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE EL AÑO 2014 Y LA PROYECCIÓN PARA EL AÑO 2015	90
CONCLUSIONES.	92

RECOMENDACIONES.	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	94
<b>ANEXOS</b>	<b>97</b>
ANEXO A: PLAN DE TESIS.	98
<b>CAPÍTULO II:    PLANTEAMIENTO TEÓRICO                           DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>102</b>
2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO	102
2.1. PROBLEMA	102
2.1.1. ENUNCIADO	102
2.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	102
2.2.1. CAMPO, ÁREA Y LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	103
2.2.2. TIPO DE PROBLEMA	103
2.2.3. ANALISIS DE VARIABLES	103
2.2.3.1. VARIABLE INDEPENDINTE	103
2.2.3.2. VARIABLE DEPENDINTE	103
2.2.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	103
2.2.5. INTERROGANTES BÁSICAS	104
2.3. ANTECEDENTES	104
2.3.1. INVESTIGACIONES INTERNACIONALES	104
2.3.2. INVESTIGACIONES NACIONALES	106
2.4. JUSTIFICACIÓN	107
2.5. OBJETIVOS	108
2.5.1. OBJETIVO	108
2.6. MARCO TEÓRICO	108
2.6.1. PRINCIPALES TIPOS DE MANTENIMIENTO	116
2.6.2. LISTA DE EQUIPOS	120
2.6.3. CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS Y EQUIPOS	122
2.6.4. DETERMINACIÓN DE LA CRITICIDAD DE EQUIPOS	123
2.6.5. INDICACORES TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO	130
2.6.6. COSTOS DE MANTENIMIENTO	132

2.6.7. ANTECEDENTES	134
2.7. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	135
<b>CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO OPERACIONAL DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>137</b>
3. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL	137
3.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	137
3.1.1. TÉCNICAS	137
3.1.2. INSTRUMENTOS	137
3.2. ESTRUCTURAS DE LOS INSTRUMENTOS	137
3.3. CAMPO DE VERIFICACIÓN	138
3.3.1. ÁMBITO	138
3.3.2. TEMPORALIDAD	138
3.3.3. UNIDAD DE ESTUDIO	138
3.4. ESTRATEGIA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	138
3.5. RECURSOS NECESARIOS	139
3.5.1. HUMANOS	139
3.5.2. MATERIALES	139
3.5.3. FINANCIEROS	140
3.6. CRONOGRAMA	140
ANEXO B: CUSTIONARIO	141
ANEXO C: FOTOS	152
ANEXO D: GUÍA METODOLÓGICA ANÁLISIS DE CRITICIDAD.	155
ANEXO E: TABLAS DE COSTOS.	176

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: CLASIFICACIÓN DE LAS EMPRESAS SEGÚN TAMAÑO	11
TABLA N° 2: PERSONAL DE LA EMPRESA	12
TABLA N° 3: PORCENTAJE DE PRODUCCIÓN MENSUAL SEGÚN PROCESO DE LA EMPRESA FAGOMA S.A.C.	17
TABLA N° 4: LISTA DE MÁQUINAS DE LA EMPRESA FAGOMA S.A.C. PLANTA: AREQUIPA	21
TABLA N° 5: CODIFICACIÓN EXISTENTE DE LOS EQUIPOS DE LA EMPRESA FAGOMA S.A.C. PLANTA: AREQUIPA	22
TABLA N° 6: CÓDIGOS A UTILIZARSE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS	23
TABLA N° 7: NUEVA CODIFICACIÓN	23
TABLA N° 8: NUEVA CODIFICACIÓN DE EQUIPOS	24
TABLA N° 9: CRITERIOS DE CRITICIDAD Y SU CUANTIFICACIÓN	26
TABLA N° 10: ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA EMPRESA FAGOMA S.A.C.	28
TABLA N° 11: RESUMEN DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD	29
TABLA N° 12: PARADAS MENSUALES OCURRIDAS EN AL AÑO 2014	31
TABLA N° 13: RESULTADOS DE ENCUESTAS APLICADAS EN EL AÑO 2014	31
TABLA N° 14: PLAN DE MANTENIMIENTO A SER APLICADA A CADA MÁQUINA	34
TABLA N° 15: FICHA TÉCNICA DE FRESADORA CNC 12FRC01	36
TABLA N° 16: FICHA TÉCNICA DE FRESADORA CNC 12FRC02	37
TABLA N° 17: FICHA TÉCNICA DE TORNO CNC 12TOC01	38
TABLA N° 18: FICHA TÉCNICA DE TORNO MECÁNICO 12TOM01	39
TABLA N° 19: FICHA TÉCNICA DE TORNO MECÁNICO 12TOM02	40
TABLA N° 20: FICHA TÉCNICA DE TORNO MECÁNICO 12TOM03	41
TABLA N° 21: FICHA TÉCNICA DE FRESADORA MECÁNICA 12FRM01	42
TABLA N° 22: FICHA TÉCNICA DE INYECTORA MECÁNICA 11INM01	43

TABLA N° 23: FICHA TÉCNICA DE INYECTORA MECÁNICA 11INM01	44
TABLA N° 24: FICHA TÉCNICA DE TALADRO MECÁNICO 12TAM01	45
TABLA N° 25: FICHA TÉCNICA DE TALADRO MECÁNICO 12TAM02	46
TABLA N° 26: FORMATO DE HISTORIAL DE VIDA DE EQUIPOS	54
TABLA N° 27: FORMATO DE ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO	55
TABLA N° 28: TABLA DE ACTIVIDAD ANUAL DEL TORNO MECÁNICO 1	57
TABLA N° 29: TABLA DE ACTIVIDAD ANUAL DEL TORNO MECÁNICO 2	58
TABLA N° 30: TABLA DE ACTIVIDAD ANUAL DEL TORNO MECÁNICO 3	59
TABLA N° 31: TABLA DE ACTIVIDAD ANUAL DEL TORNO CNC 1	60
TABLA N° 32: TABLA DE ACTIVIDAD ANUAL DE LA FRESADORA MECÁNICA 1	61
TABLA N° 33: TABLA DE ACTIVIDAD ANUAL DE LA FRESADORA CNC 1	62
TABLA N° 34: TABLA DE ACTIVIDAD ANUAL DE LA FRESADORA CNC 2	63
TABLA N° 35: TABLA DE ACTIVIDAD ANUAL DE LA INYECTORA 1	64
TABLA N° 36: TABLA DE ACTIVIDAD ANUAL DE LA INYECTORA 2	65
TABLA N° 37: TABLA DE ACTIVIDAD ANUAL DEL TALADRO MECÁNICO 1	66
TABLA N° 38: TABLA DE ACTIVIDAD ANUAL DEL TALADRO MECÁNICO 2	67
TABLA N° 39: TABLA DE ÍNDICE DE TIEMPO PROMEDIO PARA FALLAR	75
TABLA N° 40: TABLA DE ÍNDICE DE TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR	76
TABLA N° 41: TABLA DE ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD	77
TABLA N° 42: TABLA DE MANO DE OBRA DENTRO DEL TALLER $C_{1A}$	78
TABLA N° 43: TABLA DE MANO DE OBRA EXTERNA $C_{2A}$	78
TABLA N° 44: TABLA DE INSUMOS DE MANTENIMIENTO $C_{3A}$	79
TABLA N° 45: TABLA DE MÁQUINAS EN PARALELO $C_{3B}$	79
TABLA N° 46: TABLA DE COSTOS DE AVERÍAS IMPREVISTAS $C_{4A}$	80

TABLA N° 47: TABLA DE COSTOS DE PARO EN EL VALOR HORA MÁQUINA $C_{4B}$	80
TABLA N° 48: TABLA DE COSTOS DE PARO EN EL VALOR HORA HOMBRE $C_{4C}$	81
TABLA N° 49: TABLA DE COSTOS DE PÉRDIDA DE MATERIA PRIMA $C_{4D}$	81
TABLA N° 50: TABLA DE COSTOS DE PÉRDIDA DE PRODUCTO POR DIVERSAS CAUSAS $C_{4E}$	82
TABLA N° 51: TABLA DE COSTOS POR DAÑOS AL MEDIO AMBIENTE $C_{4F}$	82
TABLA N° 52: TABLA DE COSTOS POR ACCIDENTES DEL PERSONAL $C_{4G}$	83
TABLA N° 53: TABLA DE MANO DE OBRA DENTRO DEL TALLER $C_{1A}$	84
TABLA N° 54: TABLA DE MANO DE OBRA EXTERNA $C_2$	85
TABLA N° 55: TABLA DE INSUMOS DE MANTENIMIENTO $C_{3A}$	85
TABLA N° 56: TABLA DE MÁQUINAS EN PARALELO $C_{3B}$	86
TABLA N° 57: TABLA DE COSTOS DE AVERÍAS IMPREVISTAS $C_{4A}$	86
TABLA N° 58: TABLA DE COSTOS DE PARO EN EL VALOR HORA MÁQUINA $C_{4B}$	87
TABLA N° 59: TABLA DE COSTOS DE PARO EN EL VALOR HORA HOMBRE $C_{4C}$	87
TABLA N° 60: TABLA DE COSTOS DE PÉRDIDA DE MATERIA PRIMA $C_{4D}$	88
TABLA N° 61: TABLA DE COSTOS DE PÉRDIDA DE PRODUCTO POR DIVERSAS CAUSAS $C_{4E}$	88
TABLA N° 62: TABLA DE COSTOS POR DAÑOS AL MEDIO AMBIENTE $C_{4F}$	89
TABLA N° 63: TABLA DE COSTOS POR ACCIDENTES DEL PERSONAL $C_{4G}$	89
TABLA N° 64: TABLA DE COSTOS DE LOS AÑOS 2014 Y 2015	91
TABLA N° 65: CAMPO, ÁREA Y LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	103

TABLA N° 66: CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTE	103
TABLA N° 67: CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE DEPENDIENTE	104
TABLA N° 68: CRITERIOS DE CRITICIDAD Y SU CUANTIFICACIÓN	127



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA EMPRESA FAGOMA S.A.C.	7
FIGURA N° 2: DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE LAS MÁQUINAS EN EL TALLER DE LA EMPRESA FAGOMA S.A.C.	8
FIGURA N° 3: ORGANIGRAMA FUNCIONAL DE LA EMPRESA FAGOMA S.A.C.	10
FIGURA N° 4: DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN MENSUAL	17
FIGURA N° 5: DIAGRAMA DE FLUJO DEL MECANIZADO	18
FIGURA N° 6: DIAGRAMA DE FLUJO DE LA INYECCIÓN	19
FIGURA N° 7: NOMENCLATURA DE DIAGRAMAS DE FLUJO	19
FIGURA N° 8: NIVELES DE ESTRUCTURA DE UNA PLANTA INDUSTRIAL	20
FIGURA N° 9: ESTRUCTURA DE CÓDIGOS PARA EQUIPOS	22
FIGURA N° 10: MATRIZ DE CRITICIDAD A UTILIZAR	27
FIGURA N° 11: GRÁFICA DE CRITICIDAD DE EQUIPOS	29
FIGURA N° 12: DIAGRAMA RADIAL DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA FAGOMA S.A.C.	32
FIGURA N° 13: DISTRIBUCIÓN DE MÁQUINAS CON CODIFICACIÓN Y COLOR DE CRITICIDAD	33
FIGURA N° 14: PARTES PRINCIPALES EXTERNAS DEL TORNO CNC	47
FIGURA N° 15: PARTES PRINCIPALES INTERNAS DEL TORNO CNC	47
FIGURA N° 16: PARTES PRINCIPALES DE LA FRESA CNC	48
FIGURA N° 17: PARTES PRINCIPALES DEL TORNO MECÁNICO	49
FIGURA N° 18: PARTES PRINCIPALES DE LA MÁQUINA FRESADORA MECÁNICA	50
FIGURA N° 19: PARTES PRINCIPALES DE LA MÁQUINA INYECTORA MECÁNICA	51
FIGURA N° 20: PARTES PRINCIPALES DEL TALADRO MECÁNICO	52
FIGURA N° 21: PRIMERA GENERACIÓN DEL MANTENIMIENTO	109

FIGURA N° 22: SEGUNDA GENERACIÓN DEL MANTENIMIENTO	110
FIGURA N° 23: TERCERA GENERACIÓN DEL MANTENIMIENTO	111
FIGURA N° 24: CAMBIOS EN LOS PUNTOS DE VISTA SOBRE LA FALLA DE EQUIPOS	112
FIGURA N° 25: CUARTA GENERACIÓN DEL MANTENIMIENTO	115
FIGURA N° 26: NIVELES DE UNA PLANTA INDUSTRIAL	121
FIGURA N° 27: CUADRO PARA LISTADO DE EQUIPOS	121
FIGURA N° 28: EJEMPLO DE ESTRUCTURA DE CÓDIGO PARA EQUIPOS	122
FIGURA N° 29: ESTRUCTURA DE SISTEMAS EN SERIE	125
FIGURA N° 30: CONEXIÓN ACTIVA DE UN SISTEMA CON ESTRUCTURA EN PARALELO	126
FIGURA N° 31: ESTRUCTURA CONVENCIONAL DE UN SISTEMA COMBINADO	126
FIGURA N° 32: MODELO DE MATRIZ DE CRITICIDAD	130
FIGURA N° 33: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	140

## ÍNDICE DE FOTOS

FOTO N° 1: INYECTORA MECÁNICA 11INM01	153
FOTO N° 2: INYECTORA MECÁNICA 11INM02	153
FOTO N° 3: FRESADORA MECÁNICA 12FRM01	153
FOTO N° 4: FRESADORA CNC 12FRC01	153
FOTO N° 5: FRESADORA CNC 12FRC02	153
FOTO N° 6: TORNOS MECÁNICOS 12TOM01, 12TOM02 Y 12TOM03	153
FOTO N° 7: TORNO CNC 12TOC01	154
FOTO N° 8: TALADRO MECÁNICO 12TAM01	154
FOTO N° 9: TALADRO MECÁNICO 12TAM02	154



## **RESUMEN**

Debido a la evolución que viene experimentando el mantenimiento estos últimos años, por la prioridad que se tiene en optimizar la producción, es que la empresa Fagoma S.A.C. se ve en la necesidad de implementar un plan de mantenimiento que asegure el correcto funcionamiento de sus máquinas.

En la actualidad, la empresa Fagoma S.A.C viene aplicando un mantenimiento inadecuado, debido a que nunca ha tenido un cronograma definido de los mantenimientos a realizarse, es más, en la mayoría de los casos se espera a que ocurra alguna acción fuera de lo normal para realizar un chequeo o un mantenimiento teniendo como consecuencia el respectivo daño o parada de la máquina.

La implementación del mantenimiento preventivo predictivo adecuado permitirá tener mayor tiempo de disponibilidad del equipo, mayor confiabilidad y eficiencia en la producción, lo cual se traducirá en mejores beneficios económicos para la empresa.

Para la realización de este trabajo, nos involucramos en las experiencias diarias de los diversos procesos de la empresa pudiendo observar la problemática la cual ha sido documentada y analizada, frente a la cual se ha propuesto un nuevo procedimiento en las labores de mantenimiento.

Para la confección del marco teórico, se ha hecho uso de diversa bibliografía para ampliar los conceptos de mantenimiento.

Los programas de mantenimiento preventivo y predictivo que se proponen 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.

Los programas de mantenimiento preventivo y predictivo han sido propuestos de acuerdo a la importancia de cada una de las máquinas dentro del proceso, la cual se ha

logrado 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 han aplicado 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, se ha realizado 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

**PALABRAS CLAVE:** Mantenimiento preventivo, mantenimiento predictivo, indicadores, gestión, producción, máquinas.

## **ABSTRACT**

Due to evolution in maintenance in last years and the priority in optimization of production is why the Fagoma S.A.C. company has got the necessity to implement a maintenance plan to secure the machines correct operation.

At present, the Fagoma S.A.C company is applying an inaccurate maintenance, this because of an undefined chronogram of maintenance to be applied. Although, in most cases, is common action to wait an anomaly to make a check or a maintenance procedure. Those actions become to machine stop or damage.

The implementation of an accurate preventive or predictive maintenance, will allow a major machine available time, reliability and efficiency in production. Those things will improve the economic benefits of the company.

The development of this work involve the daily experience of a variety in company procedures, where is observed the documented and analysed problematic, in front of what is proposed a new procedure in the maintenance labours.

For the confection of the theoretical basis, it has been used a variety of biography to expand the concepts of maintenance.

The preventive and predictive maintenance procedures that are proposed, began at the exhaustive acquisition of the machine's information are used handbooks, history, interviews and staff surveys, directly related to the analysed machines.

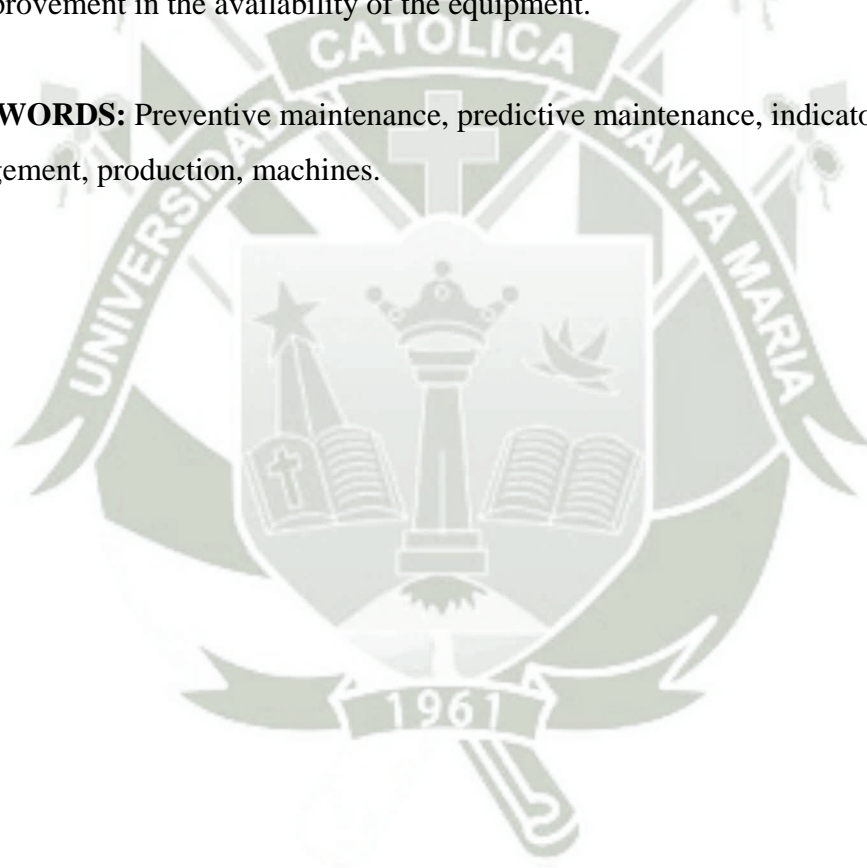
The preventive and predictive maintenance procedures have been proposed in order of importance in each machine inside the procedure, which has been achieved by the critical analysis. Those programs take notice of daily, monthly and annual maintenance routines, and the necessities of each analysed machines.

Therefore, it has been applied the main technical indicators in maintenance management, which ones in order of being used in the company, let to measure the management and give an objective reference of the behaviour.

Although, it has been made a cost analysis compared with the last situation in front of the maintenance programs that are proposed, this makes evidence of an economic saving in these last.

Finally, is concluded that is viable to apply a predictive and preventive maintenance plan with the accurate training of the operative staff, this allow an economic saving and an improvement in the availability of the equipment.

**KEY WORDS:** Preventive maintenance, predictive maintenance, indicators, management, production, machines.



## INTRODUCCIÓN

Para el análisis efectuado en el presente trabajo, se ha elaborado previamente un plan en el cual se presenta el problema a tratar y se hace una descripción de este detallando las variables a considerar. En este plan se exponen los antecedentes internacionales y nacionales más resaltantes para estudio junto con los cuales se plantean los objetivos y la hipótesis correspondientes. De igual forma se desarrolla un marco teórico necesario para el estudio y ejecución del presente trabajo.

El análisis de la problemática se realiza en primer lugar definiendo el estado actual de la empresa para la cual se tienen en cuenta la organización y gestión de mantenimiento, propios de la empresa, así como la distribución de planta con la cual se precisan la ubicación de las máquinas en la empresa.

Luego, se realiza un listado de las máquinas objeto de estudio desde una perspectiva de mantenimiento con la respectiva codificación de estas lo que conlleva a posteriormente elaborar las fichas técnicas para cada una de ellas en las cuales se consideran las partes más importantes y datos técnicos más relevantes.

Para el análisis de la gestión de mantenimiento se realizan entrevistas y encuestas a los jefes y operarios de producción a fin de conocer los problemas más comunes de cada una de las máquinas así como su importancia dentro del sistema de producción. Con esta información se realiza un análisis de criticidad determinando las máquinas críticas.

Seguidamente, con toda la información obtenida se realizan los planes de mantenimiento preventivo y predictivo para cada una de las máquinas y se analizan los principales índices de gestión de mantenimiento.

Finalmente, se hace una comparación económica entre el estado anterior y la situación que se presenta con los nuevos planes de mantenimiento

# **CAPITULO I**

## **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **1. ANÁLISIS SITUACIONAL DE LA EMPRESA**

FAGOMA, es una empresa dedicada a la fabricación de componentes y piezas de cambio, tomadas desde la materia prima como metal, aluminio, caucho, polietileno y otros materiales los cuales serán explicados brevemente más adelante.

Esta empresa que fue creada en el año de 1995, fabrica sus propios moldes por medio de los procesos de maquinado con fresadoras, tornos, taladros y equipos CNC para un óptimo desarrollo de la planta.

La empresa, actualmente está compuesta por maquinaria de operación manual y automatizada. Dentro de la maquinaria automatizada cuenta con un torno y dos fresas CNC las cuales mecanizan las piezas siguiendo programas realizados previamente.

La situación de cada empresa varía entre unas y otras a pesar de poder estar en el mismo rubro de trabajo. Es por ello que para entender mejor la situación en la que se encuentra la empresa Fagoma S.A.C, realizamos un estudio de su situación en tres niveles. En el primero se analiza su situación geográfica y distribución interna de estas así como cuál es su política de mantenimiento que sigue, en el segundo nivel se observa la organización de la empresa y forma de producción seguida y finalmente, en el último nivel, se analizan las máquinas motivo del estudio de mantenimiento.

#### **1.1. SITUACIÓN GENERAL**

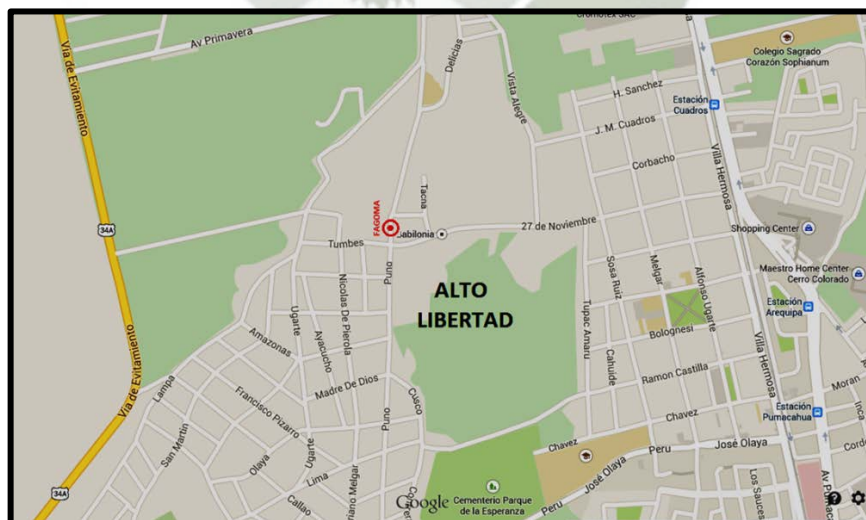
En este nivel analizamos la empresa desde un punto de vista general priorizando su ubicación y distribución que presenta.

### 1.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y DISTRIBUCIÓN

Para una empresa, la ubicación geográfica es muy importante, ya que esta debe permitir tener acceso a los servicios básicos como son el agua, el fluido eléctrico, comunicación telefónica e internet, los cuales permiten el normal desarrollo y crecimiento de la empresa. La importancia de la ubicación, también contempla el acceso rápido de clientes y proveedores así como la facilidad de movilidad de vehículos, mercadería y máquinas.

Actualmente la empresa está ubicada en Alto Libertad, distrito de Cerro Colorado de la ciudad de Arequipa. Esta localización resulta ser adecuada para la empresa ya que se encuentra aledaña a un nuevo polo de desarrollo ubicado en Pachacutec, lugar donde se encuentran localizadas a diversas empresas de servicios, empresas de venta de herramientas y repuestos así como de empresas comercializadoras de diversos materiales para la industria.

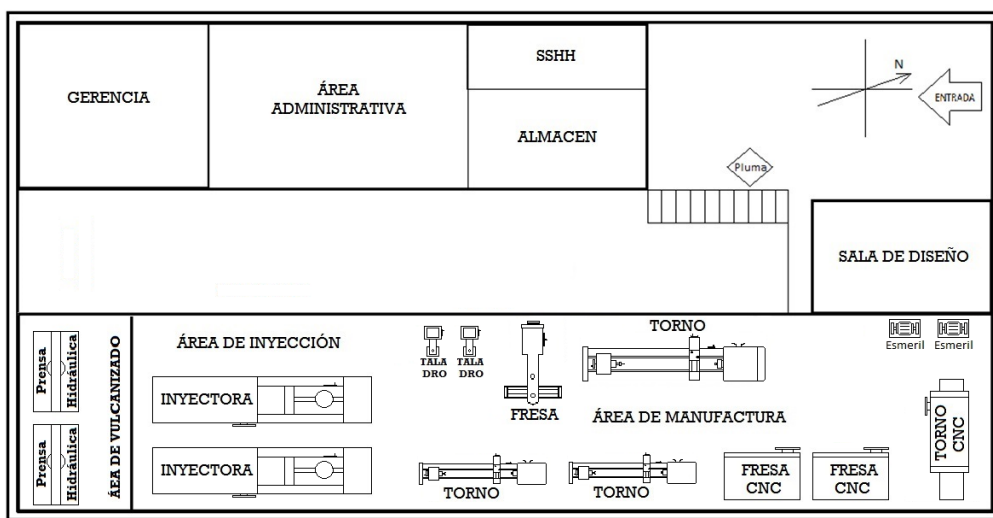
Otra ventaja de esta ubicación es el tener acceso cercano a dos vías importantes como son la variante de Uchumayo y la vía de Evitamiento las cuales permiten comunicación rápida con las salidas a Lima y Tacna, en el caso de la costa y Cuzco y Puno en el caso de la sierra.



Fuente: Google maps – Arequipa.

**Figura N° 1.** Ubicación geográfica de la empresa Fagoma S.A.C.

El taller de la empresa se ubica en la planta inferior y cuenta con un área de producción de 171 m<sup>2</sup>. Esta área ha sido distribuida en tres secciones, una de manufactura, en la cual se encuentran ubicadas 9 máquinas herramientas, otra de inyección la cual cuenta con dos máquinas de inyección y finalmente una de vulcanizado que cuenta con dos prensas hidráulicas.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 2.** Distribución actual de las máquinas en el taller de la empresa Fagoma S.A.C.

### 1.1.2 POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO

En la actualidad, la empresa Fagoma no tiene una política de mantenimiento clara. El mantenimiento realizado a sus máquinas es mayoritariamente correctivo, es decir que se espera a que se produzca la falla para recién intervenir 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 este.

Finalmente se aprecia que la importancia que se estuvo dando al mantenimiento nunca fue la adecuada, delegándolo generalmente a un segundo plano de importancia.

## **1.2. ORGANIZACIÓN Y PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA**

En este punto, analizamos la gestión que realiza Fagoma S.AC. para alcanzar la producción de bienes y servicios que ofrece, prestando principal atención a sus procesos de manufactura.

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 lo que permite un mejor control de los procesos.

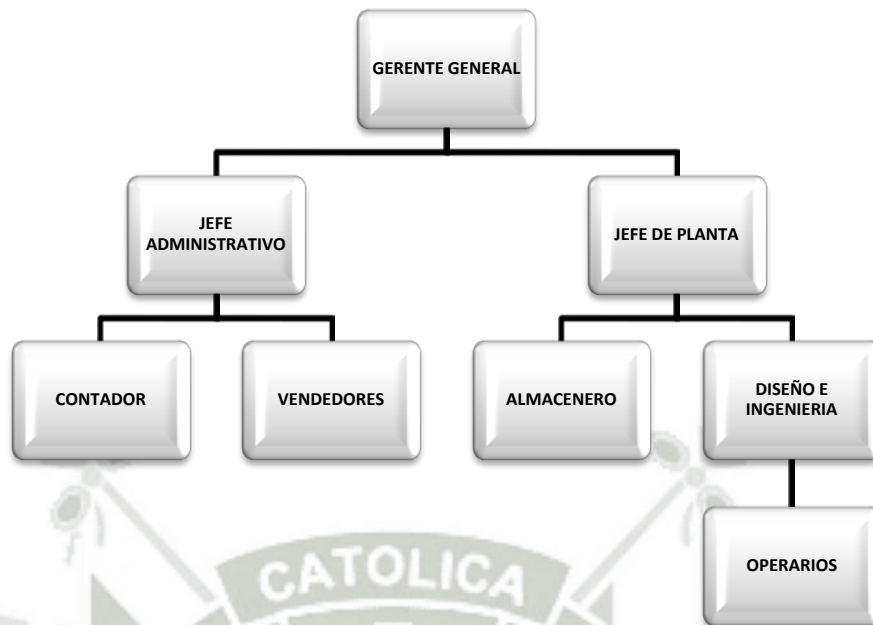
Debemos tener presente que la estructura organizativa del trabajo influye directamente en la percepción que pueda tener un trabajador en su rendimiento profesional.

Una estructura organizativa muy vertical, con una larga cadena de mando y tramos de control corto no favorece el trabajo en equipo.

### **1.2.1. ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA**

La expresión gráfica de la organización de una empresa son los organigramas. Estos sirven como fuente de consulta oficial ya que brinda información sobre división de funciones, niveles jerárquicos, líneas de autoridad y responsabilidad, relaciones de dependencia y de coordinación entre otros. Adicionalmente se emplean como instrumento de información para los miembros de la institución, ya que les permite ver la posición relativa que ocupan y la relación que tienen con el resto de la estructura.

La Figura N° 3 muestra el organigrama funcional de la empresa Fagoma S.A.C.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 3.** Organigrama funcional de la empresa Fagoma S.A.C.

### 1.2.2. VISIÓN, MISIÓN Y OBJETIVOS DE LA EMPRESA

Fagoma tiene fijadas la misión, visión que sirven como guías fundamentales para el establecimiento de sus objetivos con el fin de elaborar planes estratégicos y tácticos para el logro de las metas trazadas.

- VISIÓN:

“Ser una empresa líder en el sector con presencia en el mercado Nacional e Internacional.”

- MISIÓN:

“Brindar a nuestros clientes servicios confiables, seguros y de calidad en todas nuestras fabricaciones de diversos materiales; ofreciendo asesoría especializada y desarrollando una gestión comercial enfocada al beneficio mutuo con la participación y el compromiso de todo nuestro personal.”

- OBJETIVOS:

- Garantizar el desarrollo sostenible de la empresa simultáneamente con la satisfacción del cliente.
- Suministrar productos de alta calidad, fortaleciendo la imagen existente en el mercado.
- Optimizar la disponibilidad de los recursos para los diferentes procesos.
- Mejorar continuamente nuestro sistema de gestión de calidad.

**1.2.3. TAMAÑO DE LA EMPRESA**

El tamaño de las empresas se hace en base al número de trabajadores, ingresos por ventas, el monto de la inversión el valor de los activos, etc.

Según la Ley de Promoción de la Competitividad, Formalización y Desarrollo de la Micro y Pequeña Empresa del Estado Peruano, el tamaño de las empresas está definido tal como lo muestra la Tabla N° 1.

**Tabla N° 1.** Clasificación de las empresas según tamaño.

TAMAÑO	CANTIDAD DE TRABAJADORES	VENTAS ANUALES UIT
Micro Empresa	1 a 10	Hasta 150
Pequeña Empresa	10 a 100	Hasta 1700
Mediana Empresa	100 a 200	Mayores a 1700
Gran Empresa	Más de 200	

**Fuente:** Elaboración propia.

El personal con el que cuenta la empresa en la actualidad se muestra en la Tabla N° 2.

Podemos observar que la empresa cuenta con 15 empleados fijos lo cual nos permite clasificarla como Pequeña Empresa ya que cae en el rango de 10 a 100 trabajadores según lo observado en la Tabla N° 1.

**Tabla N° 2.** Personal de la empresa.

<b>FUNCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>
Gerente general	1
Administración	4
Logística	1
Operarios en gomas	2
Operarios de inyección	1
Operarios CNC	2
Operarios tornos mecánicos	2
Ingeniería y diseño	1
Sistemas informáticos	1
<b>Fuente:</b> Elaboración propia.	
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>

#### **1.2.4. JORNADA DE TRABAJO DE LA EMPRESA**

La Jornada de Trabajo es el tiempo al que se compromete un trabajador, a laborar al servicio de un empleador, dentro de una relación laboral.

La jornada de trabajo varía entre empresas, dependiendo esta de las necesidades de funcionamiento que presenta cada una de ellas. Las jornadas de trabajo pueden ser de un turno, de dos turnos y de tres turnos.

Es importante conocer la jornada de trabajo para conocer la disponibilidad que necesitamos 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 perdidas, 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 en esta y por lo tanto un descontento del cliente. Es por ello que en este último caso, el mantenimiento aplicado debe ser más exhaustivo para asegurar la mayor disponibilidad de máquinas posible.

En el caso de Fagoma S.A.C., la jornada de trabajo consiste en un solo turno de ocho horas diarias dividido en dos partes, el primero de 8:00 am a 1:00 pm y el segundo de 2:00 pm a 5:00 pm, durante seis días a la semana.

### **1.2.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA PRODUCCIÓN**

Fagoma S.A.C. tiene una producción de piezas variadas las cuales son fabricadas con distintos materiales como metal, plásticos y cauchos según sean los requerimientos de los clientes.

De acuerdo a la cantidad de piezas, se determina el tiempo de maquinado.

Entre los principales materiales utilizados por la empresa para la fabricación de las piezas solicitadas tenemos:

#### **- Polietileno<sup>1</sup>**

El polietileno (PE) es un material termoplástico blanquecino, de transparente a translúcido, y es frecuentemente fabricado en finas láminas transparentes. Las secciones gruesas son translúcidas y tienen una apariencia de cera. Mediante el uso de colorantes pueden obtenerse una gran variedad de productos coloreados. Por la polimerización de etileno pueden obtenerse productos con propiedades físicas muy variadas. Este tipo de polímero se creó para usarlo como aislamiento eléctrico, pero después ha encontrado muchas aplicaciones en otros campos, especialmente para envases.

---

<sup>1</sup> TEXTOS CIENTÍFICOS. Polietileno [Internet]. Textos Científicos,2009 [consulta el 22 de enero del 2015]. Disponible en: [www.textoscientificos.com/polimeros/polietileno](http://www.textoscientificos.com/polimeros/polietileno).

#### - Nylon2

El nylon es la resina termoplástica más utilizada por su versatilidad. Es conocido por su dureza, resistencia al desgaste y resistencia a la tracción. Estas propiedades físicas, combinadas con su precio la convierten en la opción favorita para múltiples aplicaciones.

El nylon está disponible en más formas y tamaños que cualquier otro plástico para maquinado. Las diferentes formas en que se encuentra el nylon, se logran a través de los procesos de vaciado y de extrusión, lo que facilita el procesamiento tanto de perfiles estándar, como de formas pesadas, grandes y piezas especiales.

#### - Nitrilo2

Los nitrilos son materia prima para un gran número de compuestos de amplio uso en la industria y a nivel laboratorio. Excelente para elaborar todo tipo de empaques o bridas que contacten aceites, grasas o productos químicos diversos medianamente corrosivos. Se utiliza en la producción de colorantes. Sirve para la producción de guantes de latex, para la industria química y farmacéutica. Se utiliza para la producción de esmaltes y pinturas. Productos de limpieza para uso industrial.

#### - Caucho2

El caucho es un polímero elástico, que surge como una emulsión lechosa (conocida como látex) en la savia de varias plantas, pero que también puede ser producido sintéticamente. Fue Charles Goodyear, en 1839, el que produjo por accidente este material, mediante un proceso que se conoce actualmente como la vulcanización.

Es posible formar componentes del caucho por medio de la extrusión o también por moldeo de inyección, similar al proceso de elaboración de plásticos termoelásticos. Para este proceso, se calientan los moldes, y con una alta presión y temperatura, el azufre que se añade, reacciona con los polímeros entrelazándolos, para que los elastómeros se conviertan en caucho. Los enlaces de azufre son tan fuertes que no existe manera de revertir este proceso, y por lo mismo, todos los desechos de la

---

<sup>2</sup>REGAL PROVEEDOR INDUSTRIAL. Plastico-maquinado México [Internet]. México. Regal Proveedor Industrial, 2014 [consulta el 22 de enero del 2015]. Disponible en: [www.regalmex.com/plastico-maquinado/](http://www.regalmex.com/plastico-maquinado/).

producción de productos de caucho, no pueden ser reciclados para un moldeo repetido.

- Acetal<sup>3</sup>

El acetal (POM Polioximetileno ó Resina Acetálica) es un producto plástico para la industria mecánica en general. Es un termoplástico con mucha dureza, alta resistencia mecánica, tenacidad y buenas propiedades antifricción que hacen que se adecuado para muchos procesos industriales.

- Acero A364

El acero A36 es una aleación de hierro al carbono de propósito general muy comúnmente usado en diversas fabricaciones. Lo podemos encontrar comercialmente en planchas, perfiles estructurales, tubos, barras, láminas, platinas y ángulos.

- Inox<sup>4</sup>

Los aceros inoxidables tienen una resistencia a la corrosión natural que se forma automáticamente, es decir no se adiciona. Tienen una gran resistencia mecánica, de al menos dos veces la del acero al carbono, son resistentes a temperaturas elevadas y a temperaturas criogénicas. Son fáciles de transformar en gran variedad de productos y tiene una apariencia estética, que puede variarse sometiendo el acero a diferentes tratamientos superficiales.

- Bronce<sup>5</sup>

Bronce es toda aleación metálica de cobre y estaño. Es usado en partes mecánicas resistentes al roce y a la corrosión.

---

<sup>3</sup> REGAL PROVEEDOR INDUSTRIAL. Plastico-maquinado México [Internet]. México. Regal Proveedor Industrial, 2014 [consulta el 22 de enero del 2015]. Disponible en: [www.regalmex.com/plastico-maquinado/](http://www.regalmex.com/plastico-maquinado/).

<sup>4</sup> UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. Metales Colombia [Internet]. Pereira. UTP, 2013 [consulta el 22 de enero del 2015]. Disponible en: [www.utp.edu.com](http://www.utp.edu.com).

<sup>5</sup> UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. Metales Colombia [Internet]. Pereira. UTP, 2013 [consulta el 22 de enero del 2015]. Disponible en: [www.utp.edu.com](http://www.utp.edu.com).

- Cobre<sup>5</sup>

El cobre (Cu), se caracteriza por ser uno de los mejores conductores de electricidad (el segundo después de la plata). Gracias a su alta conductividad eléctrica, ductilidad y maleabilidad, se ha convertido en el material más utilizado para fabricar cables, componentes eléctricos y electrónicos. Este metal es duradero porque se puede reciclar un número casi ilimitado de veces.

- Aluminio<sup>5</sup>

El aluminio (Al) posee una combinación de propiedades que lo hacen muy útil, tales como su baja densidad y su alta resistencia a la corrosión. Es buen conductor de la electricidad y del calor el cual se mecaniza con facilidad y es muy barato. Por todo ello es el metal que más se utiliza después del acero.

### **1.2.6. PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA**

La producción realizada en la empresa Fagoma S.A.C. es de una gran variedad de productos los cuales se producen por lotes. El tipo de pieza 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, inyectoras y prensas hidráulicas siendo parte de ellas de control numérico computarizado y otras de manejo mecánico.

Esta producción puede definirse en tres procesos principales que serían:

- Maquinado
- Inyección
- Vulcanizado

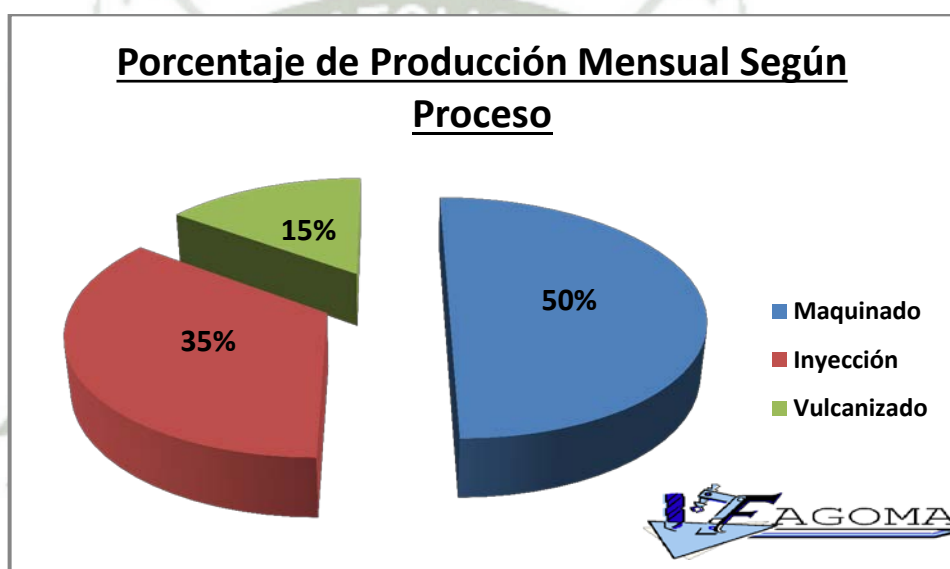
El porcentaje mensual de producción de cada una de las áreas se puede apreciar en la Tabla N° 3.

**Tabla N° 3.** Porcentaje de producción mensual según proceso de la empresa Fagoma S.A.C.

PROCESO UTILIZADO	PORCENTAJE DE LA PRODUCCIÓN MENSUAL
Maquinado	50
Inyección	35
Vulcanizado	15

**Fuente:** Elaboración propia.

La Figura N° 4, muestra estos resultados en forma gráfica.

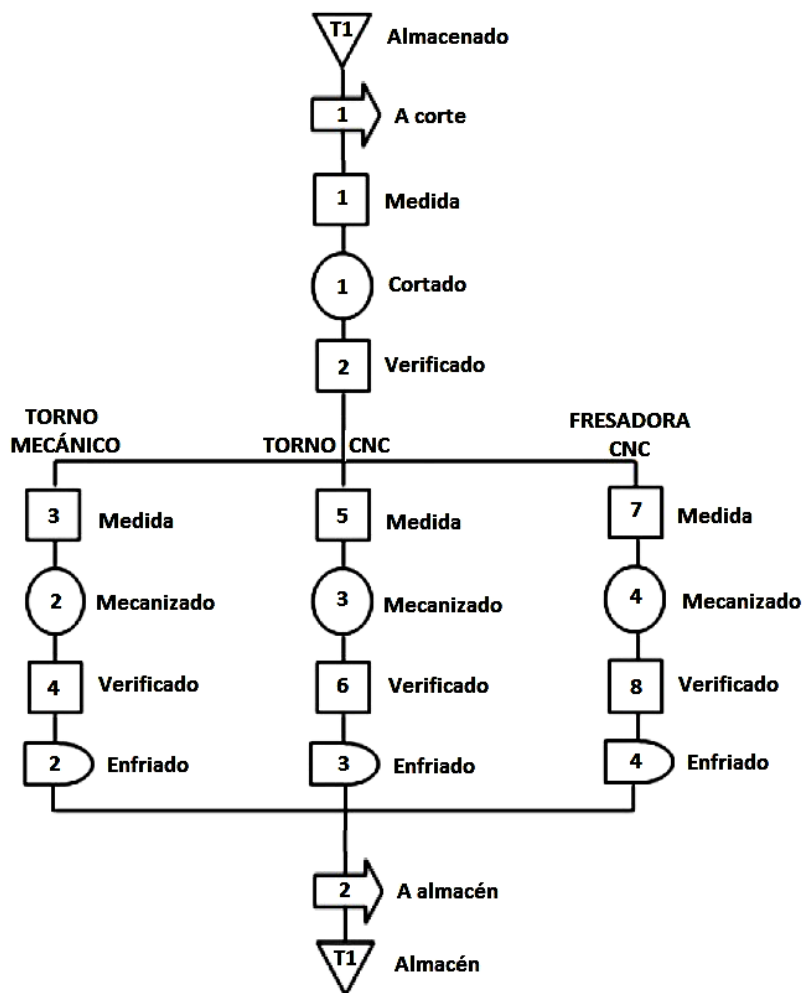


**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura N° 4.** Distribución de la producción mensual.

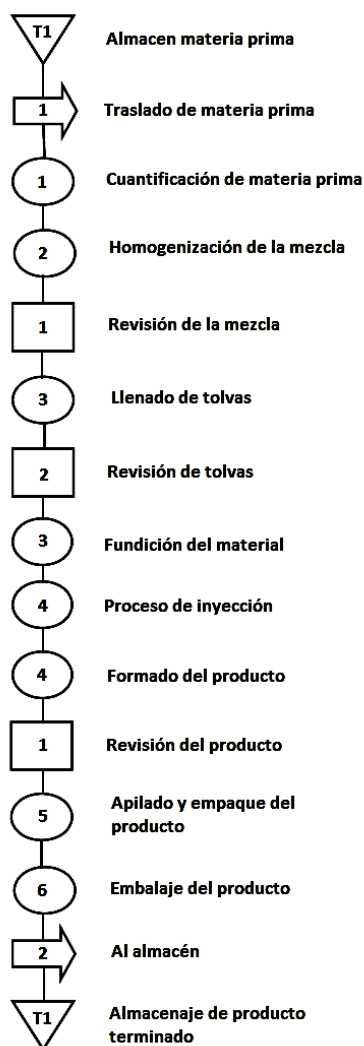
Como podemos observar en la Figura N° 4, los procesos que más producen son el maquinado y la inyección los cuales representan un 85% de la producción mensual de la empresa. Para lo que es el maquinado, la empresa cuenta con ocho máquinas herramientas y para la inyección se cuentan con dos máquinas inyectoras.

Las Figuras N° 5 y 6, presentan los diagramas de flujo de los procesos de producción más importantes para la empresa, es decir el mecanizado y la inyección los cuales representan el 50% y el 35% de la producción mensual respectivamente.



Fuente: Elaboración propia.





Figura N° 5. Diagrama de flujo del mecanizado.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 6. Diagrama de flujo de la inyección.

Donde la nomenclatura utilizada se detalla en la Figura N° 7.

Símbolo	Descripción
	Operación
	Inspección
	Transporte
	Almacenaje

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 7. Nomenclatura de diagramas de flujo.

### **1.3. ASPECTOS DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO**

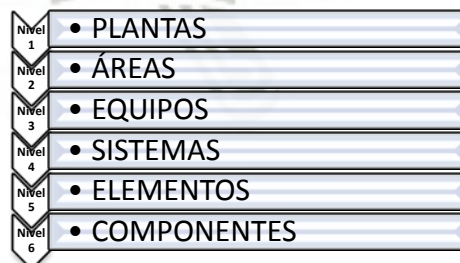
Hoy en día no es justificable pensar que toda una planta debe estar sujeta a un tipo de mantenimiento (por ejemplo, correctivo, o preventivo, etc.). Cada equipo ocupa una posición distinta en el proceso industrial, y tiene unas características propias que lo hacen diferente del resto, incluso de otros equipos similares.

Para optimizar las funciones de la empresa, ya no es suficiente pensar en el tipo de instalación o en las características del equipo. Es necesario tener en cuenta toda una serie de factores, como el costo de una parada de producción, el costo de una reparación, etc., que van a determinar las tareas de mantenimiento más convenientes para cada equipo.

Por lo tanto, el trabajo previo a realizarse en una planta debe ejecutarse con mucho cuidado ya que este resulta ser de suma importancia para definir el plan de mantenimiento adecuado para la empresa, para lo cual debemos estudiar cada uno de los equipos que constituyen la planta con cierto nivel de detalle.

#### **1.3.1. LISTA DE EQUIPOS**

Habiéndose efectuado el análisis de la empresa, como paso seguido se debe realizar el listado de cada uno de los equipos que se han de analizar. Este listado debe cumplir con los niveles de detalle recomendados para que pueda ser utilizado como información y no sea una simple lista de máquinas.



**Fuente:** García, Santiago: “Organización y Gestión Integral del Mantenimiento”.

**Figura N° 8.** Niveles de estructura de una planta industrial.

Como primer paso, se elabora una lista que considera hasta el nivel 3. Más adelante, consideraremos hasta el nivel 4 donde resaltaremos los sistemas de mayor importancia desde el punto de vista del mantenimiento. Este último nivel resultará el más adecuado debido al nivel de mantenimiento que posee la empresa en la actualidad. La Tabla N° 4 muestra la lista de máquinas considerando hasta el nivel 3.

**Tabla N° 4.** Lista de máquinas de la empresa Fagoma S.A.C.  
Planta: Arequipa

PLANTA Nivel 1	ÁREA Nivel 2	EQUIPO Nivel 3
Planta N° 1: Arequipa – Cerro Colorado	Área N° 1: Inyección	Inyectora Mecánica 1
		Inyectora Mecánica 2
	Área N° 2: Manufactura	Fresadora CNC 1
		Fresadora CNC 2
		Fresadora Mecánica 1
		Torno CNC 1
		Torno Mecánico 1
		Torno Mecánico 2
		Torno Mecánico 3
		Taladro Mecánico 1
		Taladro Mecánico 2
		Esmeril 1
	Esmeril 2	
	Área N° 3: Vulcanizado	Prensa hidráulica 1
		Prensa hidráulica 2

**Fuente:** Elaboración propia.

### 1.3.2. CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS

Terminada la elaboración de la lista de equipos debemos seguir con la identificación de cada uno de ellos con un código único. Este código facilitará la ubicación del equipo, la aplicación de órdenes de trabajo, la elaboración de un registro histórico de fallas y mantenimientos, etc.

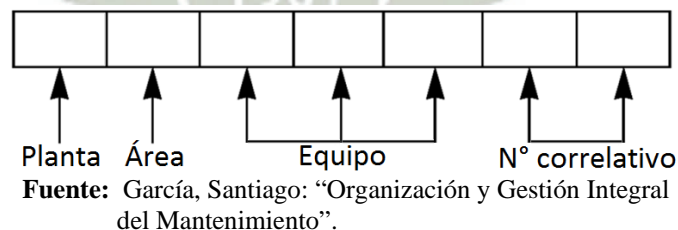
Los equipos de la empresa presentan una codificación la cual la detallamos en la Tabla N° 5.

**Tabla N° 5.** Codificación existente de los equipos de la empresa Fagoma S.A.C. Planta: Arequipa

CODIGO						DESCRIPCION
FA	I	N	Y	0	1	Inyectora Mecánica 1
FA	I	N	Y	0	2	Inyectora Mecánica 2
FA	F	R	E	0	1	Fresadora CNC 1
FA	F	R	E	0	2	Fresadora CNC 2
FA	F	R	E	0	3	Fresadora Mecánica
FA	T	O	C	0	1	Torno CNC 1
FA	T	O	R	0	2	Torno Mecánico 2
FA	T	O	R	0	3	Torno Mecánico 3
FA	T	O	R	0	4	Torno Mecánico 4
FA	T	A	L	0	1	Taladro Mecánico 1
FA	T	A	L	0	2	Taladro Mecánico 2
						Esmeril 1
						Esmeril 1
						Prensa hidráulica 1
						Prensa hidráulica 2

**Fuente:** Elaboración propia.

La codificación encontrada fue hecha empíricamente siguiendo la experiencia de algunos trabajadores de la empresa. Es por ello que vemos necesario realizar una nueva codificación de los equipos siguiendo la metodología planteada por Santiago García la cual se esquematiza en la Figura N° 9.



**Figura N° 9.** Estructura de códigos para equipos.

Con el afán de no variar demasiado la codificación y evitar confusiones dentro del personal trataremos de utilizar en lo posible la numeración y letras del código anterior.

Los códigos que se utilizarán para los equipos se presentan en la Tabla N° 6.

**Tabla N° 6.** Códigos a utilizarse para la identificación de los equipos.

Código	Tipo de Equipo
FRC	Fresadora CNC
FRM	Fresadora Mecánica
TOC	Torno CNC 1
TOM	Torno Mecánica
TAM	Taladro Mecánico
INM	Inyectora Mecánica
PRH	Prensa Hidráulica
ESM	Esmeril

**Fuente:** Elaboración propia.

Luego, haciendo uso de la Tabla N° 6 y teniendo en cuenta la planta y área a la que pertenecen los equipos, la nueva codificación que se propone queda reflejada en la Tabla N° 7.

**Tabla N° 7.** Nueva codificación.

CÓDIGO				DESCRIPCIÓN
Planta	Área	Equipo	N° Correlativo	
1	1	INM	01	Inyectora Mecánica
1	1	INM	02	Inyectora Mecánica
1	2	FRC	01	Fresadora CNC
1	2	FRC	02	Fresadora CNC
1	2	FRM	01	Fresadora Mecánica
1	2	TOC	01	Torno CNC
1	2	TOM	01	Torno Mecánico
1	2	TOM	02	Torno Mecánico
1	2	TOM	03	Torno Mecánico

1	2	TAM	01	Taladro Mecánico
1	2	TAM	02	Taladro Mecánico
1	2	ESM	01	Esmeril
1	2	ESM	02	Esmeril
1	3	PRH	01	Prensa Hidráulica
1	3	PRH	02	Prensa Hidráulica

**Fuente:** Elaboración propia.

Finalmente, la codificación queda tal como se muestra en la Tabla N° 8.

**Tabla N° 8.** Nueva codificación de equipos.

<b>CÓDIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>11INM01</b>	Inyectora Mecánica
<b>11INM02</b>	Inyectora Mecánica
<b>12FRC01</b>	Fresadora CNC
<b>12FRC02</b>	Fresadora CNC
<b>12FRM01</b>	Fresadora Mecánica
<b>12TOC01</b>	Torno CNC
<b>12TOM01</b>	Torno Mecánico
<b>12TOM02</b>	Torno Mecánico
<b>12TOM03</b>	Torno Mecánico
<b>12TAM01</b>	Taladro Mecánico
<b>12TAM02</b>	Taladro Mecánico
<b>12ESM01</b>	Esmeril
<b>12ESM02</b>	Esmeril
<b>13PRH01</b>	Prensa Hidráulica
<b>13PRH02</b>	Prensa Hidráulica

**Fuente:** Elaboración propia.

### 1.3.3. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El análisis de la criticidad de los equipos de una empresa nos sirve para poder jerarquizar, por importancia, las máquinas y equipos sobre los cuales vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). Además ayuda a identificar eventos potenciales indeseados, en el contexto de la confiabilidad operacional.

Para el análisis de criticidad de la empresa Fagoma se han cuantificado los criterios de producción, operaciones, reparación, seguridad y medio ambiente siendo estos los más comúnmente utilizados por las empresas.

Finalmente, para el cálculo de la criticidad hacemos uso de la siguiente fórmula:

$$\text{Criticidad} = (\text{Probabilidad})(\text{Impacto})$$

siendo el impacto calculado de la siguiente forma:

$$I = [LP][(axA) + (bxB) + (cxC) + (dxD)]$$

Donde:

$I$  = Impacto.

$LP$  = Línea de producción.

$a, b, c, d$  = Pesos ponderados.

$A$  = Impacto operacional.

$B$  = Costos de reparación.

$C$  = Impacto en la seguridad.

$D$  = Impacto ambiental.

La cuantificación de los criterios, que se han definido para el análisis de criticidad, se presenta en la Tabla N° 9.

**Tabla N° 9.** Criterios de criticidad y su cuantificación.

Criticidad = (Probabilidad) (Impacto)		
F = Frecuencia o Probabilidad de falla (Tasa de reparación por falla del equipo)		
Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)	Categoría	Puntaje
Semanal	Muy Alto	5
Mensual	Alto	4
Trimestral	Medio	3
Semestral	Bajo	2
Anual	Muy Bajo	1
I = Impacto (Impacto de la indisponibilidad del equipo en el negocio) I = LP x [axA + bxB + cxC + dxD ]		
a, b, c, d, e, = Pesos Ponderados (Deben sumar uno)	Categoría	Puntaje
a		0.5
b		0.3
c		0.1
d		0.1
LP = Línea de producción		
LP = Línea de producción	Categoría	Puntaje
Equipos directos en línea de producción	Alto	5
Equipos Auxiliares de apoyo a línea de producción	Medio	3
Equipos Auxiliares que no están en línea de producción	Bajo	1
A = Impacto Operacional		
A = Impacto Operacional	Categoría	Puntaje
Parada inmediata de toda la empresa	Muy Alto	5
Parada de toda la planta (recuperable en otra plantas)	Alto	4
Impacto a niveles de producción o calidad	Medio	3
Repercute a costos operacionales adicionales (indisponibilidad)	Bajo	2
No genera ningún efecto significativo sobre las demás operaciones	Muy Bajo	1
B = Costos de Reparación		
B = Costos de Reparación	Categoría	Puntaje
Gastos Altos, > S/. 10000	Muy Alto	5
Gasto Importante, S/. 5000 - S/.10000	Alto	4
Gasto Razonable, S/. 1000 - S/. 5000	Medio	3
Gasto Bajo, S/. 100 - S/. 1000	Bajo	2
Gasto Irrelevante, < S/. 100	Muy Bajo	1
C = Impacto en la Seguridad		
C = Impacto en la Seguridad	Categoría	Puntaje
Riesgo de muerte inminente o falla catastrófica en el equipo.	Muy Alto	5
Daños muy graves que dejan secuela después de un tratamiento o reparación	Alto	4
Daños graves, que desaparecen con tratamiento o reparación.	Medio	3
Daños leves, que desaparecen con tratamiento o reparación	Bajo	2
No existe riesgo para las personas ni equipos.	Muy Bajo	1
D = Impacto Ambiental		
D = Impacto Ambiental	Categoría	Puntaje
Daños medioambientales irreversibles fuera de la empresa	Muy Alto	5
Daños medioambientales irreversibles dentro de la empresa	Alto	4
Daños medioambientales cuyos efectos no violan las normativas	Medio	3
Daños medio ambientales reversibles	Bajo	2
No provoca ningún daño.	Muy Bajo	1

**Fuente:** Elaboración propia.

La cuantificación de criterios es comparada con la matriz de criticidad a utilizar, según Norma Norzok Z-008 y API 580, la cual se muestra en la Figura N° 10.

Probabilidad						
Muy Alto	5	2	2	3	3	3
Alto	4	1	2	2	3	3
Medio	3	0	1	2	3	3
Bajo	2	0	0	1	2	3
Muy Bajo	1	0	0	1	2	2

	0 a 5	5.1 a 10	10.1 a 15	15.1 a 20	20.1 a 25	Impacto
Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto		

Alta Criticidad	3
Mediana Criticidad	2
Baja Criticidad	1
No Critico	0

Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 10.** Matriz de criticidad a utilizar.

Finalmente valorizamos cada uno de los criterios para cada una de las máquinas de las diferentes áreas de la empresa lo cual podemos apreciar en la Tabla N° 10.

De los resultados obtenidos, podemos ver la diferencia de criticidad que presenta cada una de las máquinas de las diferentes áreas de la empresa. Se puede observar que las dos fresadoras CNC junto con el torno CNC son las máquinas que presentan una alta críticas. Entre las máquinas que presentan una mediana criticidad tenemos a las dos inyectoras, la máquina fresadora mecánica y los tres tornos mecánicos. A su vez, podemos apreciar que las máquinas que presentan una baja criticidad son los taladros mecánicos y finalmente apreciamos las máquinas no críticas las cuales están compuestas por los dos esmeriles y las dos prensas hidráulicas.

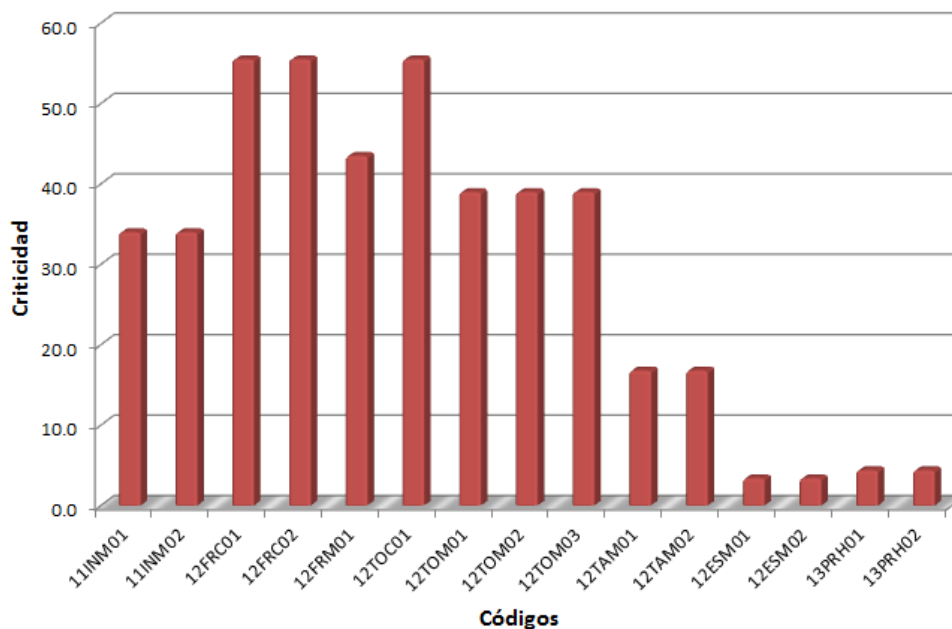
Tabla N° 10. Análisis de criticidad de la empresa Fagoma S.A.C.

**ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LA EMPRESA FAGOMA S.A.C.**

Item	Planta	Área	Equipo	Código	Frecuencia de Falla (FF)	Linea de Producc. (LP)	Imp Operacional	Costo Reparación	Impac. Seguridad	Impac. Ambiental	Impacto	Criticidad	Matriz
							0.5	0.3	0.1	0.1			
1	Arequipa Cerro Colorado	Inyección	Inyectora Mecánica	11INM01	2	5	4	3	2	3	17	34.0	2
2	Arequipa Cerro Colorado	Inyección	Inyectora Mecánica	11INM02	2	5	4	3	2	3	17	34.0	2
3	Arequipa Cerro Colorado	Manufactura	Fresadora CNC	12FRC01	3	5	4	4	3	2	18.5	55.5	3
4	Arequipa Cerro Colorado	Manufactura	Fresadora CNC	12FRC02	3	5	4	4	3	2	18.5	55.5	3
5	Arequipa Cerro Colorado	Manufactura	Fresadora Mecánica	12FRM01	3	5	3	3	3	2	14.5	43.5	2
6	Arequipa Cerro Colorado	Manufactura	Torno CNC	12TOC01	3	5	4	4	3	2	18.5	55.5	3
7	Arequipa Cerro Colorado	Manufactura	Torno Mecánico	12TOM01	3	5	3	2	3	2	13	39.0	2
8	Arequipa Cerro Colorado	Manufactura	Torno Mecánico	12TOM02	3	5	3	2	3	2	13	39.0	2
9	Arequipa Cerro Colorado	Manufactura	Torno Mecánico	12TOM03	3	5	3	2	3	2	13	39.0	2
10	Arequipa Cerro Colorado	Manufactura	Taladro Mecánico	12TAM01	4	2	2	2	3	2	4.2	16.8	1
11	Arequipa Cerro Colorado	Manufactura	Taladro Mecánico	12TAM02	4	2	2	2	3	2	4.2	16.8	1
12	Arequipa Cerro Colorado	Manufactura	Esmeril	12ESM01	1	2	2	1	3	1	3.4	3.4	0
13	Arequipa Cerro Colorado	Manufactura	Esmeril	12ESM02	1	2	2	1	3	1	3.4	3.4	0
14	Arequipa Cerro Colorado	Vulcanizado	Prensa Hidráulica	13PRH01	1	2	3	1	1	3	4.4	4.4	0
15	Arequipa Cerro Colorado	Vulcanizado	Prensa Hidráulica	13PRH02	1	2	3	1	1	3	4.4	4.4	0

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados los podemos apreciar en la Figura N° 11 y la Tabla N° 11.




Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 11. Gráfica de criticidad de equipos.

Los resultados de la criticidad los vemos resumidos en la Tabla N° 11.

Tabla N° 11. Resumen de análisis de criticidad.

 <b>FAGOMA S.A.C.</b>				
<b>PLANTA DE CERRO COLORADO ALTO LIBERTAD 2014</b>				
ITEM	EQUIPO	CÓDIGO	CRITICIDAD	NIVEL
1	Inyectora	11INM01	<b>34.0</b>	Criticidad Media
2	Inyectora	11INM02	<b>34.0</b>	Criticidad Media
3	Fresadora CNC	12FRC01	<b>55.5</b>	Criticidad Alta
4	Fresadora CNC	12FRC02	<b>55.5</b>	Criticidad Alta

5	Fresadora Mecánica	12FRM01	43.5	Criticidad Media
6	Torno CNC	12TOC01	55.5	Criticidad Alta
7	Torno Mecánico	12TOM01	39.0	Criticidad Media
8	Torno Mecánico	12TOM02	39.0	Criticidad Media
9	Torno Mecánico	12TOM03	39.0	Criticidad Media
10	Taladro Mecánico	12TAM01	16.8	Criticidad Baja
11	Taladro Mecánico	12TAM02	16.8	Criticidad Baja
12	Esmeril	12ESM01	3.4	Criticidad Nula
13	Esmeril	12ESM02	3.4	Criticidad Nula
14	Prensa Hidráulica	13PRH01	4.4	Criticidad Nula
15	Prensa Hidráulica	13PRH02	4.4	Criticidad Nula

**Fuente:** Elaboración propia.

En la Figura N° 13, se muestra la distribución de cada una de las máquinas del taller. Cada una de ellas se encuentra con su codificación y el color que le corresponde de acuerdo al análisis de criticidad que se ha realizado. Esta última figura permite tener una mejor idea de donde está ubicada cada una de las máquinas, con el fin de que cualquier persona pueda ubicarse de una manera fácil.

#### **1.4. CONCLUSIONES DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA**

Luego de realizado el análisis situacional de la empresa hemos podido darnos cuenta que no se ha manejado con mucha importancia el estado de la maquinaria limitándose únicamente a realizar mantenimiento correctivo. Solo se han realizado el cambio de piezas con los repuestos correspondientes sin dejar una base de datos o historial que registre tales acciones. Sin embargo, de acuerdo a la compra de repuestos y pagos por reparaciones, se ha podido estimar la cantidad de paradas que se han presentado mensualmente durante el año 2014 las cuales se presentan en la Tabla N° 12. El número de paradas que se deben de tener en el año 2015, luego de la implementación del plan de mantenimiento, es una cada medio año.

**Tabla N° 12.** Paradas mensuales ocurridas en el año 2014.

MES	N° DE PARADAS	MES	N° DE PARADAS
ENERO	5	JULIO	1
FEBRERO	4	AGOSTO	2
MARZO	4	SETIEMBRE	4
ABRIL	2	OCTUBRE	1
MAYO	1	NOVIEMBRE	3
JUNIO	2	DICIEMBRE	1

**Fuente:** Elaboración propia.

Para la recolección de datos se ha hecho uso de encuestas con el fin de analizar 15 elementos básicos de la dirección, administrativos y técnicos siendo las respuestas ponderadas con valores del 1 al 10. Estos resultados se muestran en la Tabla N° 13.

**Tabla N° 13.** Resultado de encuestas aplicadas en el año 2014.

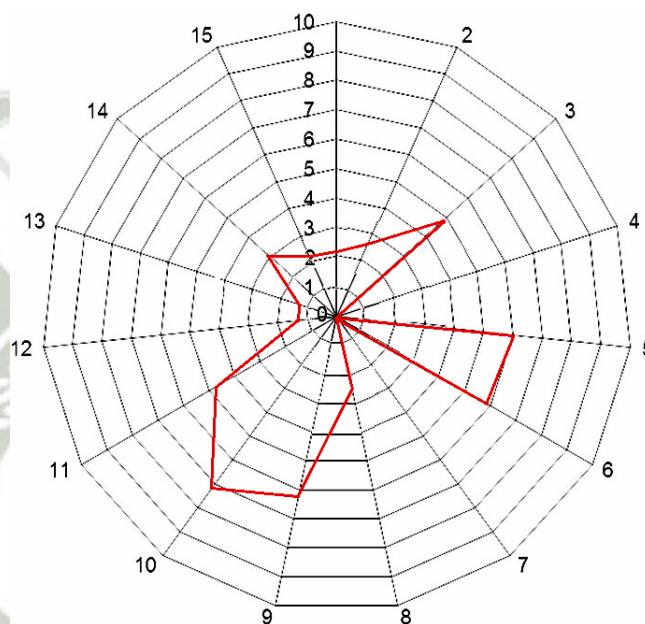
ELEMENTO	PUNTAJE	ELEMENTO	PUNTAJE
Auditoría	2.2	Orden de trabajo, planificación y programación	6.2
Organización, abastecimiento de personal y políticas	2.6	Medios y facilidades de evaluación	7.2
Entrenamiento de la dirección	4.8	Control de almacenes, materiales y herramientas	4.8
Entrenamiento de planificadores	0	Mantenimiento preventivo e historia del equipo	1.4
Entrenamiento de habilidades	6	Ingeniería	1.3
Motivación	5.8	Medida de trabajo, incentivos	3.2
Negociación	0	Procesamiento de datos	2.3
Dirección y control de presupuestos y costos	2.3		

**Fuente:** Elaboración propia.

De acuerdo al Marshall Institute, todo este análisis puede ser reflejado en un diagrama radial el cual considera los 15 elementos básicos que analizan los elementos de la dirección, elementos administrativos y técnicos y finalmente factores y tasas de productividad.

Cada rayo del gráfico circular representa uno de estos elementos. La efectividad del mantenimiento puede ser medida respondiendo preguntas acerca de cada elemento y anotando las respuestas en un rango del 1 al 10.

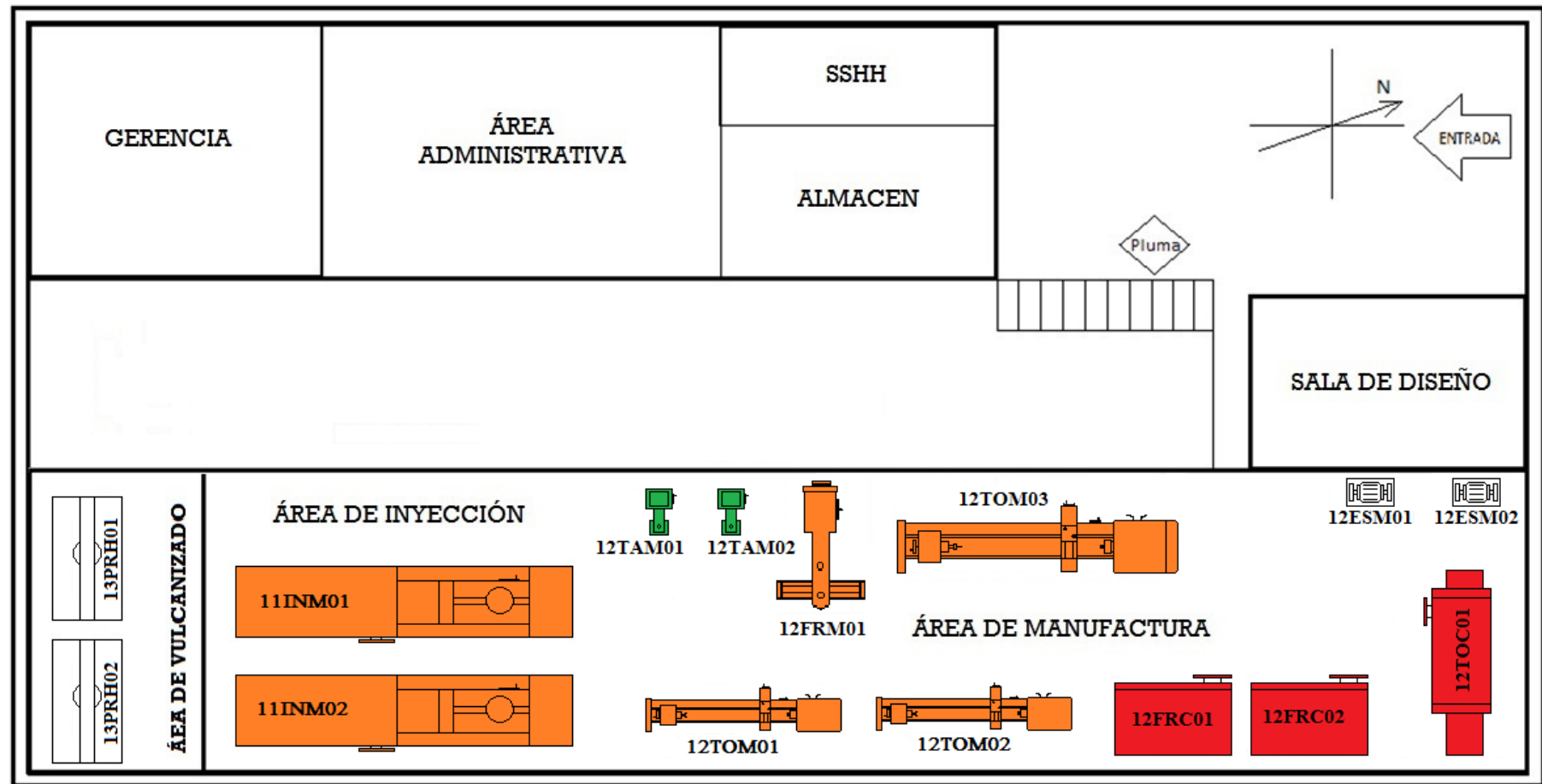
Luego de aplicadas las encuestas, los resultados obtenidos se reflejan en la Figura N° 12.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura N° 12.** Diagrama radial del programa de mantenimiento de la empresa Fagoma S.A.C.

La Figura N° 12 muestra que la empresa Fagoma S.A.C. necesita un mejoramiento sustancial de su programa de mantenimiento ya que muestra bajos puntajes y un gráfico irregular.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 13. Distribución de máquinas con codificación y color de criticidad.

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 podemos 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 lo cual queda reflejado en la Tabla N° 14.

**Tabla N° 14.** Plan de mantenimiento a ser aplicada a cada máquina.

 <b>FAGOMA S.A.C.</b>			
<b>PLANTA DE CERRO COLORADO ALTO LIBERTAD 2015</b>			
<b>ITEM</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MANTENIMIENTO</b>
1	Inyectora Mecánica	11INM01	Preventivo
2	Inyectora Mecánica	11INM02	Preventivo
3	Fresadora CNC	12FRC01	Predictivo
4	Fresadora CNC	12FRC02	Predictivo
5	Fresadora Mecánica	12FRM01	Preventivo
6	Torno CNC	12TOC01	Predictivo
7	Torno Mecánico	12TOM01	Preventivo
8	Torno Mecánico	12TOM02	Preventivo
9	Torno Mecánico	12TOM03	Preventivo
10	Taladro	12TAM01	Preventivo
11	Taladro	12TAM02	Preventivo
12	Esmeril	12ESM01	Correctivo
13	Esmeril	12ESM02	Correctivo
14	Prensa Hidráulica	13PRH01	Correctivo
15	Prensa Hidráulica	13PRH02	Correctivo

**Fuente:** Elaboración propia.

## **DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

### **2. PLAN DE MANTENIMIENTO**

Una vez terminado el análisis de la situación actual de la empresa y de haber definido la codificación de las máquinas motivo de estudio junto con el mantenimiento que se les ha de aplicar, es que a continuación se procede a realizar el plan de mantenimiento correspondiente para cada una de ellas hasta desarrollar el cronograma anual.

La finalidad de los cronogramas es describir claramente las actividades básicas de mantenimiento que se han de realizar en las diferentes máquinas. Estas actividades obedecen a 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 estas máquinas.



#### **2.1 FICHAS TÉCNICAS**

Una vez elaborada la lista de máquinas, la codificación y haber definido el tipo de mantenimiento adecuado para cada una de ellas, el paso siguiente es elaborar una ficha para cada uno de los ítems, con algún nivel de criticidad, que componen dicha lista. La ficha técnica debe contener los datos más sobresalientes que afecten al mantenimiento de cada uno de las máquinas analizadas.

Al elaborar estas fichas se debe comenzar por las máquinas más críticas y luego continuar hasta terminar con las de menor criticidad.

De la Tabla N° 15 a la Tabla N° 25 se muestran las fichas técnicas de las máquinas que presentan algún nivel de criticidad

**Tabla N° 15.** Ficha técnica de fresadora CNC 12FRC01.

<b>FRESADORA CNC KIRA MIYANO</b>			
		<b>CÓDIGO</b>	<b>12FRC01</b>
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>		<b>IMAGEN</b>	
<b>MARCA</b>	KIRA MIYANO		
<b>AÑO DE FABRICACIÓN</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	FRESADORA CNC 18 HERRAMIENTAS		
<b>DIMENSIONES</b>	L x W x H 1500x1600x2000		
<b>PROCEDENCIA</b>	JAPON		
<b>MANUAL</b>	NO		
<b>FECHA DE INSTALACIÓN</b>			
<b>COLOR</b>	AZUL		
<b>MOTOR DE LA BOMBA</b>		<b>MAQUINA</b>	
<b>MOTOR</b>	15 KV	<b>PESO</b>	2800 kg
<b>VOLTAJE</b>	380 V	<b>CAPACIDAD</b>	1.6N.m/1 Kw servo motor
<b>AMPERAJE</b>		<b>x</b>	500 mm
<b>POTENCIA</b>	5 HP / 7.5 HP	<b>y</b>	360 mm
<b>CONTROLADOR</b>	GSK, Syntec	<b>z</b>	360 mm

**Fuente:** Elaboración propia.

Tabla N° 16. Ficha técnica de fresadora CNC 12FRC02.

<b>FRESADORA CNC BRIDGEPORT TC-2</b>			
		<b>CÓDIGO</b>	<b>12FRC02</b>
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>		<b>IMAGEN</b>	
<b>MARCA</b>	BRIDGEPORT		
<b>AÑO DE FABRICACIÓN</b>	1991		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	FRESADORA CNC 22 HERRAMIENTAS		
<b>DIMENSIONES</b>	L x W x H 2007x2007x2464		
<b>PROCEDENCIA</b>	EEUU		
<b>MANUAL</b>	SI		
<b>FECHA DE INSTALACIÓN</b>			
<b>COLOR</b>	Blanco / Azul		
<b>MOTOR DE LA BOMBA</b>		<b>MAQUINA</b>	
<b>MOTOR</b>	15 KVA	<b>PESO</b>	2955 kgs
<b>VOLTAJE</b>	460 V / 480 V	<b>CAPACIDAD</b>	1.6 N.m / 1 Kw servo motor
<b>AMPERAJE</b>		<b>Longitud mesa de trabajo: x</b>	560 mm
<b>POTENCIA</b>	7.5 HP	<b>Ancho mesa de trabajo: y</b>	406 mm
<b>CONTROLADOR</b>		<b>Altura de maquina: z</b>	508 mm

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 17. Ficha técnica de torno CNC 12TOC01.

<b>TORNO CNC PINACHO - MUSTANG</b>			
		<b>CÓDIGO</b>	<b>12TOC01</b>
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>		<b>IMAGEN</b>	
<b>MARCA</b>	PINACHO - MUSTANG		
<b>AÑO DE FABRICACIÓN</b>	2001		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	TORNO CNC CONTROLADOR FANUC		
<b>DIMENSIONES</b>	L x W x H 257x137x167 mm		
<b>PROCEDENCIA</b>	ESPAÑA		
<b>MANUAL</b>	NO		
<b>FECHA DE INSTALACIÓN</b>			
<b>COLOR</b>	Blanco / Azul		
<b>MOTOR DE LA BOMBA</b>		<b>MAQUINA</b>	
<b>MOTOR</b>	Smart Turn 200	<b>PESO</b>	1467 Kg
<b>VOLTAJE</b>	380 V	<b>CAPACIDAD</b>	0 – 3.000 omw
<b>AMPERAJE</b>	12 A	<b>POTENCIA</b>	25 kW
		<b>VELOCIDAD</b>	100 – 3000 rpm



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 18. Ficha técnica de torno mecánico 12TOM01.

<b>TORNO MECANICO C6240C</b>			
		<b>CÓDIGO</b>	<b>12TOM01</b>
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>		<b>IMAGEN</b>	
<b>MARCA</b>	WINSTON		
<b>AÑO DE FABRICACIÓN</b>	1992		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	TORNO MECANICO		
<b>DIMENSIONES</b>	L x W x H 2240x1080 x1320		
<b>PROCEDENCIA</b>	CHINA		
<b>MANUAL</b>	SI		
<b>FECHA DE INSTALACIÓN</b>			
<b>COLOR</b>	Gris / Celeste	<b>CRITICIDAD MEDIA</b>	<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>
<b>MOTOR</b>		<b>MAQUINA</b>	
<b>MOTOR</b>		<b>PESO</b>	1355 kg
<b>VOLTAJE</b>	380 V	<b>CAPACIDAD</b>	Recorrido longitudinal: 200 mm Diámetro: 800 mm
<b>AMPERAJE</b>	12 A	<b>POTENCIA</b>	2.2 KW
<b>PESO</b>		<b>VELOCIDAD</b>	40 -1400 rpm



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 19. Ficha técnica de torno mecánico 12TOM02.

<b>TORNO MECANICO C0632C</b>			
		<b>CÓDIGO</b>	<b>12TOM02</b>
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>		<b>IMAGEN</b>	
<b>MARCA</b>	WINSTON		
<b>AÑO DE FABRICACIÓN</b>	1991		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	TORNO MECANICO		
<b>DIMENSIONES</b>	L x W x H 1940 x 760 x 1520		
<b>PROCEDENCIA</b>	CHINA		
<b>POSEE MANUAL</b>	NO		
<b>FECHA DE INSTALACIÓN</b>			
<b>COLOR</b>	Blanco / Celeste	<b>CRITICIDAD MEDIA</b>	<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>
<b>MOTOR DE LA BOMBA</b>		<b>MAQUINA</b>	
<b>MOTOR</b>		<b>PESO</b>	1300 kg
<b>VOLTAJE</b>	230 V	<b>CAPACIDAD</b>	Recorrido longitudinal: 200 mm Diámetro: 800 mm
<b>AMPERAJE</b>	12 A	<b>POTENCIA</b>	2.4 KW
<b>PESO</b>		<b>VELOCIDAD</b>	70-2000 rpm

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 20. Ficha técnica de torno mecánico 12TOM03.

<b>TORNO MECANICO CW6280C</b>			
		<b>CODIGO</b>	<b>1-3TR-03</b>
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>		<b>IMAGEN</b>	
<b>MARCA</b>	PULUTE		
<b>AÑO DE FABRICACION</b>	1992		
<b>DESCRIPCION</b>	TORNO MECANICO		
<b>DIMENCIONES</b>	3500*900*1600 mm		
<b>PROCEDENCIA</b>	CHINA		
<b>MANUAL</b>	No		
<b>FECHA DE INSTALACION</b>			
<b>COLOR</b>	Celeste		
<b>MOTOR</b>		<b>MAQUINA</b>	
<b>MOTOR</b>	Pulute	<b>CAPACIDAD</b>	1 set
<b>VOLTAJE</b>	380V	<b>POTENCIA</b>	11 Kw
<b>AMPERAJE</b>	12A	<b>VELOCIDAD</b>	40 -1200 rpm
		<b>PESO</b>	20000 kg

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 21. Ficha técnica de fresadora mecánica 12FRM01.

<b>FRESADORA MECÁNICA</b>			
		<b>CÓDIGO</b>	<b>12FRM01</b>
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>		<b>IMAGEN</b>	
<b>MARCA</b>	LAGUN		
<b>AÑO DE FABRICACIÓN</b>	1980		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	FRESADORA		
<b>DIMENSIONES</b>	L x W x H 2556x2159x1830		
<b>PROCEDENCIA</b>	CHINA		
<b>MANUAL</b>	NO		
<b>FECHA DE INSTALACIÓN</b>			
<b>COLOR</b>	Blanco / Gris		
<b>MOTOR DE LA BOMBA</b>		<b>MAQUINA</b>	
<b>MOTOR</b>	7 CV	<b>PESO</b>	3850 kw
<b>VOLTAJE</b>	3 KW	<b>CAPACIDAD</b>	1 Pieza
<b>AMPERAJE</b>	60 A	<b>Longitud mesa de trabajo: x</b>	1450 mm
		<b>Ancho mesa de trabajo: y</b>	300 mm
		<b>Altura de maquina: z</b>	300 mm

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 22. Ficha técnica de inyectora mecánica 11INM01.

<b>INYECTORA MECÁNICA BATTENFELD SY – 1800 III</b>			
		<b>CÓDIGO</b>	<b>11INM01</b>
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>		<b>IMAGEN</b>	
<b>MARCA</b>	BATTENFELD		
<b>AÑO DE FABRICACIÓN</b>	1994		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	INYECTORA DE PLASTICO		
<b>DIMENSIONES</b>	L x W x H 5200x1500x1750		
<b>PROCEDENCIA</b>	EE.UU.		
<b>MANUAL</b>	NO		
<b>FECHA DE INSTALACIÓN</b>			
<b>COLOR</b>	Blanco / Naranja	<b>CRITICIDAD MEDIA</b>	<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>
<b>MOTOR</b>		<b>MAQUINA</b>	
<b>MOTOR</b>	KBD - 1380	<b>PESO</b>	5.5 t
<b>VOLTAJE</b>	220 v	<b>CAPACIDAD</b>	180 L
<b>AMPERAJE</b>	12 A	<b>PRESION MAX.</b>	1874 bar
		<b>VELOCIDAD</b>	197 - 249 g/s



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 23. Ficha técnica de inyectora mecánica 11INM02.

<b>INYECTORA MECÁNICA ISF 190 SII Toshiba</b>			
		<b>CÓDIGO</b>	<b>11INM02</b>
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>		<b>IMAGEN</b>	
<b>MARCA</b>	TOSHIBA		
<b>AÑO DE FABRICACIÓN</b>	1992		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	INYECTORA DE POLIURETANO		
<b>DIMENSIONES</b>	L x W x H 18.5' x3.8' x6.9'		
<b>PROCEDENCIA</b>	USA		
<b>MANUAL</b>	SI		
<b>FECHA DE INSTALACIÓN</b>			
<b>COLOR</b>	Blanco / Amarillo		
<b>MOTOR DE LA BOMBA</b>		<b>MAQUINA</b>	
<b>MOTOR</b>	Baja inercia T std.	<b>PESO</b>	10000 kg
<b>VOLTAJE</b>	220 v	<b>CAPACIDAD</b>	190 L
<b>AMPERAJE</b>	12 A	<b>PRESION MAX.</b>	3500 psi
		<b>VELOCIDAD</b>	1500 - 2000 g /s

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 24. Ficha técnica de taladro mecánico 12TAM01.

<b>TALADRO MECÁNICO Z5032/1</b>			
		<b>CÓDIGO</b>	<b>12TAM01</b>
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>		<b>IMAGEN</b>	
<b>MARCA</b>	L & T		
<b>AÑO DE FABRICACIÓN</b>	1990		
<b>DESCRIPCIÓN</b>	MAQUINA TALADRO		
<b>DIMENSIONES</b>	L x W x H 1850×750×1000		
<b>PROCEDENCIA</b>	CHINA		
<b>MANUAL</b>	SI		
<b>MÁXIMO DIAMETRO DE PERFORACION</b>	35 mm		
<b>COLOR</b>	Blanco / Gris		
<b>MOTOR DE LA BOMBA</b>		<b>MÁQUINA</b>	
<b>MOTOR</b>	0.75 KW (1HP)	<b>CAPACIDAD</b>	1 Pieza
<b>VELOCIDAD</b>	1400 rpm	<b>Longitud mesa de trabajo: x</b>	515 mm
<b>VOLTAJE</b>	220	<b>Ancho mesa de trabajo: y</b>	645 mm
<b>PESO</b>	437 kg	<b>Altura de maquina: z</b>	320 mm

Fuente: Elaboración propia.

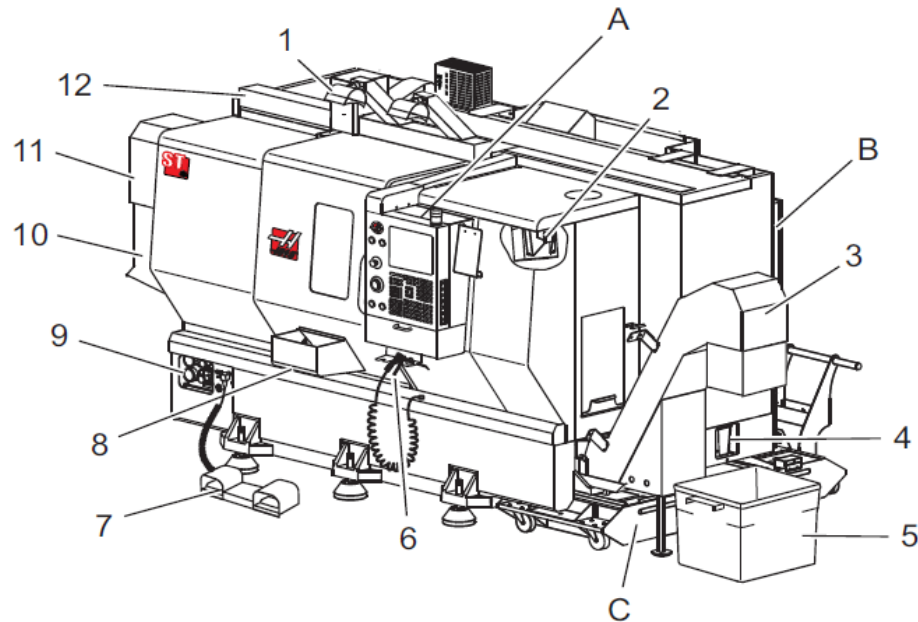
Tabla N° 25. Ficha técnica de taladro mecánico 12TAM02.

<b>TALADRO MECÁNICO SYDERIC</b>			
		<b>CÓDIGO</b>	<b>12TAM02</b>
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>		<b>IMAGEN</b>	
<b>MARCA</b>	SYDERIC		
<b>AÑO DE FABRICACIÓN</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	MAQUINA TALADRO		
<b>DIMENSIONES</b>	L x W x H 1770x540x1020		
<b>PROCEDENCIA</b>	FRANCIA		
<b>MANUAL</b>	NO		
<b>MÁXIMO DIÁMETRO DE PERFORACION</b>	36 mm		
<b>COLOR</b>	AZUL / GRIS		
<b>MOTOR DE LA BOMBA</b>		<b>MÁQUINA</b>	
<b>MOTOR</b>	0.75 CV	<b>CAPACIDAD</b>	1 Pieza
<b>VELOCIDAD</b>	1410 rpm	<b>Longitud mesa de trabajo: x</b>	330 mm
<b>VOLTAJE</b>	220 V	<b>Ancho mesa de trabajo: y</b>	360 mm
<b>PESO</b>	250 kg	<b>Altura de maquina: z</b>	350 mm

Fuente: Elaboración propia.

## 2.2 TAXONOMÍA DE LAS MÁQUINAS

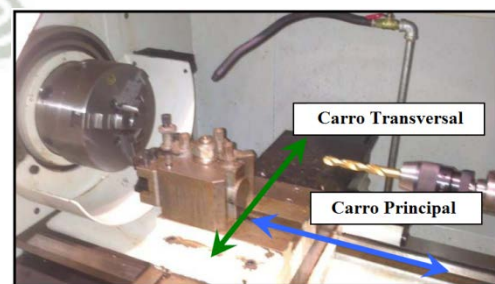
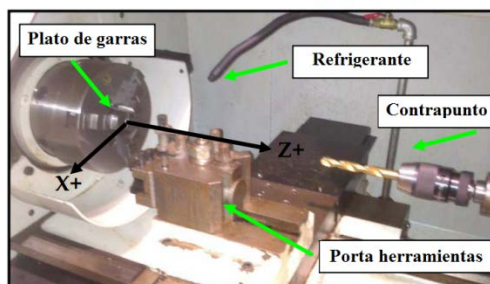
### 2.2.1. PARTES PRINCIPALES DEL TORNO CNC 12TOC01



**Fuente:** Manual del torno CNC 12TOC01.

**Figura N° 14.** Partes principales externas del torno CNC.

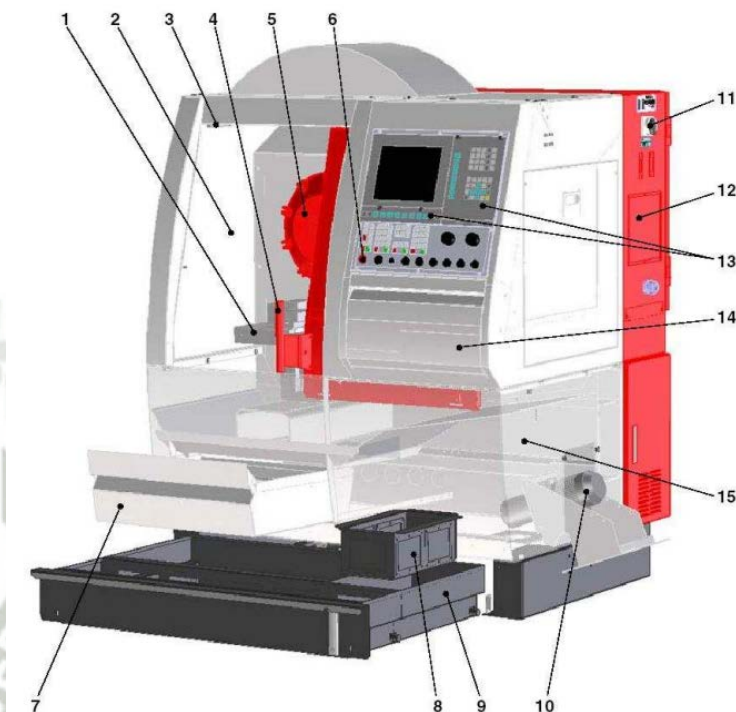
- |                                    |                                 |
|------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Luz alta intensidad             | 9. Alimentación hidráulica      |
| 2. Luz de trabajo                  | 10. Colector de refrigerante    |
| 3. Extractor de viruta             | 11. Motor de husillo            |
| 4. Contenedor de drenaje de aceite | 12. Puerta automática con servo |
| 5. Contenedor de virutas           | A. Control colgante             |
| 6. Pistola de aire comprimido      | B. Panel de lubricación mínima  |
| 7. Pedal                           | C. Depósito del refrigerante    |
| 8. Recogedor de piezas             |                                 |



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura N° 15.** Partes principales internas del torno CNC.

### 2.2.2. PARTES PRINCIPALES DE LAS FRESADORAS CNC 12FRC01 Y 12FRC02

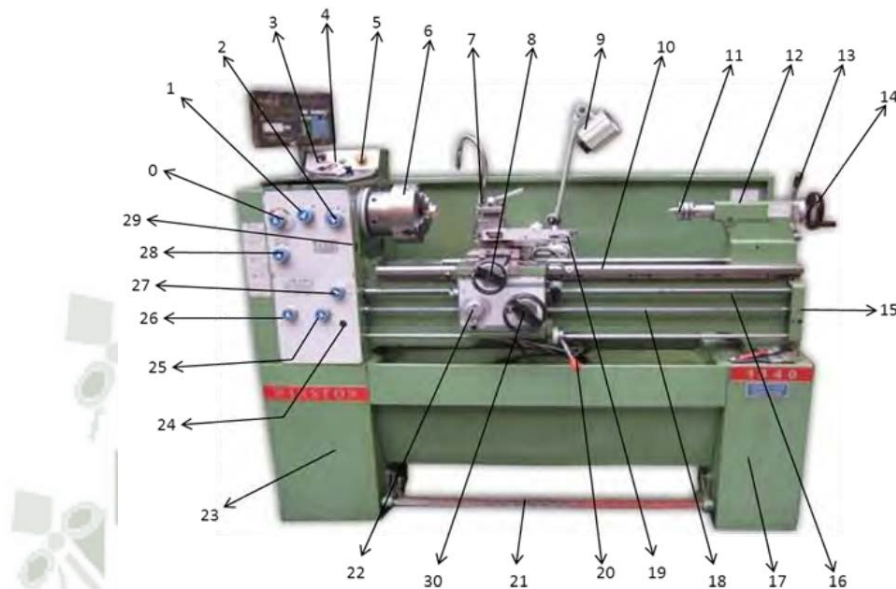


Fuente: [www.unac.edu.pe](http://www.unac.edu.pe)

**Figura N° 16.** Partes principales de la fresa CNC.

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| 1. Mesa de fresado con carros x, y  | 9. Bandeja de refrigerante                    |
| 2. Área de trabajo                  | 10. Bomba de refrigerante                     |
| 3. Iluminación                      | 11. Interruptor principal                     |
| 4. Puerta protectora contra virutas | 12. Armario eléctrico                         |
| 5. Tambor de herramientas           | 13. Teclado específico                        |
| 6. Paro de emergencia               | 14. Cajón del teclado del PC                  |
| 7. Bandeja de virutas               | 15. Bancada de la máquina con zona de virutas |
| 8. Filtro de virutas                |   |

**2.2.3. PARTES PRINCIPALES DE LOS TORNOS MECANICOS 12TOM01,  
12TOM02 Y 12TOM03**

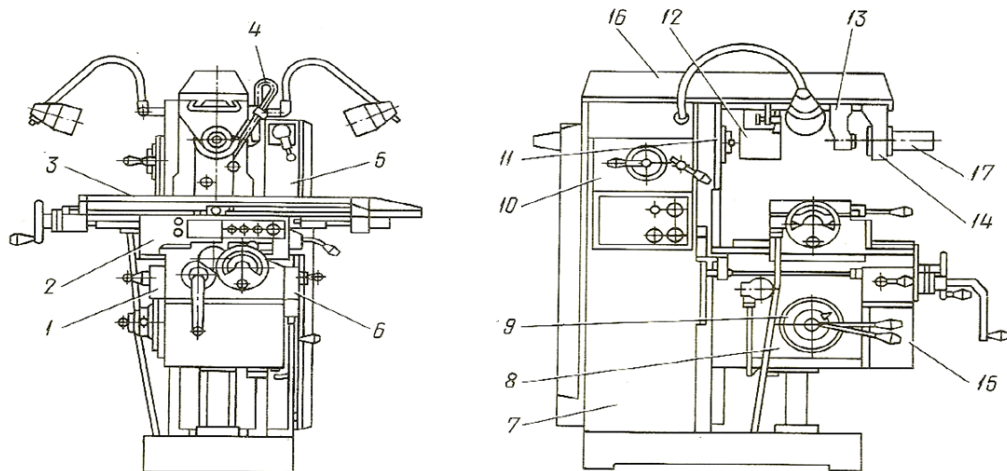


**Fuente:** LOARCA Raúl. “Actualización del Programa de Mantenimiento Preventivo Para la Línea de Tornos Convencionales de la Empresa Maquinados Precisos”.

**Figura N° 17.** Partes principales del torno mecánico.

- |                                |                                    |
|--------------------------------|------------------------------------|
| 0. Variador de velocidad       | 16. Barra cilíndrica               |
| 1. Cambio de velocidad         | 17. Pata trasera                   |
| 2. Variador de velocidad       | 18. Para roscar                    |
| 3. Refrigeración de la máquina | 19. Mando portaherramientas        |
| 4. Encendido de la máquina     | 20. Palanca puesta en marcha       |
| 5. Parada de emergencia        | 21. Freno de pie                   |
| 6. Brida del eje principal     | 22. Automático                     |
| 7. Portaherramientas           | 23. Pata delantera                 |
| 8. Mando carro transversal     | 24. Nivel de aceite                |
| 9. Lámpara                     | 25. Cambio de velocidades de rosca |
| 10. Bancada                    | 26. Selector de rosca velocidades  |
| 11. Punto                      | 27. Avance de roscar               |
| 12. Caña contrapunto           | 28. Avance normal de la máquina    |
| 13. Freno de contrapunto       | 29. Nivel de aceite                |
| 14. Volante contrapunto        | 30. Mando carro transversal        |
| 15. Soporte                    |                                    |

### 2.2.4. PARTES PRINCIPALES DE LA FRESADORA MECANICA 12FRM01

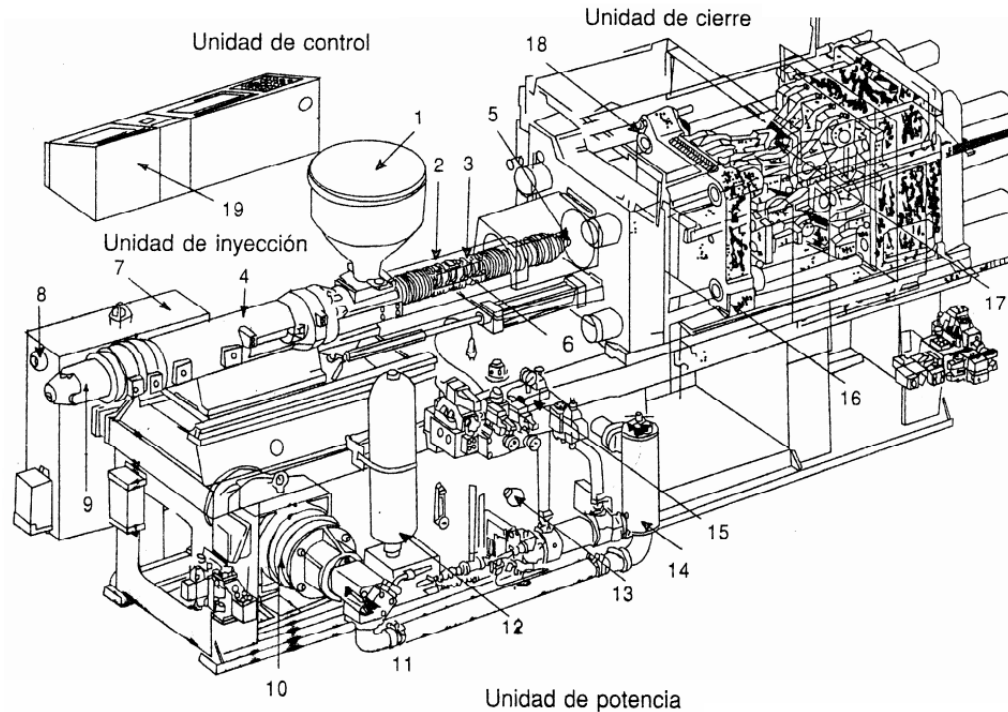


Fuente: [www.google.com.pe/patentados.com/img/2009/09/fresadora](http://www.google.com.pe/patentados.com/img/2009/09/fresadora).

**Figura N° 18.** Partes principales de la máquina fresadora mecánica.

- |   |  |
|---|--|
| 1. Mecanismo de cambio del desplazamiento vertical.   | 10. Mecanismo de cambio de rotación del husillo horizontal |
| 2. Carro  | 11. Caja de velocidades y husillo                          |
| 3. Mesa   | 12. Dispositivo protector                                  |
| 4. Refrigeración                                      | 13. Suspensión   |
| 5. Armario eléctrico                                  | 14. Suspensión   |
| 6. Mecanismo de cambio del Desplazamiento transversal | 15. Consola  |
| 7. Bancada  | 16. Codo de apoyo del árbol porta herramientas             |
| 8. Caja de avance                                     | 17. Dispositivo protector                                  |
| 9. Mecanismo de cambio de avance                      |  |

## 2.2.5. PARTES PRINCIPALES DE LAS INYECTORAS MECÁNICAS 11INM01 Y 11INM02

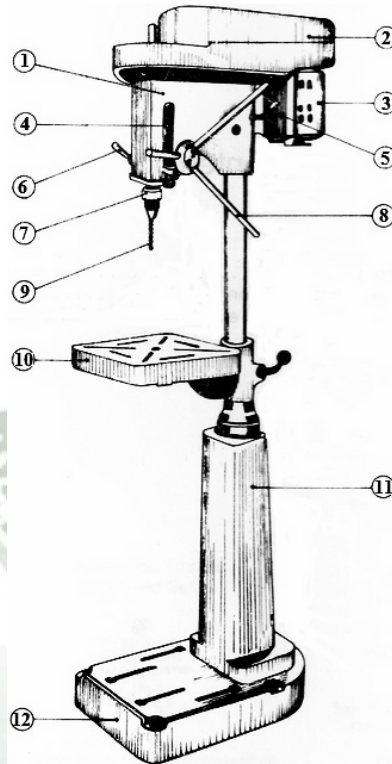


**Fuente:** Manual de inyectora 11INM01.

**Figura N° 19.** Partes principales de la máquina inyectora mecánica.

- |   |  |
|---|--|
| 1. Tolva alimentadora                   | 11. Bomba hidráulica                         |
| 2. Cubierta de barril                   | 12. Acumulador                               |
| 3. Barril con bandas calefactoras       | 13. Sensor de temperatura de aceite          |
| 4. Cilindro de inyección                | 14. Filtro                                   |
| 5. Boquilla                             | 15. Válvula hidráulica de control            |
| 6. Tornillo                             | 16. Platinas porta molde                     |
| 7. Controlador de temperatura de aceite | 17. Sistema de cierre con palancas acodadas  |
| 8. Alarma de temperatura de aceite      | 18. Columnas guía                            |
| 9. Motor hidráulico                     | 19. Microprocesador para control del proceso |
| 10. Motor eléctrico                     |  |

## 2.2.6. PARTES PRINCIPALES DE LOS TALADROS MECÁNICOS 12TAM01 Y 12TAM02



Fuente: [www.google.com.pe/ingresingur.blogspot.com/-GhAvfWfoPf8](http://www.google.com.pe/ingresingur.blogspot.com/-GhAvfWfoPf8)

**Figura N° 20.** Partes principales del taladro mecánico.

- |                                     |                                 |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Cabezal o cuerpo del taladro     | 7. Porta broca                  |
| 2. Mecanismo de velocidades         | 8. Palanca sensitiva            |
| 3. Motor                            | 9. Broca                        |
| 4. Tope de profundidad              | 10. Meza de trabajo desplazable |
| 5. Tornillo de fijación del cabezal | 11. Columna o bastidor          |
| 6. Tronillo de fijación del husillo | 12. Base o mesa de trabajo fija |

### **2.3 HISTORIAL DE VIDA DE EQUIPOS**

La información recolectada sobre los trabajos realizados en las diversas máquinas es importante para generar un historial de fallos de estas, con el fin de poder planificar adecuadamente el mantenimiento preventivo y predictivo en cada una de estas.

En este historial se plasma la información respecto a la fecha en el que se realiza el trabajo, el número de orden de trabajo que genera el trabajo realizado, el sistema afectado (mecánico, eléctrico, hidráulico, etc), la parte revisada, el tiempo que se tardó en realizar la reparación, descripción breve de la labor realizada, observaciones o especificaciones y el responsable de la ejecución de la tarea encomendada.

En nuestro caso, como se mencionó anteriormente, la empresa no cuenta con ningún historial de máquinas, debido a esto es que se propone un formato de historial de equipos para la empresa el cual se muestra en la Tabla N° 26.

Con la información que nos proporciona estas hojas de historial se podrá realizar el plan de mantenimiento para la maquinaria y la gestión de los repuestos que se necesitarían.

### **2.4 ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO**

La orden de trabajo es el documento que describe el procedimiento que se debe de seguir para cada tarea asignada. Esta debe consignar el código de la máquina, la ubicación de la misma, tipo de mantenimiento, ejecutante del trabajo, detalles de la tarea, herramientas necesarias, procedimientos de seguridad a seguir y pueden ir acompañadas de planos de referencia, manuales, etc.



La empresa Fagoma S.A.C. no cuenta con un documento oficial de orden de trabajo de mantenimiento debido a lo cual se propone el formato mostrado en la Tabla N° 27.

Tabla N° 26. Formato de historial de vida de equipos.

MÁQUINA: MARCA:		HISTORIAL DE VIDA DE EQUIPOS						CÓDIGO: TIPO DE MANTTO:		RESPONSABLE
		N° DE ORDEN DE TRABAJO	PARTE REVISADA	HORA		TRABAJO REALIZADO	OBSERVACIONES O ESPECIFICACIONES			
FECHA				INICIO	FIN					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 27. Formato de orden de trabajo de mantenimiento.

		<b>ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO</b>						
MÁQUINA:	MARCA:	UBICACIÓN: CODIGO:	DESCRIPCIÓN	HORA		HERRAMIENTAS	PRECAUCIONES DE SEGURIDAD	RESPONSABLE
				INICIO	FIN			
Preparado por: _____ Fecha: _____ Firma: _____								

Fuente: Elaboración propia.

## **2.5 CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO**

Los cronogramas de mantenimiento permiten llevar a cabo tareas de revisión e intervención en las máquinas de la empresa, de una forma organizada y coherente lo cual nos permitirá realizar las reparaciones y cambios de repuestos en los tiempos oportunos mejorando en gran medida la buena confiabilidad y disponibilidad de cada máquina atendida.

Debemos tener en cuenta que un buen plan de mantenimiento empieza con una buena limpieza y lubricación. La limpieza sencilla deberá estar a cargo del operario en tanto 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 Fagoma S.A.C.

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.

### **2.5.1 TABLAS DE ACTIVIDADES ANUALES**

Con la finalidad de orden y facilidad de lectura de la información, se ha visto por conveniente dividir las tablas en cuatro secciones: lubricación, sistema mecánico, sistema eléctrico y/o electrónico y limpieza. Estas se muestran desde la Tabla N° 28 hasta la Tabla N° 38.

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.

















Tabla N° 36. Tabla de actividad anual de la inyectora 2.

		<b>11INM02</b>																																																							
Area: Manufactura	Marca: Toshiba	Fecha:	Mantenimiento: Preventivo																																																						
Realizado por:	Revisado por:	Aprobado por:																																																							
SEMANAS																																																									
ACTIVIDAD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52					
<b>Lubricación</b>	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S				
Sistema hidráulico	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q				
Pernos inyectores	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S			
Sistema Automático Lubrica.	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M			
Revisión de filtros																																																									
<b>Sistema Mecánico</b>	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S				
Tornillo: desmontar, limpiar	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
Verificar diámetros	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M			
Tuberías y mangueras	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	
Tolerancias acoplamientos	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D		
Acoplamiento con el tornillo	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
Rev. Resist. Cilindro Plástfic.	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	
Rev. Diámetros interiores	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
Cambio rodamiento, eje tran.	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T		
<b>Sistema Eléctrico y/o Electrónico</b>	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T			
Rev. de conexión. eléct.																																																									
Revisión cable alimentación.																																																									
Rev. y limp. motor eléct.	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
<b>Limpieza</b>	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D		
Parte exterior, área de trabaj	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	
Parte interna	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	
Molde	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	
Limpieza de tablero eléctrico	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Deposito aceite, refrigerante	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
Pintura general																																																									
<b>INTERPRETACIÓN</b>	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D		
D Diario	S Semanal	Q Quincenal	M Mensual	B Bimensual	T Trimestral	C Semestral	N 9 Meses	A Anual	E 2 Años																																																

Fuente: Elaboración propia.





### **2.5.2 LISTADO DE PROCEDIMIENTOS DE TAREAS DE MANTENIMIENTO**

A continuación se realiza una descripción de los procedimientos que se han de seguir para el cumplimiento adecuado de las tareas de mantenimiento para cada una de las máquinas.

Antes de realización de estas tareas, hay que tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Bloquear todos los controles eléctricos antes de efectuar cualquier tipo de mantenimiento en la máquina.
- Asegurarse de que todos los controles manuales y automáticos estén apagados.
- Antes de dar servicio a los motores eléctricos bloquear todos los contactos eléctricos de la unidad.
- Si existe la posibilidad de que alguien pudiera tratar de operar la máquina, coloque una etiqueta de advertencia en todos los controles e interruptores a medida que los apague.
- Cada uno de los encargados de mantenimiento debe tener su propio candado con una sola llave.

Cuando se termine la reparación o el mantenimiento, asegurarse de que todas las herramientas y cualquier otro equipo sea retirado de la máquina y que las protecciones se han colocado de regreso en su lugar.

Avisar a todas las personas que tienen que ver con la máquina, que se va a poner en servicio nuevamente y asegurarse de que todos los empleados estén retirados a una distancia segura.

Si se colocó etiqueta de advertencia en los interruptores de control, dejarlas puestas mientras se sacan los candados y se vuelve a activar la máquina.

Cuando se esté seguro de que todo está funcionando adecuadamente, retirar las etiquetas y avisar a los otros empleados que la máquina está lista para su funcionamiento.

### **2.5.2.1 TORNOS MECÁNICOS Y CNC**

#### **➤ DIARIO:**

- Inspección visual de la bancada y estado de su lubricación.
- Lubricación de puntos accionando dos veces la aceitera manual.
- Lubricación de carros longitudinal, transversal y carro orientable o superior esparciendo por el área de contacto.
- Lubricación de cabezal móvil accionando la aceitera dos veces en cada punto.
- Verificar los niveles de aceite en el tablero del torno y caja de avance.
- Limpiar el área de trabajo del torno.
- Eliminar los desperdicios, trapos sucios de aceites o grasa que puedan arder con facilidad, acumulándolos en contenedores metálicos de seguridad.
- Una vez finalizada cualquier operación mecánica, antes de dejar el trabajo las virutas deben de ser retiradas con seguridad, utilizando cepillo con cerdas de nylon y unas escobillas de goma para las virutas húmedas y depositarlas en recipientes metálicos adecuadamente.

#### **➤ SEMANAL:**

- Limpiar el compartimiento donde se encuentran alojados los engranajes de cambio de lira, realizarlos con un cepillo con cerdas de nylon, y luego pasar un absorbente industrial.
- Limpieza de copa desmontando las mordazas utilizando un cepillo con cerdas de nylon.
- Realizar una limpieza especial repasando todos los partes externas e internas de la máquina.

#### **➤ MENSUAL:**

- Limpieza de la guía del tornillo de carro transversal utilizando una brocha para retirar virutas de los mecanizados.
- Limpieza y lubricación de cremallera principal del torno, aplicando lubricante en la cremallera principal.
- Ajuste de tuercas y tornillos en mecanismos y de la estructura de la máquina.
- Verificar ruidos y anomalías no percibidos en condiciones normales de funcionamiento.
- Verificar el nivel de lubricante en la bomba hidráulica.

#### **➤ SEMESTRAL:**

- Revisión de señales de voltaje de entrada y salida, comparándolos con las placas de los motores.
- Chequeo de contactores.
- Reparar conexiones eléctricas.

- Revisar y realizar el ajuste adecuado de las fajas.
- Revisión de switch de encendido realizando pruebas de encendido.

➤ **ANUAL:**

- Cambio de aceite.
- Análisis de aceite.
- Análisis de vibraciones de rodamientos.
- Revisión y limpieza del motor eléctrico.
- Revisión de nivel y precisión.
- Realizar una inspección anual de las velocidades de salida en rpm.

➤ **BIANUAL:**

- Pintura general de la máquina.

Para realizar el cambio de aceite y refrigerante se debe seguir la siguiente metodología:

➤ **CAMBIO DE ACEITE DE CAJA NORTON:**

- Retirar los tornillos de la tapa de la caja Norton.
- Colocar un recipiente antes de retirar el tapón del aceite.
- Realizar una inspección minuciosa del estado de los dientes de los engranajes y realizar un análisis del aceite retirado en el caso de ser requerido por el mantenimiento predictivo al igual que el estudio de vibraciones de rodamientos. Se realiza el lavado de piñones y carter en general con el aceite delgado.
- Al colocar nuevamente el tapón, se enrolla cinta teflón alrededor de la rosca y se ajusta suavemente.
- Se realiza el llenado del aceite en la caja Norton hasta el nivel indicado.
- Una vez que se ha depositado el aceite se debe colocar el empaque adecuado
- Finalmente se ajustan nuevamente los tornillos de la tapa de la caja Norton.

➤ **CAMBIO DE ACEITE DE CAJA DE AVANCE:**

- Retirar el tornillo de apertura por donde se verterá el aceite.
- Colocar un recipiente antes de retirar el tapón del aceite.
- Se realiza un lavado de la caja con aceite delgado y aire comprimido.
- Al colocar nuevamente el tapón, se enrolla cinta teflón alrededor de la rosca y se ajusta suavemente.
- Se realiza el llenado del aceite en la caja de avance hasta el nivel indicado.
- Finalmente se ajusta el tornillo de apertura.

➤ **CAMBIO DE REFRIGERANTE:**

- Se retiran los tornillos de la tapa de la bomba de lubricación.
- Se retiran la bomba y el depósito de refrigerante, el cual se lava adecuadamente y se abastece de refrigerante.
- Finalmente, se instala la bomba del refrigerante junto con su depósito. Se instala la tapa de protección y se ajustan los tornillos.

### **2.5.2.2 FRESA MECÁNICA Y CNC**

#### ➤ **DIARIO:**

- Antes del funcionamiento de la maquina se debe de llenar los recipientes de lubricación y operar las bombas a mano.
- Limpieza de la máquina realizada por el operario una vez terminada la jornada laboral. Se debe utilizar un cepillo.
- Inspección visual (ruidos, fugas de aceite y de líquido refrigerante, etc.).
- Comprobación del estado de las herramientas, labor realizada por el operario.

#### ➤ **SEMESTRAL:**

- Revisión y limpieza a tableros eléctricos.
- Medición de consumo de corriente. Se lleva a cabo con un multímetro y los valores obtenidos se comparan con los valores recomendados en la placa del motor.
- Seguir atentamente el funcionamiento de la máquina y al descubrir cualquier anomalía, corregir inmediatamente el defecto.
- Verificar el funcionamiento de la bomba de refrigerante, realizar limpieza del depósito y cambio si procede.

#### ➤ **ANUAL:**

- Revisión completa del grupo neumático/hidráulico e inspeccionar que sus ductos no estén tapados.
- Revisión completa de las herramientas de trabajo.
- Reparación de conexiones eléctricas.
- Reajuste de tornillos.
- Revisión del motor eléctrico y sus componentes.
- Revisión de niveles y precisión.
- Inspección de las velocidades de salida en rpm.
- Realizar análisis de vibraciones para determinar el estado de los rodamientos.
- Realizar análisis de aceite para analizar el desgaste de piezas.

#### ➤ **BIANUAL:**

- Pintado adecuado de la máquina.

### **2.5.2.3 INYECTORA MECÁNICA**

#### ➤ **DIARIO:**

- Revisión de la tolerancia de los acoplamientos y resistencia del cilindro.
- Limpieza de la máquina realizada por el operario una vez terminada la jornada laboral. Se debe utilizar un cepillo.
- Inspección visual (ruidos, fugas de aceite y de líquido refrigerante, etc.).
- Revisión del molde.

- **SEMANAL:**
  - Lubricación del sistema hidráulico.
  - Revisión del sistema de lubricación.
  - Limpieza del tornillo.
  
- **QUINCENAL:**
  - Revisión de los pernos inyectoros.
  
- **MENSUAL:**
  - Revisión filtros.
  - Limpieza del tablero eléctrico
    - Revisar las líneas de potencia del tablero, que se encuentren bien ajustados y bajas temperaturas.
    - Revisar el estado, buen contacto y la temperatura de los fusibles
    - Retirar la alimentación de la tarjeta, sacarla y revisar soldaduras y componentes
    - Limpiar el armario del tablero, evitando levantar excesivo polvo mediante una aspiradora
    - Rociar la cantidad de limpiador electrónico necesario para limpiar las tarjetas
    - Realizar la conexión con su ajuste respectivo
    - Encender el equipo y verifique el buen funcionamiento del tablero
  - Inspección de tuberías y mangueras. Si se detectan fugas detener el paso de agua. Desarme el tramo comprometido para inspeccionar las uniones roscadas y el interior
  
- **TRIMESTRAL:**
  - Verificar diámetros.
  - Comprobar el acoplamiento con el tornillo.
  - Cambio de rodamientos del eje transversal.
  
- **SEMESTRAL:**
  - Revisión del cable de alimentación y medición de consumo de corriente. Se lleva a cabo con un multímetro y los valores obtenidos se comparan con los valores recomendados en la placa del motor
  
- **ANUAL:**
  - Revisión y limpieza del motor eléctrico.
    - Tome la manguera del ducto de aire y proceda a retirar toda impureza en el compendio exterior del motor y conductos de ventilación.
    - Realice una inspección a los devanados, confrontando la resistencia del aislamiento de tal forma que no presenten grietas. Retirar la tapa superior.
    - Aplique aire comprimido en el interior e inspecciones humedad, moho, agua o partículas extrañas en su interior. Séquelo y límpielo si es necesario y protéjalo con una copa de barniza
    - Limpieza del depósito de aceite y refrigerante.

- **BIANUAL:**
  - Pintado adecuado de la máquina.

#### **2.5.2.4 TALADRO MECÁNICO**

- **DIARIO:**
  - Inspección visual (ruidos, fugas de aceite y de líquido refrigerante, etc.).
  - Eliminar las virutas y restos de medios refrigerantes. Utilizar para ello escobilla de mano y trapos de limpieza, de lo contrario se corre el peligro de cortarse.
  - Las piezas bruñidas de la maquina como por ejemplo el husillo de taladrado, las manecillas de mando, se deben limpiar y lubricar levemente.
- **SEMANAL:**
  - Inspeccionar los niveles de aceite.
  - Proporcionar aceite ó grasa a los lugares de lubricación según cronograma de mantenimiento.
  - Tras la lubricación se deben retirar las manchas de aceite y grasa del piso.
  - Raspar las ranuras de la mesa con una lámina apropiada para ello.
- **QUINCENAL:**
  - Probar la firmeza de la máquina.
  - Controlar el juego del husillo de taladrado. Eventualmente ajustar los cojinetes.
  - Controlar las poleas y correas de transmisión verificando el desgaste de estos.
- **MENSUAL:**
  - Lubricar la cremallera.
  - Comprobar el ajuste de los tornillos de fijación.
  - Probar la firmeza de la máquina.
  - Probar la conectividad de la transmisión y ajustar eventualmente.
  - Realizar limpieza del tablero eléctrico.
- **TRIMESTRAL:**
  - Controlar las conexiones eléctricas, asegurar los conductores de acometida.
- **SEMESTRAL:**
  - Controlar el juego del husillo de taladrado.
  - Ajustar rodamientos.
  - Revisión de engranajes.
  - Revisión del cable de alimentación y medición de consumo de corriente. Se lleva a cabo con un multímetro y los valores obtenidos se comparan con los valores recomendados en la placa del motor.
  - Asegurar los conductores de acometida.

➤ **ANUAL:**

- Revisión y limpieza del motor eléctrico y sus componentes.
- Inspección de las velocidades de salida en rpm.
- Limpiar el filtro de la bomba de refrigerante así como el depósito de refrigerante.

➤ **BIANUAL:**

- Pintado adecuado de la máquina.

### **2.5.3 PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA LA REALIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

Teniendo la información respecto a la planificación del mantenimiento, es importante aplicarla en forma ordenada por lo cual es recomendable seguir los siguientes pasos:

- Revisión constante de la planificación anual de mantenimiento de las diversas máquinas con el fin de identificar al equipo o equipos que les corresponde intervención de mantenimiento. Esta función debe ser realizada por el encargado del área de mantenimiento.
- Una vez identificadas las máquinas objeto de mantenimiento se debe generar una Orden de Trabajo (OT) (ver Figura N° 44) con el fin de realizar el seguimiento adecuado a las actividades programadas.
- Se debe adjuntar a la Orden de Trabajo la(s) actividad(es) de mantenimiento que se indican en el plan de mantenimiento.
- Asignar la actividad al responsable (o los responsables) de realizar la tarea.
- Finalizada la labor de mantenimiento se procederá al llenado de la orden de trabajo indicando claramente la tarea realizada especificando la duración de esta así como la fecha y horas de culminación.
- Finalmente, la orden de trabajo debe ser devuelta al encargado del área de mantenimiento con el fin de realizar el llenado del historial de la máquina intervenida (ver Figura N° 43).

## 2.6 ÍNDICES DE MANTENIMIENTO PROPUESTOS A LA EMPRESA

Los índices de mantenimiento nos permiten medir la condición de un proceso proporcionándonos un panorama de la situación.

No es necesario tener bajo control continuo muchos indicadores, sino sólo los más importantes, “los claves”.

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:

### 2.6.1 TIEMPO PROMEDIO PARA FALLAR (TPPF)

Se refiere al tiempo promedio que es capaz de operar un equipo a capacidad requerida sin interrupciones dentro del periodo considerado del estudio.

**Tabla N° 39.** Tabla de índice de tiempo promedio para fallar.

		INDICES DE MANTENIMIENTO					
Objetivo:	Determinar 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		$TPPF = \frac{\text{Horas Operadas}}{\text{Número de Fallos}}$	H			
				Bueno			
				Regular			
				Malo			
Resultado Mensual del Análisis							
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio		
Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		

**Fuente:** Elaboración propia.

### 2.6.2 TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (TPPR).

Se refiere al tiempo promedio en que puede ser reparado un equipo. Se entiende como horas de fallos, el tiempo en horas que transcurre desde que el equipo falló, hasta que el equipo es nuevamente puesto en servicio. Es decir, las horas de fallos se consideran igual al tiempo para reparar.

**Tabla N° 40.** Tabla de índice de tiempo promedio para reparar.

 INDICES DE MANTENIMIENTO 						
Objetivo:	Determinar el tiempo promedio de funcionamiento de un equipo sin interrupciones					
Responsable:	Jefe de mantenimiento					
Actualización	Mensual					
Indicador	Periodo	Código de Máquina	Fórmula	Metas		
				Unidad	Mes	Mes
% de tiempo promedio para reparar	Mensual		$TPPR = \frac{\text{Horas de Fallos}}{\text{Número de Fallos}}$	Hora		
				Bueno		
				Regular		
				Malo		
Resultado Mensual del Análisis						
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	
Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	

**Fuente:** Elaboración propia.

### 2.6.3 DISPONIBILIDAD (D).

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.

**Tabla N° 41.** Tabla de índice de disponibilidad.

 INDICES DE MANTENIMIENTO 						
Objetivo:	Determinar 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 reparar	Mensual		$D = \frac{TPPF}{TPPF + TPPR} \times 100$	%		
				Bueno		
				Regular		
				Malo		
Resultado Mensual del Análisis						
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	
Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	

**Fuente:** Elaboración propia.

## **2.7 COSTOS DE MANTENIMIENTO**

Para el análisis de los gastos de mantenimiento, se realiza una comparación entre los costos de mantenimiento que se han generado el año 2014 frente los costos que se tendrán después de la ejecución del plan de mantenimiento preventivo y predictivo.

### **2.7.1 COSTOS DE MANTENIMIENTO DURANTE EL AÑO 2014**

Para este análisis se solicitó al contador de la empresa Fagoma S.A.C. los costos fijos, variables, financieros y de fallos de mantenimiento generados durante el año 2014.

También se deben considerar las pérdidas por paradas imprevistas debidas a diversas fallas de las máquinas. La empresa no cuenta con registros sobre la cantidad, tiempo y frecuencia de las fallas presentadas ni el efecto ocasionado sobre la producción, debido a lo cual se realiza una estimación basados en la información existente y con ayuda de la experiencia del personal que labora en el área de producción.

Con esta información se realizaron las siguientes tablas.

**Tabla N° 42.** Tabla de mano de obra dentro del taller  $C_{1a}$ .

Mes	Costos del año 2014 S/.
Enero	525.00
Febrero	525.00
Marzo	525.00
Abril	525.00
Mayo	525.00
Junio	525.00
Julio	525.00
Agosto	525.00
Setiembre	525.00
Octubre	525.00
Noviembre	525.00
Diciembre	525.00
<b>TOTAL</b>	<b>6300.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla N° 43.** Tabla de mano de obra externa  $C_{2a}$ .

Mes	Costos del año 2014 S/.
Enero	599.04
Febrero	486.00
Marzo	471.54
Abril	252.96
Mayo	163.92
Junio	242.88
Julio	172.81
Agosto	212.72
Setiembre	558.31
Octubre	134.40
Noviembre	382.96
Diciembre	148.22
<b>TOTAL</b>	<b>3825.78</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla N° 44.** Tabla de insumos de mantenimiento  $C_{3a}$ .

Mes	Costos del año 2014 S/.
Enero	1188.75
Febrero	941.41
Marzo	1317.33
Abril	637.17
Mayo	1723.39
Junio	779.36
Julio	581.86
Agosto	797.78
Setiembre	531.84
Octubre	274.98
Noviembre	575.78
Diciembre	197.61
<b>TOTAL</b>	<b>9547.26</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 45.** Tabla de máquinas en paralelo  $C_{3b}$ .

Mes	Costos del año 2014 S/.
Enero	0
Febrero	0
Marzo	0
Abril	0
Mayo	0
Junio	0
Julio	0
Agosto	0
Setiembre	0
Octubre	0
Noviembre	0
Diciembre	0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 46.** Tabla de costos de averías imprevistas  $C_{4a}$ .

Mes	Costos del año 2014 S/.
Enero	Incluido en $C_{2a}$
Febrero	Incluido en $C_{2a}$
Marzo	Incluido en $C_{2a}$
Abril	Incluido en $C_{2a}$
Mayo	Incluido en $C_{2a}$
Junio	Incluido en $C_{2a}$
Julio	Incluido en $C_{2a}$
Agosto	Incluido en $C_{2a}$
Setiembre	Incluido en $C_{2a}$
Octubre	Incluido en $C_{2a}$
Noviembre	Incluido en $C_{2a}$
Diciembre	Incluido en $C_{2a}$
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 47.** Tabla de costos de paro en el valor  
hora máquina  $C_{4b}$ .

Mes	Costos del año 2014 S/.
Enero	675.00
Febrero	675.00
Marzo	675.00
Abril	675.00
Mayo	675.00
Junio	675.00
Julio	675.00
Agosto	675.00
Setiembre	675.00
Octubre	675.00
Noviembre	675.00
Diciembre	675.00
<b>TOTAL</b>	<b>8100.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 48.** Tabla de costos de paro en el valor hora hombre  $C_{4c}$ .

Mes	Costos del año 2014 S/.
Enero	168.75
Febrero	168.75
Marzo	168.75
Abril	168.75
Mayo	168.75
Junio	168.75
Julio	168.75
Agosto	168.75
Setiembre	168.75
Octubre	168.75
Noviembre	168.75
Diciembre	168.75
<b>TOTAL</b>	<b>2025.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 49.** Tabla de costos de pérdida de materia prima  $C_{4d}$ .

Mes	Costos del año 2014 S/.
Enero	Sin registro
Febrero	Sin registro
Marzo	Sin registro
Abril	Sin registro
Mayo	Sin registro
Junio	Sin registro
Julio	Sin registro
Agosto	Sin registro
Setiembre	Sin registro
Octubre	Sin registro
Noviembre	Sin registro
Diciembre	Sin registro
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 50.** Tabla de costos de pérdida de producto por diversas causas  $C_{4e}$ .

Mes	Costos del año 2014 S/.
Enero	Sin registro
Febrero	Sin registro
Marzo	Sin registro
Abril	Sin registro
Mayo	Sin registro
Junio	Sin registro
Julio	Sin registro
Agosto	Sin registro
Setiembre	Sin registro
Octubre	Sin registro
Noviembre	Sin registro
Diciembre	Sin registro
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 51.** Tabla de costos por daños al medio ambiente  $C_{4f}$ .

Mes	Costos del año 2014 S/.
Enero	0
Febrero	0
Marzo	0
Abril	0
Mayo	0
Junio	0
Julio	0
Agosto	0
Setiembre	0
Octubre	0
Noviembre	0
Diciembre	0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 52.** Tabla de costos por accidentes del personal  $C_{4g}$ .

Mes	Costos del año 2014 S/.
Enero	0
Febrero	0
Marzo	0
Abril	0
Mayo	0
Junio	0
Julio	0
Agosto	0
Setiembre	0
Octubre	0
Noviembre	0
Diciembre	0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos obtenidos procedemos a calcular los costos fijos, variables, financieros y de fallas.

- $C_1 = C_{1a} = 6300.00$
- $C_2 = C_{2a} = 3825.78$
- $C_3 = C_{3a} + C_{3b} = 9547.26 + 0 = 9547.26$
- $C_4 = C_{4a} + C_{4b} + C_{4c} + C_{4d} + C_{4e} + C_{4f} + C_{4g}$   
 $C_4 = 0 + 8100.00 + 2025.00 + 0 + 0 + 0 + 0$   
 $C_4 = 10125.00$

La sumatoria de estos cuatro costos nos permite conocer el costo total de mantenimiento que se ha producido durante el año 2014 el cual se ha dado antes de la implementación del plan de mantenimiento preventivo y predictivo propuesto.

$$CTM = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$

$$CTM = 6300.00 + 3825.78 + 9547.26 + 10125.00$$

$$CTM = 29798.04 \text{ nuevos soles}$$

### **2.7.2 COSTOS DEL MANTENIMIENTO A IMPLEMENTARSE DURANTE EL AÑO 2015**

En este punto, proyectaremos los costos que se tendrían una vez implementados los planes de mantenimiento preventivo y predictivo en la empresa Fagoma S.A.C.

Los costos a tomar en cuenta para el año 2015 serán los mismos que aquellos costos analizados en el año 2014 de los cuales se tenía alguna información, esto con el fin de poder realizar una comparación más certera entre estos dos años.

**Tabla N° 53.** Tabla de mano de obra dentro del taller  $C_{1a}$ .

Mes	Costos del año 2015 S/.
Enero	262.50
Febrero	262.50
Marzo	262.50
Abril	262.50
Mayo	262.50
Junio	262.50
Julio	262.50
Agosto	262.50
Setiembre	262.50
Octubre	262.50
Noviembre	262.50
Diciembre	262.50
<b>TOTAL</b>	<b>3150.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla N° 54.** Tabla de mano de obra externa  $C_{2a}$ .

Mes	Costos del año 2015 S/.
Enero	
Febrero	
Marzo	
Abril	
Mayo	
Junio	1100.00
Julio	
Agosto	
Setiembre	
Octubre	
Noviembre	
Diciembre	1100.00
<b>TOTAL</b>	<b>2200.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 55.** Tabla de insumos de mantenimiento  $C_{3a}$ .

Mes	Costos del año 2015 S/.
Enero	779.18
Febrero	779.18
Marzo	779.18
Abril	779.18
Mayo	779.18
Junio	779.18
Julio	779.18
Agosto	779.18
Setiembre	779.18
Octubre	779.18
Noviembre	779.18
Diciembre	779.18
<b>TOTAL</b>	<b>9350.17</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 56.** Tabla de máquinas en paralelo  $C_{3b}$ .

Mes	Costos del año 2015 S/.
Enero	0
Febrero	0
Marzo	0
Abril	0
Mayo	0
Junio	0
Julio	0
Agosto	0
Setiembre	0
Octubre	0
Noviembre	0
Diciembre	0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 57.** Tabla de costos de averías imprevistas  $C_{4a}$ .

Mes	Costos del año 2015 S/.
Enero	0
Febrero	0
Marzo	0
Abril	0
Mayo	0
Junio	0
Julio	0
Agosto	0
Setiembre	0
Octubre	0
Noviembre	0
Diciembre	0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 58.** Tabla de costos de paro en el valor hora máquina  $C_{4b}$ .

Mes	Costos del año 2015 S/.
Enero	270.00
Febrero	270.00
Marzo	270.00
Abril	270.00
Mayo	270.00
Junio	270.00
Julio	270.00
Agosto	270.00
Setiembre	270.00
Octubre	270.00
Noviembre	270.00
Diciembre	270.00
<b>TOTAL</b>	<b>3240.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 59.** Tabla de costos de paro en el valor hora hombre  $C_{4c}$ .

Mes	Costos del año 2015 S/.
Enero	67.50
Febrero	67.50
Marzo	67.50
Abril	67.50
Mayo	67.50
Junio	67.50
Julio	67.50
Agosto	67.50
Setiembre	67.50
Octubre	67.50
Noviembre	67.50
Diciembre	67.50
<b>TOTAL</b>	<b>810.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 60.** Tabla de costos de pérdida de materia prima  $C_{4d}$ .

Mes	Costos del año 2015 S/.
Enero	0
Febrero	0
Marzo	0
Abril	0
Mayo	0
Junio	0
Julio	0
Agosto	0
Setiembre	0
Octubre	0
Noviembre	0
Diciembre	0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 61.** Tabla de costos de pérdida de producto por diversas causas  $C_{4e}$ .

Mes	Costos del año 2015 S/.
Enero	0
Febrero	0
Marzo	0
Abril	0
Mayo	0
Junio	0
Julio	0
Agosto	0
Setiembre	0
Octubre	0
Noviembre	0
Diciembre	0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 62.** Tabla de costos por daños al medio ambiente  $C_{4f}$ .

Mes	Costos del año 2015 S/.
Enero	0
Febrero	0
Marzo	0
Abril	0
Mayo	0
Junio	0
Julio	0
Agosto	0
Setiembre	0
Octubre	0
Noviembre	0
Diciembre	0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla N° 63.** Tabla de costos por accidentes del personal  $C_{4g}$ .

Mes	Costos del año 2015 S/.
Enero	0
Febrero	0
Marzo	0
Abril	0
Mayo	0
Junio	0
Julio	0
Agosto	0
Setiembre	0
Octubre	0
Noviembre	0
Diciembre	0
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Con los datos obtenidos procedemos a calcular los costos fijos, variables, financieros y de fallas proyectados para el año 2015.

$$\text{➤ } C_1 = C_{1a} = 3150.00$$

$$\text{➤ } C_2 = C_{2a} = 2200.00$$

$$\text{➤ } C_3 = C_{3a} + C_{3b} = 9350.17 + 0 = 9350.17$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } C_4 &= C_{4a} + C_{4b} + C_{4c} + C_{4d} + C_{4e} + C_{4f} + C_{4g} \\ C_4 &= 0 + 3240.00 + 810.00 + 0 + 0 + 0 + 0 \\ C_4 &= 4050.00 \end{aligned}$$

La sumatoria de estos cuatro costos nos permite conocer el costo total de mantenimiento proyectado para el año 2015 luego de la implementación del plan de mantenimiento preventivo y predictivo propuesto.

$$CTM = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$

$$CTM = 3150.00 + 2200.00 + 9350.17 + 4050.00$$

$$CTM = 18750.17 \text{ nuevos soles}$$

### **2.7.3 COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE EL AÑO 2014 Y LA PROYECCIÓN PARA EL AÑO 2015**

Luego de realizar el análisis de costos para los años 2014 y 2015, realizamos una comparación de los resultados obtenidos con el fin de obtener el beneficio económico que resultará luego de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo y predictivo propuesto a la empresa Fagoma S.AC.

**Tabla N° 64.** Tabla de costos de los años 2014 y 2015

<b>Año</b>	<b>Costos de Mantenimiento S/.</b>
2014	29798.04
2015	18750.17
<b>Ahorro</b>	<b>11047.87</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

Podemos observar que el ahorro que se obtendrá es de S/. 11047.87 nuevos soles lo que representa un beneficio del **37.08%**.



## CONCLUSIONES

1. La aplicación del plan de mantenimiento preventivo y predictivo permitirá reducir los paros productivos y un ahorro del 37.08 %, dato obtenido al comparar los costos de mantenimiento del año 2014 frente a los costos proyectados para el año 2015.
2. Aplicando la metodología de análisis de criticidad se determinó que las máquinas con la mayor criticidad son las CNC, resultado que es acorde con el criterio del personal administrativo y técnico. Este análisis nos permite decidir por un plan de mantenimiento predictivo para las máquinas CNC, un plan preventivo para las máquinas de mediana criticidad y un plan correctivo para las máquinas de baja o nula criticidad.
3. Una vez analizada la información recopilada a través de las encuestas aplicadas al personal administrativo y técnico, se concluye que la empresa Fagoma S.A.C. aplica un mantenimiento correctivo, el cual no es el adecuado a las condiciones y necesidades que se buscan, ya que presenta deficiencias importantes 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.
4. El análisis de la producción de la empresa mostró que el maquinado y la inyección representan un 85%, aproximadamente, de la producción mensual de la empresa.
5. Se formula un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la empresa Fagoma S.A.C. alcanzando el objetivo del presente trabajo. Para el correcto funcionamiento del plan de mantenimiento y debido a que la empresa no cuenta con formatos de control de mantenimiento, es que se proponen formatos de órdenes de trabajo e historiales de máquinas y se elaboran tablas de actividades anuales para cada máquina los cuales permitirán un manejo adecuado, ordenado y detallado de la información permitiendo realizar una buena gestión de mantenimiento.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda implementar el presente plan de mantenimiento para lograr una reducción de las pérdidas por fallas lo que permitirá mejorar la producción de la empresa.
2. Se recomienda utilizar la codificación propuesta la cual permitirá la identificación y ubicación rápida de las máquinas lo que ayudará a una correcta aplicación del plan de mantenimiento propuesto.
3. El plan propuesto puede admitir la implementación de un software de mantenimiento que ayude a la organización, registro y control de las actividades de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo realizados en las máquinas de la empresa.
4. Iniciar el control del mantenimiento con la implementación de los índices propuestos los cuales se deben aplicar por lo menos cada seis meses. La información proporcionada por estos índices permitirá tener un mantenimiento en mejora continua.
5. Debe darse un seguimiento continuo al personal encargado del mantenimiento con el fin de tener la certeza que las tareas de mantenimiento se llevan a cabo correctamente siguiendo estrictamente lo indicado en el plan de mantenimiento.
6. Es importante planificar cursos de capacitación y concientización para el personal administrativo y técnico, con el fin de sensibilizarlos en cuanto la importancia del mantenimiento dentro de la empresa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ARMENDOLA, Luis, “Organización y Gestión del Mantenimiento”, Valencia, España. Ed. Ediciones y Marketing S.L. 2008.
- BERMÚDEZ, Lilia, “Investigación en la Gestión Empresarial”, Bogotá, Colombia. Ecoe. Ediciones. 2013.
- CÁCERES, Joaquín, “Mantenimiento Preventivo de Máquinas”, Lima, Perú. Ed. SENATI. 2007.
- COX Louis Anthony. “What’s Wrong With Risk Matrices?”. Risk Analysis, Vol. 28 N° 2. 2008.
- GARCIA Javier. “Mejora en la Confiabilidad de las Plantas de Generación de Energía Eléctrica: Desarrollo de una Metodología de Gestión de Mantenimiento Basado en el Riesgo (RBM)”. Tesis Madrid, España. Universidad Pontificia Comillas. 2004.
- GARCIA Santiago. “Organización y Gestión Integral del Mantenimiento”. Madrid, España. Ediciones Díaz de Santos S.A. 2003.
- GONZALES Francisco. “Auditoria del Mantenimiento e Indicadores de Gestión”. Madrid, España. FC Editorial. 2004.
- KNEZEVIC, Jezdimir, “Mantenimiento”, Madrid, España. Ed. Isdefe. 1996.
- KNEZEVIC, Jezdimir, “Mantenibilidad”, Madrid, España. Ed. Isdefe. 1996.
- LARBURU, Nicolas, “Máquinas Prontuario Técnicas Máquinas Herramientas”, Madrid, España. Ed. Paraninfo S.A. 2001.
- LOARCA Raúl. “Actualización del Programa de Mantenimiento Preventivo Para la Línea de Tornos Convencionales de la Empresa Maquinados Precisos”. Tesis. Guatemala. Universidad San Carlos. 2007.
- MARSHALL INSTITUTE, “Auditoria del Mantenimiento”, Estados Unidos de América.
- MORA Alberto. “Mantenimiento, Industrial Efectivo”. COLDI. 1ra. Ed. Colombia. 2012.
- MOUBRAY, John, “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad”, North Carolina, USA. Ed. Aladon LLC. 2004.

- NAVARRO, Luis, “Gestión Integral de Mantenimiento”, Barcelona, España. Ed. Marcomo S.A. 1997.
- PESÁNTEZ Alvaro. “Elaboración de un Plan de mantenimiento Predictivo y Preventivo en Función de la Criticidad de los Equipos del Proceso Productivo de una Empresa Empacadora de Camarón”. Tesis. Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 2007.
- SISTEMA DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL. “Metodología Análisis de Criticidad (AC)”. Guía de Aprendizaje. Aprendizaje Virtual. México. 2013.

### **REFERENCIAS DE TESIS**

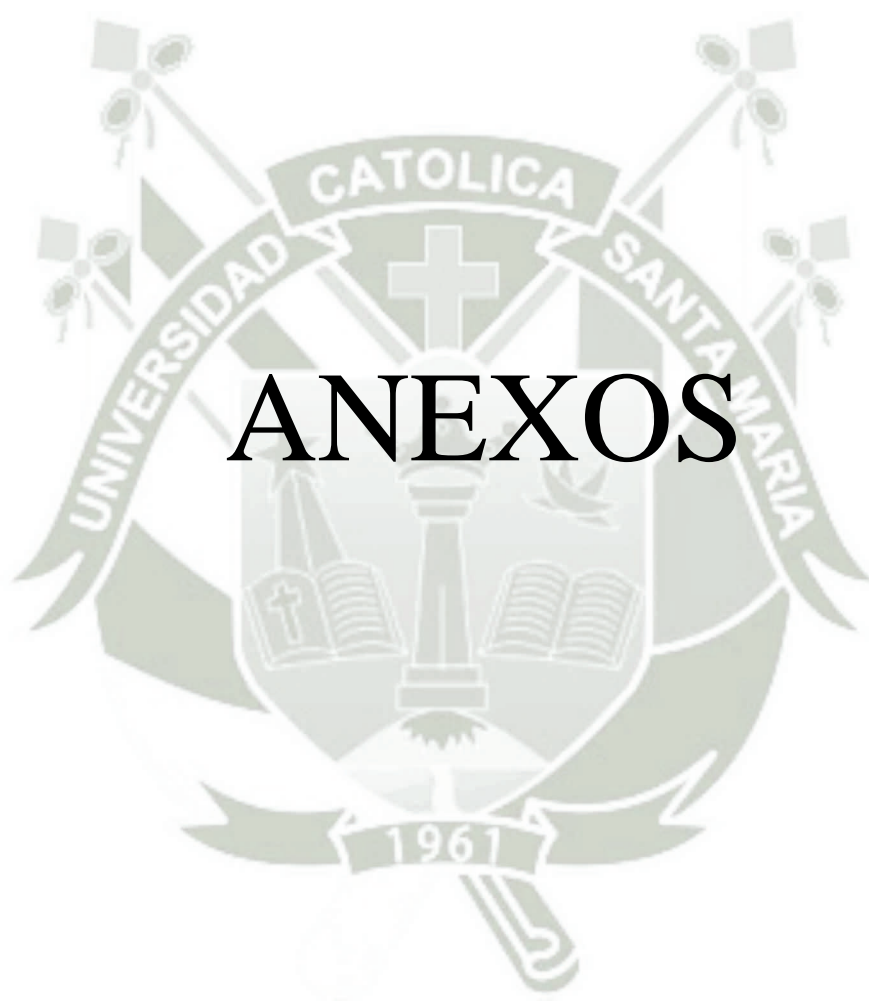
- AMADOR, Luis. “*Diseño de un Plan de Mantenimiento Predictivo Para la Flota de Equipos Pesados de la Gerencia de PMH de la Empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A*”. Tesis. Puerto Ordaz, Venezuela. Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre. 2012.
- CANTORAL Harry. “Propuesta de un Plan de Mantenimiento Preventivo Para la Industria de Café Quetzal”. Tesis Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 2009
- RUIZ, Adriana. “Modelo Para la Implementación de Mantenimiento Predictivo en las Facilidades de Producción de Petróleo”. Tesis. Bucaramanga, Colombia. Universidad Industrial de Santander. 2012.
- VALDIVIA, Juan. “Optimización del Procedimiento de Trabajo para Reducción de la Necesidad de Mantenimiento en Tornos CNC”. Tesis. Lima, Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2011.

### **REFERENCIAS DE PAGINAS WEB**

- REGAL PROVEEDOR INDUSTRIAL. Plastico-maquinado México [Internet]. México. Regal Proveedor Industrial, 2014 [consulta el 22 de enero del 2015]. Disponible en: [www.regalmex.com/plastico-maquinado/](http://www.regalmex.com/plastico-maquinado/).

- TEXTOS CIENTÍFICOS. Polietileno [Internet]. Textos Científicos, 2009 [consulta el 22 de enero del 2015]. Disponible en: [www.textoscientificos.com/polimeros/polietileno](http://www.textoscientificos.com/polimeros/polietileno).
- UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. Metales Colombia [Internet]. Pereira. UTP, 2013 [consulta el 22 de enero del 2015]. Disponible en: [www.utp.edu.com](http://www.utp.edu.com).





# ANEXOS



# ANEXO A

# PLAN DE TESIS

# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

## UNIDAD DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO



### Plan de Tesis

## “DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PREDICTIVO PARA LA EMPRESA FAGOMA S.A.C. AREQUIPA 2014”

Presentado por:

Bachiller en Ing. Mecánica **CÁCERES  
NÚÑEZ, Augusto Emilio Carlos** para  
optar el Grado de **Magister en Ingeniería  
de Mantenimiento.**

AREQUIPA – PERU

2014

## PREÁMBULO

La función del mantenimiento ha evolucionado como consecuencia de la creciente prioridad de la optimización productiva, desde un servicio para solucionar fallas en los equipos hasta el de constituirse en un departamento de ingeniería que planea las actividades con criterios tecnológicos, administrativos y económicos que le permiten participar en las decisiones estratégicas de la organización.

La aparición de fallos y averías en los componentes de una instalación, trae consigo la disminución de los beneficios que pudieran derivarse del proceso productivo en cuestión. Aquellas averías que dan lugar a la indisponibilidad del proceso, provocan una merma de ingresos y, así mismo, originan un incremento de los costos de explotación, ya que, como mínimo, habrá que reparar o sustituir el equipo averiado y, en el peor de los casos, deberán pagarse unas importantes indemnizaciones por los posibles daños ocasionados a terceros.

En los tiempos actuales, el clima de transformaciones imperante en el ámbito mundial, la demanda de mayores volúmenes de productos, con requisitos de calidad cada vez más exigentes, han obligado a las empresas a establecer una política de explotación intensiva de la maquinaria industrial. No obstante, a pesar de someter a las plantas a regímenes de funcionamiento cada vez más intensos, las actividades relacionadas con el mantenimiento industrial siguen siendo consideradas como labores de segundo orden. La función del mantenimiento se reduce a tratar de restablecer lo antes posible el funcionamiento de las máquinas cuando se producen las averías. Se busca de esta manera contener, en la medida de las posibilidades las pérdidas ocasionadas por la interrupción de la actividad productiva, que se agrava a medida que se extiende el tiempo de inactividad.

Debido a esto, vemos que el mantenimiento en sus variantes de correctivo, preventivo y predictivo, influye en sobremanera en el resto de los elementos de confiabilidad de un dispositivo pasando a ser del “mal necesario” de la producción a convertirse en un “factor clave” de la competitividad y la productividad. Últimamente los conceptos de

mantenimiento han ido evolucionando, para la década de los 80's se conocía la Gestión de Mantenimiento, ya en los '90 se desarrolló el concepto de Gestión de Activos, en la actualidad ya se está hablando de Gestión de Confiabilidad, así como del TPM.

Por lo tanto, el enfoque principal del presente trabajo está fundamentado en la situación actual de lo que es el mantenimiento correctivo dentro de la empresa Fagoma S.A.C. que basado en un diagnóstico general, donde se encontraron fortalezas, debilidades y oportunidades, han permitido enfocar y proyectar de una manera técnico profesional un mantenimiento preventivo y predictivo que conlleven como objetivo fundamental minimizar los paros en el proceso productivo de la empresa a causa de mantener actualmente un tipo de mantenimiento de tipo correctivo y que por falta de previsión en el mantenimiento de la maquinaria y equipo como: engrase, lubricación, cambios de repuestos oportunamente, falta de stock, planificación, coordinación, capacitación al personal y un canal de comunicación adecuado a la alta gerencia, etc. provocan directa e indirectamente paros en el proceso de producción.

Conociendo la complejidad y características propias de cada máquina o equipo que forman parte del proceso productivo dentro de la empresa, se determinaron los puntos clave de mantenimiento preventivo y predictivo, lo que conllevó a elaborar rutinas de mantenimiento propias en cada máquina en la cual consiste en determinar aspectos importantes como: ¿qué se va hacer?, ¿cada cuánto se debe de hacer?, ¿dónde se va hacer?, ¿qué se debe de utilizar?, ¿cómo se debe de hacer?, entre otras y de esta manera tener una apreciación más objetiva, más realista del procedimiento para el mantenimiento de cada máquina y/o equipo.

## CAPITULO II

### PLANTEAMIENTO TEÓRICO DE INVESTIGACIÓN

#### 2. PLANTEAMIENTO TEORICO.

##### 2.1. PROBLEMA.

###### 2.1.1. ENUNCIADO.

“Diseño de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la empresa Fagoma S.A.C. Arequipa 2014.”

##### 2.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

En los últimos años el mantenimiento ha evolucionado como consecuencia de la creciente prioridad de la optimización productiva, desde un servicio para solucionar fallas en los equipos hasta el de constituirse en un departamento de ingeniería que planea las actividades con criterios tecnológicos, administrativos y económicos que le permiten participar en las decisiones estratégicas de la organización.

En la actualidad, la empresa Fagoma S.A.C viene aplicando un mantenimiento inadecuado, debido a que nunca ha tenido un cronograma definido de los mantenimientos a realizarse, es más, en la mayoría de los casos se espera a que ocurra alguna acción fuera de lo normal para realizar un chequeo o un mantenimiento teniendo como consecuencia el respectivo daño o parada de la máquina.

Tomando en cuenta esto, la empresa Fagoma S.A.C. ha decidido diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para con esto evitar paros innecesarios y prolongar la vida útil de todas las máquinas con las que cuenta logrando tener una estrategia fiable.

### 2.2.1. CAMPO, ÁREA Y LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.

**Tabla N° 65.** Campo, área y línea de investigación.

<b>Campo</b>	Ciencias
<b>Área</b>	Ingenierías
<b>Línea</b>	Gestión de Mantenimiento
<b>Aspectos</b>	Mantenimiento preventivo y predictivo

Fuente: Elaboración propia.

### 2.2.2. TIPO DE PROBLEMA.

Descriptivo.

### 2.2.3. ANÁLISIS DE VARIABLES.

#### 2.2.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.

Diagnóstico de mantenimiento en el área de producción.

#### 2.2.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE.

Diseño del plan de mantenimiento preventivo y predictivo.

### 2.2.4. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.

**Tabla N° 66.** Cuadro de operacionalización de variable independiente.

CONCEPTUAL		OPERACIONAL	
CONCEPTO	DIMENSION	INDICADOR	TECNICA E INSTRUMENTO
El diagnóstico del mantenimiento aplicado al área de producción de la empresa Fagoma S.A.C. está asociado con el estado de su infraestructura, equipamiento y su funcionamiento operativo para lo cual se estudiarán las diversas fallas, las causas que las ocasionan, los efectos que producen y las acciones adoptadas frente a estas.	Diagnóstico del área de producción de la empresa Fagoma S.A.C.	Análisis de la formulación y gestión del área de producción de la empresa Fagoma S.A.C.	Observación y cuestionario a los encargados de mantenimiento.
	Funciones de las máquinas del área de producción	Análisis de los trabajos de mantenimiento realizados a las máquinas del área de producción.	Observación y cuestionario.
	Importancia de cada una de las máquinas.	Análisis de la criticidad de las máquinas.	Observación y cuestionario.
	Fallas en su funcionamiento.	Análisis de los medidores de fallas.	Observación y cuestionario.
	Causas de las fallas.	Entender las causas de fallas.	Observación y cuestionario.
	Efectos de las fallas.	Entender los efectos causados por las fallas.	Observación y cuestionario.
	Prevención y predicción de fallas..	Entender las acciones aplicadas frente a las fallas.	Observación y cuestionario.

propia.

**Tabla N° 67.** Cuadro de operacionalización de variable dependiente.

CONCEPTUAL		OPERACIONAL	
CONCEPTO	DIMENSION	INDICADOR	TECNICA E INSTRUMENTO
La gestión adecuada de un mantenimiento constante conlleva a la implementación de la metodología de los mantenimientos Preventivo y Predictivo con lo cual se puede dar respuesta a las necesidades del área de producción de la empresa Fagoma S.A.C.	Condición estratégica de las máquinas.	Entendimiento, evaluación y aceptación de propuesta.	Observación y cuestionario a los encargados de mantenimiento.
	Análisis principales de problemas de mantenimiento.	Cálculo de los principales indicadores de mantenimiento.	Observación y cuestionario a los encargados de mantenimiento.
	Aplicación del mantenimiento Preventivo y Predictivo.	Entendimiento de las estrategias adecuadas para la instalación del mantenimiento Preventivo y Predictivo.	Observación y cuestionario.
	Articulación de procesos y procedimientos.	Instalación de procesos y procedimientos.	Observación y cuestionario.

1  
ión propia.

### 2.2.5. INTERROGANTE BÁSICA.

- ¿Es posible diseñar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la empresa Fagoma S.A.C.?

## 2.3. ANTECEDENTES.

### 2.3.1. INVESTIGACIONES INTERNACIONALES.

Tesis de Maestría: “*Actualización del Programa de Mantenimiento Preventivo Para la Línea de Tornos Convencionales de la Empresa Maquinados Precisos*”<sup>6</sup>  
 Tesista: Raúl Eduardo Loarca Velásquez. Universidad de San Carlos – Guatemala.

El presente trabajo fortalece la gestión del mantenimiento de la micro y pequeña empresa y sirve de guía para desarrollar un programa de mantenimiento preventivo a los equipos de producción.

La investigación se realizó en las instalaciones de la micro empresa Maquinados Precisos cuyas actividades se realizan en el campo metal-mecánico, el objetivo

<sup>6</sup> LOARCA Raúl. “*Actualización del Programa de Mantenimiento Preventivo Para la Línea de Tornos Convencionales de la Empresa Maquinados Precisos*”. Tesis. Guatemala. Universidad San Carlos. pp.1-36.

principal fue actualizar el programa de mantenimiento preventivo que se había diseñado anteriormente.

Esta empresa proporciona el servicio de maquinado de repuestos a varias empresas de prestigio del su medio que exportan, por lo tanto, el objetivo general, fue diseñar un plan de mantenimiento preventivo profesional, económico y que garantice la disponibilidad del equipo, para responder a las exigencias de los clientes.

Se hace uso de esta tesis como documento de consulta por los motivos siguientes:

- Es una investigación realizada en una pequeña empresa dedicada al rubro de metalmecánica.
- Brinda una guía adecuada para la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo a máquinas herramientas.
- Tiene como objetivos principales elevar la confiabilidad de los equipos, incrementar la disponibilidad de estos con lo cual se logra reducir los retrasos de la producción.

Tesis de Maestría: ***“Diseño de un Plan de Mantenimiento Predictivo Para la Flota de Equipos Pesados de la Gerencia de PMH de la Empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A.”***<sup>7</sup> Tesista: Luis E. Amador C. Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre – Puerto Ordaz Venezuela.

El siguiente trabajo de investigación presenta el Diseño de un Plan de Mantenimiento Predictivo para la Flota de Equipos Pesados de la Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro (P.M.H.) de la Empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A., éste se desarrolló inicialmente analizando estadísticamente la gestión de mantenimiento del Taller de Equipos Pesados, en función del número de fallas y demoras presentadas por los equipos en un período de 9 meses, determinando de esta manera la disponibilidad, confiabilidad y criticidad de éstos.

El plan de mantenimiento predictivo basado en el análisis del aceite utilizado proporciona indirectamente la condición de los equipos en relación a los sistemas

---

<sup>7</sup> AMADOR Luis. ***“Diseño de un Plan de Mantenimiento Predictivo Para la Flota de Equipos Pesados de la Gerencia de PMH de la Empresa C.V.G. Ferrominera Orinoco C.A.”***. Tesis. Puerto Ordaz Venezuela. Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre. pp.1-92.

hidráulicos, tren de potencia y motor diesel, permitiendo controlar los niveles de contaminación y desgaste de los componentes y determinando el período de reemplazo de las partes asociadas al problema.

Hacemos uso del siguiente material como consulta debido a las siguientes razones:

- La investigación realizada sirve como una valiosa ayuda en la implementación de un Mantenimiento Predictivo.
- Hace uso del análisis de aceites para determinar la condición de los equipos permitiendo determinar el momento adecuado de reemplazo de las piezas de las máquinas.

### **2.3.2. INVESTIGACIONES NACIONALES.**

Tesis Profesional: *“Optimización del Procedimiento de Trabajo Para Reducción de la Necesidad de Mantenimiento en Tornos CNC”*<sup>8</sup> Tesista: Juan Martín Tadeo Valdivia Álvarez. Pontificia Universidad Católica – Lima Perú.

El presente trabajo presenta la oportunidad de mejora mediante la reducción de los tiempos de mantenimiento realizados en los tornos de CNC. Estos tiempos de mantenimiento generan un costo muy alto, al ser tiempos improductivos, en los cuales la línea tiene que parar, ya que no se tienen máquinas alternativas que posean el mismo grado de precisión y acabado que tienen los tornos CNC.

Antes de realizar las propuestas de mejora, se determinó la probabilidad de falla en estos tornos, para poder conocer con lo que se tendrá que lidiar. Se analizaron resultados históricos de fallas precisando estados críticos y el tiempo que tomará al sistema llegar a las óptimas condiciones.

Se hace uso del presente trabajo debido a:

---

<sup>8</sup> VALDIVIA, Juan. *“Optimización del Procedimiento de Trabajo Para Reducción de la Necesidad de Mantenimiento en Tornos CNC”*. Tesis. Lima Perú. Pontificia Universidad Católica. pp.1-91.

- Se plantea una nueva distribución de planta ya que los tornos CNC no han sido ubicados en posiciones previamente estudiadas siendo instalados en espacios disponibles.

Como herramienta de control se propone el mantenimiento predictivo y preventivo. De esta manera se tendrá la capacidad de explorar las consecuencias de un mal uso de los tornos CNC e identificar donde no se debe realizar sobreesfuerzos.

#### **2.4. JUSTIFICACIÓN.**

Debido a las exigencias que demandan el medio ambiente externo de la empresa y el aumento de la demanda del servicio que presta la empresa por parte de los clientes, es necesario analizar la problemática en cuanto a mantenimiento que presenta la empresa Fagoma S.A.C.

Dada la total relación entre la actividad productiva y el mantenimiento de los equipos involucrados en ella, toda falla de proceso que se presenta actualmente en la empresa representa pérdidas económicas que se reflejan invariablemente en el costo del producto, en el nivel de cumplimiento de las órdenes de compra y en resumen, en la estabilidad de la empresa.

Debido a esto, se debe de optimizar a costo rentable los recursos disponibles como un plan inmediato considerando el amplio conocimiento tecnológico del producto, de los requerimientos del mercado y la favorable aceptación de la industria local, actividad que es factible al observar que los equipos seleccionados están en una condición rápida y económicamente recuperable que descarta su reposición.

El análisis técnico debe contemplar un estudio de las fortalezas y debilidades de la situación actual, se debe tomar en cuenta la capacitación y motivación del personal que ejecuta las asignaciones correspondientes al mantenimiento, se deberá evaluar el estado actual del equipo instalado para diseñar un plan detallado que permita

incrementar la disponibilidad, aumentar el tiempo medio entre fallas y disminuir el tiempo promedio para reparaciones elevando con todo esto la confiabilidad, dejando estos conceptos como índices de control.

## **2.5. OBJETIVOS.**

### **2.5.1. OBJETIVO.**

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para la empresa Fagoma S.A.C.

## **2.6. MARCO TEÓRICO.**

Desde el principio de los tiempos, el hombre siempre ha sentido la necesidad de mantener su equipo, aún las más rudimentarias herramientas o aparatos. La mayoría de las fallas que se experimentaban eran el resultado del abuso y esto sigue sucediendo en la actualidad.

De ahí, podemos vislumbrar que la principal función de mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las máquinas a través del tiempo, bajo esta premisa se puede entender la evolución del área de mantenimiento al atravesar las distintas épocas acorde a las necesidades de sus clientes: que son todas aquellas dependencias y/o empresas de procesos o servicios, que generan bienes reales o intangibles mediante la utilización de estos activos, para producirlos<sup>9</sup>.

La historia del mantenimiento como parte estructural de las empresas, data desde la aparición de las máquinas para la producción de bienes y servicios, inclusive desde cuando el hombre formaba parte de la energía de dichos equipos.

---

<sup>9</sup> MORA Alberto. “*Mantenimiento Industrial Efectivo*”. Edit. COLDI 2012 pág 19.

Se reconoce la aparición de los primeros sistemas organizacionales de mantenimiento para sostener las máquinas desde principios del siglo XX en los Estados Unidos donde todas las soluciones a fallas y paradas imprevistas de equipos se solucionaban vía mantenimiento correctivo.

El progreso del mantenimiento permite distinguir varias generaciones evolutivas, en relación a los diferentes objetivos que se observan en las áreas productivas o de manufactura a través del tiempo.

Desde la década del '30 se puede seguir el rastro de la evolución del mantenimiento a través de tres generaciones principales<sup>10</sup>.

### **LA PRIMERA GENERACIÓN:**

La Primera Generación cubre el período que se extiende hasta la Segunda Guerra Mundial. En esos días la industria no estaba altamente mecanizada, por lo que el tiempo de parada de máquina no era de mayor importancia. Esto significaba que la prevención de las fallas en los equipos no era una prioridad para la mayoría de los gerentes. A su vez la mayor parte de los equipos era simple, y la gran mayoría estaban sobredimensionados. Esto los hacía confiables y fáciles de reparar. Como resultado no había necesidad de un mantenimiento sistemático más allá de una simple rutina de limpieza, servicio y lubricación. Se necesitaban menos habilidades para realizar el mantenimiento que las que se necesitan hoy en día.

Primera Generación

- Reparar cuando se rompe.

**Fuente:** Moubray John. *“Mantenimiento Centrado en Confiabilidad”*

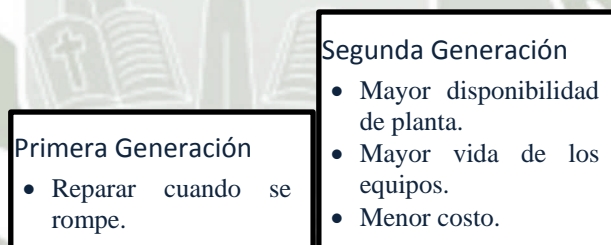
**Figura N° 21.** Primera generación del mantenimiento.

<sup>10</sup> MOUBRAY John. *“Mantenimiento Centrado en Confiabilidad”*. Edit. ALADON Ltd 2004 pág 2

## LA SEGUNDA GENERACIÓN:

Durante la Segunda Guerra Mundial todo cambió drásticamente. La presión de los tiempos de guerra aumentó la demanda de todo tipo de bienes, al mismo tiempo que decaía abruptamente el número de trabajadores industriales. Esto llevó a un aumento en la mecanización. Ya en los años '50 había aumentado la cantidad y complejidad de todo tipo de máquinas. La industria estaba empezando a depender de ellas<sup>11</sup>.

Al incrementarse esta dependencia, comenzó a concentrarse la atención en el tiempo de parada de máquina. Esto llevó a la idea de que las fallas en los equipos podían y debían ser prevenidas, dando lugar al concepto de mantenimiento preventivo. En la década del sesenta esto consistió principalmente en reparaciones mayores a intervalos regulares prefijados. El costo del mantenimiento comenzó a crecer rápidamente con relación a otros costos operacionales. Esto llevó al desarrollo de sistemas de planeamiento y control del mantenimiento. Estos ciertamente ayudaron a tener el mantenimiento bajo control y han sido establecidos como parte de la práctica del mantenimiento.



Fuente: Moubray John. "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad"

Figura N° 22. Segunda generación del mantenimiento.

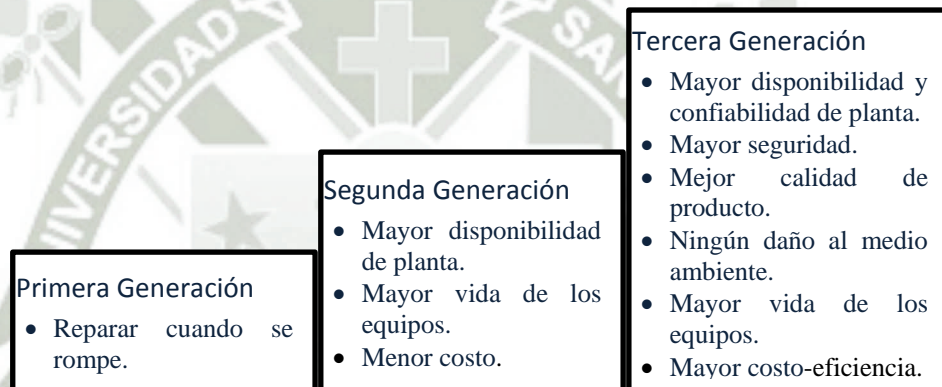
## LA TERCERA GENERACIÓN:

Desde mediados de la década del setenta el proceso de cambio en la industria ha adquirido aún más impulso. Los cambios han sido clasificados en nuevas expectativas, nuevas investigaciones, y nuevas técnicas.

<sup>11</sup> MOUBRAY John. "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad". Obcit pág 2

**NUEVAS EXPECTATIVAS:**

El tiempo de parada de máquina afecta la capacidad de producción de los activos físicos al reducir la producción, aumentar los costos operacionales, y afectar el servicio al cliente. En las décadas del sesenta y setenta esto ya era una preocupación en los sectores mineros, manufactureros y de transporte. Los efectos del tiempo de parada de máquina fueron agravados por la tendencia mundial hacia sistemas "just-in-time", donde los reducidos inventarios de material en proceso hacen que una pequeña falla en un equipo probablemente hiciera parar toda la planta. Actualmente el crecimiento en la mecanización y la automatización han tomado a la confiabilidad y a la disponibilidad en factores clave en diversos sectores<sup>12</sup>.



**Fuente:** Moubray John. *“Mantenimiento Centrado en Confiabilidad”*

**Figura N° 23.** Tercera generación del mantenimiento.

Una mayor automatización también significa que más y más fallas afectan nuestra capacidad de mantener parámetros de calidad satisfactorios. Esto se aplica tanto para parámetros de servicio como para la calidad del producto.

Al mismo tiempo que crece nuestra dependencia a los activos físicos crece también el costo de tenerlos y operarlos. Para asegurar el máximo retorno de la inversión que representa tenerlos, deben mantenerse trabajando eficientemente tanto tiempo como se requiera. Por último el costo de mantenimiento aún está aumentando. En algunas industrias representa ahora el segundo ítem más alto, o hasta el más alto costo

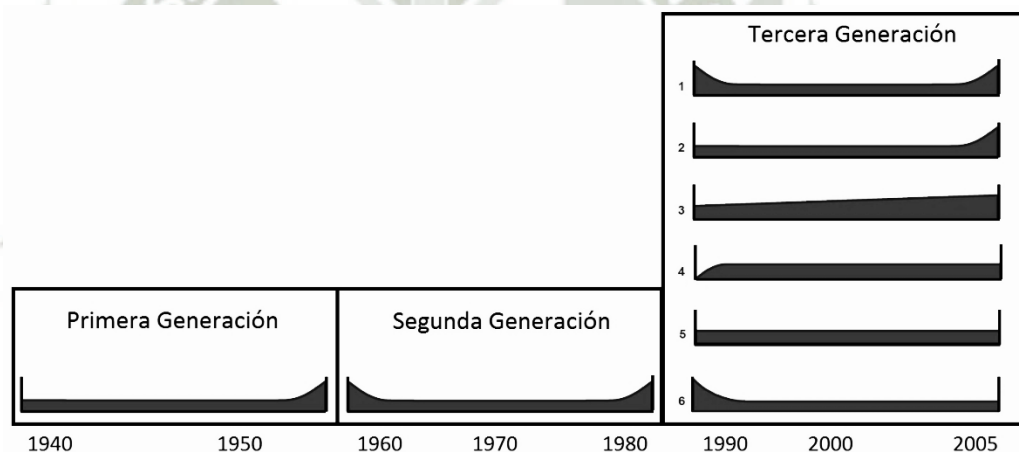
<sup>12</sup> MOUBRAY John. *“Mantenimiento Centrado en Confiabilidad”*. Obcit pág 3

operativo. En consecuencia, en sólo treinta años ha pasado de ser un costo casi sin importancia a estar en la más alta prioridad en el control de costos.

Nuevas Investigaciones:

Más allá de la existencia de mayores expectativas, las nuevas investigaciones están cambiando muchas de nuestras creencias más profundas referidas a la edad y las fallas. En particular, parece haber cada vez menos conexión entre la edad de la mayoría de los activos y la probabilidad de que estos fallen<sup>13</sup>.

La Figura 24 muestra como en un principio la idea era simplemente que a medida que los elementos envejecían eran más propensos a fallar. Una creciente conciencia de la "mortalidad infantil" llevó a la Segunda Generación a creer en la curva de la "bañera".



Fuente: Moubray John. "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad"

Figura N° 24. Cambios en los puntos de vista sobre la falla de equipos.

Sin embargo, investigaciones en la Tercera Generación revelan seis patrones de falla que realmente ocurren en la práctica.

- Patrón 1 "Curva de la bañera": Alta mortalidad infantil, seguida de un bajo nivel de fallas aleatorias, terminando en una zona de desgaste<sup>14</sup>.

<sup>13</sup> MOUBRAY John. "Mantenimiento Centrado en Confiabilidad". Obcit pág 4

<sup>14</sup> RUIZ Adriana. "Modelo Para la Implementación de Mantenimiento Predictivo en las Facilidades de Producción de Petróleo". Tesis (Título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento) Bucaramanga, Colombia. Universidad Industrial de Santander. Pp 27-28.

- Patrón 2 "Punto de vista tradicional": Pocas fallas aleatorias terminando en una zona de desgaste.
- Patrón 3: Incremento constante de la probabilidad de falla.
- Patrón 4: Rápido incremento de la probabilidad de falla, seguido de un comportamiento aleatorio.
- Patrón 5: Fallas aleatorias, ninguna relación entre la edad del equipo y la probabilidad de falla.
- Patrón 6: Alta mortalidad infantil seguida de un comportamiento aleatorio de probabilidad de fallas.

El patrón 6 es el que más se presenta en la industria, por tanto se puede decir que los equipos dependen más de la correcta selección y montaje, arranque y operación entre parámetros, que del cumplimiento de su vida útil para que su funcionamiento sea óptimo.

Vale la pena mencionar que cada intervención que se le hace a los equipos, modifican su "curva de funcionamiento", es decir que cada vez que inicia operación nuevamente es como si iniciara desde el principio de la curva (mortalidad infantil) y el riesgo de falla va decreciendo a medida que va pasando el tiempo con el equipo en funcionamiento. Esto evidencia que los equipos tengan que "envejecer", es decir tengan y cumplan una vida útil y que al final de su período, las fallas aleatorias lleguen a ser tan frecuentes, obligando así a tomar decisiones de cambio y no seguir tratando de prolongar su funcionamiento con tareas preventivas.

La función de mantenimiento presenta cambios importantes dentro de su estrategia, ya no se habla solamente de tareas preventivas o correctivas; ahora entra a jugar una nueva forma de trabajar, el mantenimiento basado en condición y de manera predictiva. En consecuencia, se crean nuevas tecnologías que ayudan a detectar dichos problemas, sin necesidad de parar los equipos (termografía, ultrasonido, análisis de vibraciones, análisis de aceites, etc) en otros casos se hace monitoreo de las condiciones operacionales del equipo (presión, temperatura, ruido, etc.) para saber si está funcionando correctamente. Convirtiéndose prácticamente en la única

forma de minimizar las fallas aleatorias en el período constante de la curva, complementando las estrategias con las cuales se venía trabajando hasta entonces.

Nuevas Técnicas:

Dentro de las técnicas aplicadas a la tercera generación tenemos:

- Monitoreo de condición.
- Diseño basado en fiabilidad y mantenibilidad.
- Estudios de Riesgo.
- Utilización de pequeños y rápidos ordenadores.
- Modos de Fallo y Causas de Fallo (FMEA, FMECA).
- Sistemas expertos.
- Polivalencia y trabajo en equipo.

#### **LA CUARTA GENERACIÓN:**

En los últimos años hemos vivido un crecimiento muy importante de nuevos conceptos de mantenimiento y metodologías aplicadas a la gestión del mantenimiento. Hasta finales de la década de los 90, los desarrollos alcanzados en la tercera generación del mantenimiento incluían<sup>15</sup>:

- Herramientas de ayuda a la decisión, como estudios de riesgo, modos de fallo y análisis de causas de fallo.
- Nuevas técnicas de mantenimiento, como el monitoreo de condición.
- Equipos de diseño, dando mucha relevancia a la fiabilidad y mantenibilidad.
- Un cambio importante en pensamiento de la organización hacia la participación, el trabajo en equipo y la flexibilidad.

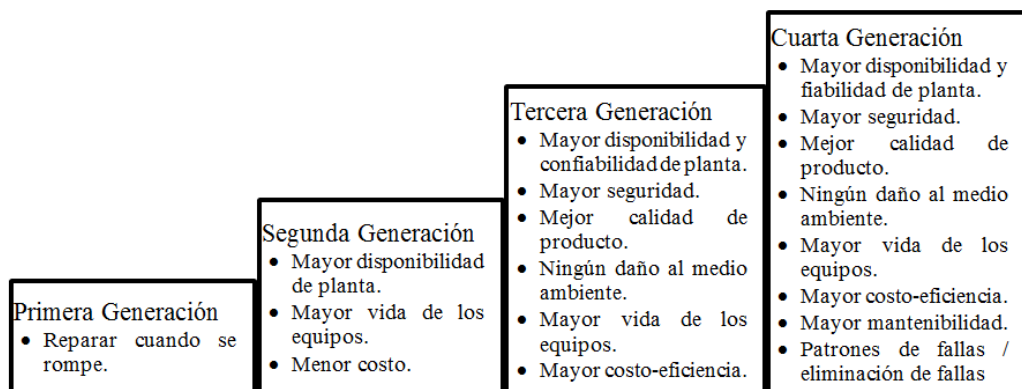
A estos usos, se han ido añadiendo nuevas tendencias, técnicas y filosofías de mantenimiento hasta nuestros días, de tal forma que actualmente podemos hablar de una cuarta generación del mantenimiento tal como lo muestra la figura N° 8.

---

<sup>15</sup> GARCIA Javier. “Mejora en la Confiabilidad de las Plantas de Generación de Energía Eléctrica: Desarrollo de una Metodología de Gestión de Mantenimiento Basado en el Riesgo (RBM)”. Tesis (Maestría) Madrid, España. Universidad Pontificia Comillas. Pp 11-37.

El nuevo enfoque se centra en la eliminación de fallos utilizando técnicas proactivas. Ya no basta con eliminar las consecuencias del fallo, sino que se debe encontrar la causa de ese fallo para eliminarlo y evitar así que se repita.

Asimismo, existe una preocupación creciente en la importancia de la mantenibilidad y fiabilidad de los equipos, de manera que resulta clave tomar en cuenta estos valores desde la fase de diseño del proyecto.



**Fuente:** Moubray John. *“Mantenimiento Centrado en Confiabilidad”*

**Figura N° 25.** Cuarta generación del mantenimiento.

Otro punto importante es la tendencia a implantar sistemas de mejora continua de los planes de mantenimiento preventivo y predictivo, de la organización y ejecución del mantenimiento.

Por lo tanto, la gestión de mantenimiento, actualmente se basa en el análisis de datos; tener información veraz de los equipos pasa a ser lo más importante y sobre lo cual se basan las decisiones de gestión sobre los mismos. Se empieza a ver el equipo como un activo de la compañía y no como una "máquina que genera gastos", en la cual se puede invertir para beneficio de todos.

Al verlo como un activo que se debe cuidar y mantener en buen estado, las grandes compañías se han dado cuenta que la responsabilidad sobre el activo es compartida. No solo es que el personal de mantenimiento conserve la confiabilidad de los equipos y trabajando cuando sea requerido, también se han dado cuenta que es muy

importante que sea operado de forma limpia y segura y dentro de los parámetros para los cuales fue diseñado.

Tareas sencillas de limpieza, cuidado básico e inspecciones diarias de los activos han llevado a mejoras continuas, que junto al manejo de técnicas predictivas para monitorear la condición del equipo, completan estrategias de mantenimiento exitosas, basadas en la detección temprana de fallas.

Como se ha visto, se tiene una gran cantidad de técnicas que representan un desafío para el personal de mantenimiento ya que no sólo deben aprender qué son estas técnicas sino decidir cuáles valen la pena y cuáles no para sus propias organizaciones. Si se hacen elecciones adecuadas es posible mejorar el rendimiento de los activos y al mismo tiempo conocer y hasta reducir el costo del mantenimiento. Si se hacen elecciones inadecuadas se crean nuevos problemas mientras empeoran los que ya existen.

### **2.6.1. PRINCIPALES TIPOS DE MANTENIMIENTO.**

#### **MANTENIMIENTO CORRECTIVO.**

El mantenimiento correctivo, como su nombre lo indica se refiere a corregir una falla en cualquier momento que se presente. Este tipo de mantenimiento está basado en la falla ya que esta indica la acción necesaria que debe llevarse a cabo. Lo que se quiere lograr es corregir el problema lo más rápido posible con el menor costo, sin embargo, el servicio fue afectado sin previo aviso lo cual puede generarse presión por otros departamentos<sup>16</sup>.

Dependiendo de la complejidad del equipo, así como la antigüedad del mismo, el mantenimiento irá incrementándose, por la existencia de un mayor desgaste en función del tiempo, lo que traería como consecuencia un mayor número de paros y un mayor número de personal encargado de este.

---

<sup>16</sup> CANTORAL Harry. *“PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA INDUSTRIA DE CAFÉ QUETZAL”*. Tesis (Maestría) Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Pp 13-18.

Cuando se presenta este tipo de problema existen varias etapas que se llevan a cabo:

- Identificación del problema.
- Determinar las distintas alternativas de reparación.
- Determinar las ventajas de cada una de las alternativas y elegir la óptima.
- Planear la reparación con personal, material y equipo disponible.
- Supervisar las actividades
- Clasificar y archivar.

Ventajas:

- Bajo costo en la planificación, ya que es mínima o nula.
- No se requiere de una inversión.
- Volumen reducido de stock.
- Poco personal cuando la maquinaria es reciente.

Desventajas:

- Personal de producción inactivo.
- Máquinas ociosas.
- Los repuestos en inventario no existen muchas de las veces por falta de información, por lo tanto una mayor demora.
- Una mayor presión hacia el personal que labora en el mantenimiento, especialmente si existen incentivos por producción.
- Las normas de seguridad no se aplican muchas veces, poniendo en peligro la vida de las personas.
- La calidad del producto se verá seriamente afectada.

Sin embargo hay que mencionar que el mantenimiento correctivo es inevitable ya que siempre existen fallas no previstas.

### **MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

El mantenimiento preventivo como su nombre lo indica, tiene como misión prevenir al máximo las fallas que se puedan generar, detectándolas con anterioridad, básicamente son todas aquellas actividades que conllevan a revisiones e inspecciones programadas, que pueden tener una consecuencia correctiva o de cambio. El mantenimiento se hace a través de un programa de actividades entre las cuales tenemos la revisión y lubricación, previamente establecidas. Para un mantenimiento preventivo es necesario contar con el apoyo de todo el personal dentro de la empresa para poder planificarlo adecuadamente.

Es de suma importancia mencionar, que la base del mantenimiento preventivo, está en función del tiempo. Es necesario que se lleve un control, lo cual indica un análisis detallado de cada una de las actividades y del estricto cumplimiento de éstas; el control nos ayuda a comprobar que lo planeado se está llevando a cabo; en caso de que se presente una anomalía esta se puede corregir.

Una de las ventajas de mantenimiento preventivo es que se sabe con anticipación qué es lo que se debe de hacer, ya que se dispone de personal, documentos técnicos y repuestos.

Los trabajos pueden ser programados a futuro sin afectar las actividades de producción y se dispone de tiempo para realizar todas las tareas que no se pueden hacer cuando el equipo está en funcionamiento.

Dentro de los enfoques preferidos, frente al mantenimiento correctivo, encontramos cuatro razones principales:

- La frecuencia con que ocurren las fallas prematuras pueden reducirse, mediante una lubricación adecuada, limpieza, ajustes, inspecciones promovidas por la medición del desempeño.
- Si la falla no puede prevenirse, la inspección y las mediciones periódicas pueden ayudar a reducir la severidad de la falla y el posible efecto dominó en otros componentes del sistema del equipo, mitigando de esta forma las consecuencias negativas para la seguridad, el ambiente o la capacidad de producción.

- Se puede vigilar la degradación gradual en función a un parámetro, como la calidad de un producto o la vibración de una máquina, puede detectarse el aviso de una falla inminente.
- Finalmente hay importantes diferencias en costos tanto directos (ejemplo, materiales) como indirectos (pérdidas de producción) debido a que una interrupción no planeada a menudo provoca un gran daño a los programas de producción y a la producción misma, y debido también a que el costo real de un mantenimiento de emergencia es mayor que uno planeado y a que la calidad de reparación puede verse afectada de manera negativa bajo la presión de una emergencia.

### **MANTENIMIENTO PREDICTIVO.**

Para llevar a cabo este mantenimiento es necesario realizar mediciones mediante ensayos no destructivos. Los instrumentos utilizados para realizar este tipo de mantenimiento son de un alto costo, sin embargo hay que destacar que la mayoría de las inspecciones se realizan con el equipo en funcionamiento y sin causar paros en este.

La aplicación de este mantenimiento se presenta en los quipos que ponen en peligro la integridad del personal o puedan causar daños mayores.

Dentro de los instrumentos de mayor prioridad encontramos:

- De desgaste: espectrofotómetro de absorción atómica, este se puede aplicar sobre los aceites y proporcionan información de un excesivo desgaste de material.
- De espesor: con ultrasonido.
- De fracturas: partículas magnéticas, rayos X, ultrasonido, corrientes parásitas o tintes penetrantes.
- De ruido: con decibelímetros.
- De vibraciones: medidores de amplitud, velocidad y aceleración.
- De temperatura: termografía.

El mantenimiento predictivo se utiliza como información para un adecuado programa de mantenimiento preventivo.

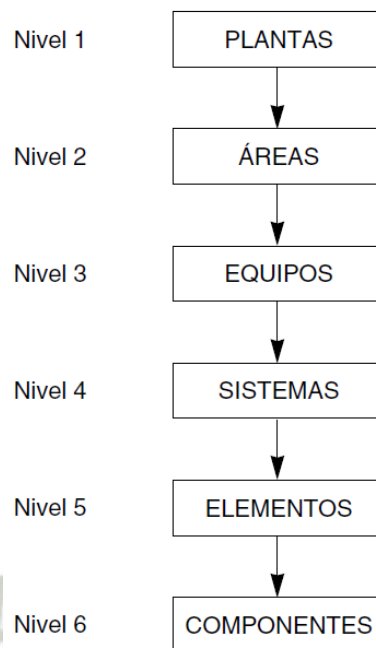
### 2.6.2. **LISTA DE EQUIPOS**<sup>17</sup>:

El primer problema que se plantea al intentar realizar un análisis de equipos es elaborar una lista ordenada de los equipos que hay en ella, la cual debe estar estructurada en forma arbórea.

Una empresa puede tener una o varias plantas de producción, cada una de las cuales puede estar dividida en diferentes zonas o áreas funcionales. Estas áreas pueden tener en común la similitud de sus equipos, una línea de producto determinada o una función. Cada una de estas áreas estará formada por un conjunto de equipos, iguales o diferentes, que tienen una entidad propia. Cada equipo, a su vez, está dividido en una serie de sistemas funcionales, que se ocupan de una misión dentro de él. Los sistemas, a su vez, se descomponen en elementos (el motor de una bomba de lubricación será un elemento). Los componentes son partes más pequeñas de los elementos, y son las partes que habitualmente se sustituyen en una reparación.

---

<sup>17</sup> GARCÍA Santiago. “*ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DEL MANTENIMIENTO*”. Madrid, España. Ediciones Díaz de Santos S.A. 2003.



**Fuente:** García Santiago. “Organización y Gestión Integral del Mantenimiento”.

**Figura N° 26.** Niveles de una planta industrial.

El listado de equipos es estructurado considerando los niveles de mayor importancia según sea el caso de cada empresa. Este listado puede tomar siguiente forma:

LISTA DE EQUIPOS  
EMPRESA:  
PLANTA: AREQUIPA

Nivel 1 ÁREA	Nivel 2 EQUIPO	Nivel 3 SISTEMA

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura N° 27.** Cuadro para listado de equipos.

### 2.6.3. CODIFICACIÓN DE MAQUINAS Y EQUIPOS<sup>18</sup>:

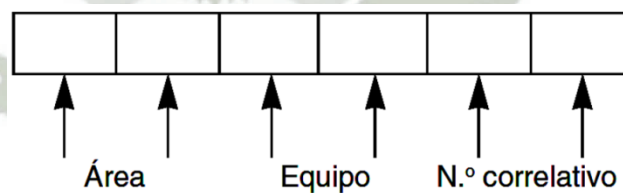
Una vez elaborada la lista de equipos es muy importante identificar cada uno de los equipos con un código único. Esto facilita su localización, su referencia en órdenes de trabajo, en planos, permite la elaboración de registros históricos de fallos e intervenciones, etc.

La información principal que debería contener el código de un equipo es la siguiente:

- Planta a la que pertenece.
- Área al que pertenece dentro de la planta.
- Tipo de equipo.
- Número correlativo.

Esta información se debe de adaptar a cada caso particular de la empresa motivo de estudio, pudiendo ser en algunos casos más sencillo y en otros más complejo.

Una vez elaborada la lista de equipos, y teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriores, es posible abordar la tarea de la codificación, fijando los criterios que la regirán. Un ejemplo de estructura de codificación puede ser el siguiente.



**Fuente:** García Santiago. “Organización y Gestión Integral del Mantenimiento”.

**Figura N° 28.** Ejemplo de estructura de código para equipos.

<sup>18</sup> GARCIA Santiago. “*ORGANIZACIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DEL MANTENIMIENTO*”. Madrid, España. Ediciones Díaz de Santos S.A. 2003.

#### **2.6.4. DETERMINACIÓN DE LA CRITICIDAD DE EQUIPOS.**

Para determinar la criticidad tomaremos en cuenta a los equipos críticos y los equipos críticos especiales<sup>19</sup>.

*Equipos Críticos:* Aquellos cuyas fallas producen paradas e interferencias generales, cuellos de botella, daños a otros equipos o instalaciones y retrasos en las actividades de los demás centros de actividad de una empresa u organización. Aquellos que detienen la prestación de los servicios a los clientes, afectan de manera directa los procesos productivos y por ende generan problemas con el cumplimiento a los clientes.

*Equipos Críticos Especiales:* Son aquellos equipos especiales, cuyas partes, piezas o componentes más importantes no se encuentran disponibles en el mercado local directo de proveedores de partes, y que además no permiten adaptaciones locales o en muchos casos el hacerlo es sumamente complicado, dado lo sofisticado de su diseño y/o arquitectura. Una parada no programada (forzosa o inesperada) de estos equipos generalmente pueden afectar sustancialmente y/o detener la producción de un bien o servicio, generando altos costos para la empresa y produciendo impactos negativos, que incluso pueden afectar de manera directa la imagen de la organización.

#### **FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DETERMINACIÓN DE EQUIPOS CRÍTICOS.**

Para la realización de un correcto mantenimiento, es necesario identificar aquellos equipos, sistemas e instalaciones que presenten un mayor nivel de criticidad, es decir, que son de mayor importancia en la prestación de los servicios o en la producción de los bienes de la empresa<sup>20</sup>.

---

<sup>19</sup> SISTEMA DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL. “METODOLOGÍA ANÁLISIS DE CRITICIDAD (AC)”. Guía de Aprendizaje. Aprendizaje Virtual. Pp 4-21.

<sup>20</sup> PESÁNTEZ Alvaro. “ELEABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y PREVENTIVO EN FUNCIÓN DE LA CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA EMPRESA EMPACADORA DE CAMARÓN”. Tesis (Profesional) Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Pp 41-57.

Para ello, consideraremos los siguientes factores en la determinación y selección de los equipos e instalaciones críticos:

- De acuerdo a la frecuencia y los tiempos de operación de los mismos.
- Costo del equipo, el mismo que justifique su protección general y programación de mantenimiento preventiva recurrente.
- Si la falla o detención de un equipo afecta directamente el servicio brindado a los clientes o al proceso productivo general de la empresa. Equipos críticos que generan paralizaciones en varios procesos o en aquellos subprocesos más importantes, y por ende detenciones generales.
- Si se cuenta con equipo de respaldo o adicional disponible para ser usado en caso de contingencias.
- Si las fallas de estos equipos podrían afectar la seguridad de los clientes, así como la proyección de la imagen de la empresa y el cumplimiento de objetivos o metas de producción.
- Si ha llegado al límite de su vida útil y/o se desarrolló y/o se modernizó y necesita mayor control preventivo.
- Equipos que utilicen lubricantes y/o grasas en el trabajo que realizan.

### **ANÁLISIS DE LA CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS.**

Un correcto análisis de la criticidad de los equipos nos va permitir establecer la importancia que tiene un equipo respecto a los demás pudiendo decidir claramente a cuáles de ellos vale la pena dirigir recursos (humanos, económicos y tecnológicos). Además ayuda a identificar eventos potenciales indeseados que pueden presentarse durante la operación de los equipos.

### **ASPECTOS PRINCIPALES.**

Un correcto análisis se ha de lograr al identificarse adecuadamente el nivel del conjunto (equipo, planta, componente, etc.) al cual se realizará el estudio. Para ello,

además de definir como se identifican los componentes y sistemas críticos, también se definirán diversos conceptos necesarios para una mejor concepción del tema y se mostrarán cuáles son las estructuras típicas en las empresas.

*Componente:* Es una unidad o conjunto de unidades cuya confiabilidad se estudia independientemente de la de sus partes.

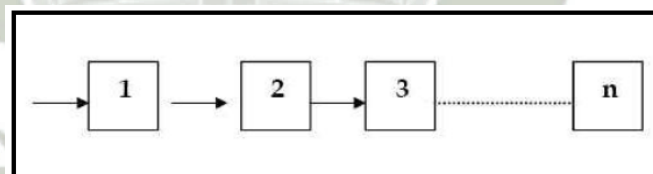
*Sistema:* Podemos definir un sistema como un conjunto de componentes relacionados entre sí.

*Subsistema:* Es una parte del sistema, este puede estudiarse por separado y considerarse como un sistema.

*Estructura:* Es la forma como están relacionados los componentes de un sistema a los ojos de la confiabilidad (serie, paralelo, combinado).

### **TIPOS DE ESTRUCTURAS.**

*Sistemas con estructuras en serie:* Este es aquel en que la falla de uno de los componentes implica la falla en todo el sistema debido a que este es el único elemento que puede cumplir esa determina función.



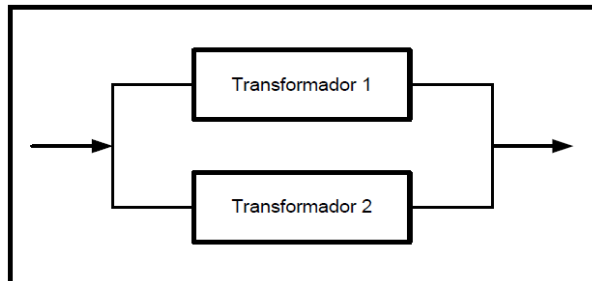
**Fuente:** García Santiago. “Organización y Gestión Integral del Mantenimiento”.

**Figura N° 29.** Estructura de sistemas en serie.

*Sistema con estructura en paralelo:* Este es aquel en el que ambos elementos deben fallar para que el sistema lo haga. La conexión paralela puede ser activa o pasiva.

- *Activa:* Cuando ambos elementos funcionan simultáneamente, y uno asume el servicio faltante de manera total o parcial al fallar el otro.

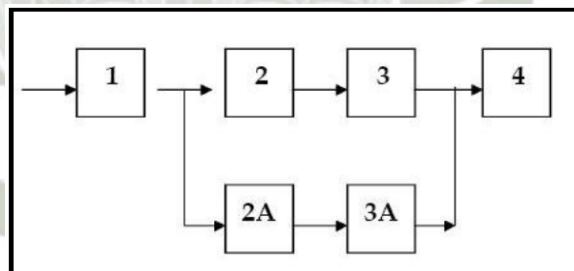
- *Pasiva*: Es cuando un elemento se encuentra sin funcionar a la espera de la falla del otro, momento en el cual se conecta mediante conmutación manual o automática.



Fuente: García Santiago. “Organización y Gestión Integral del Mantenimiento”.

**Figura N° 30.** Conexión activa de un sistema con estructura en paralelo.

Teóricamente es posible construir sistemas con redundancia pasiva tan confiables como se desee, bastaría para ello poder incrementar el número de componentes hasta donde sea necesario. Sin embargo, otras consideraciones tales como costo, peso y volumen pueden hacer que esta forma de incrementar la confiabilidad no sea la más apropiada. En la práctica es muy común encontrar sistemas que posean una estructura mixta que combinan dos o más tipos de estructuras.



Fuente: García Santiago. “Organización y Gestión Integral del Mantenimiento”.

**Figura N° 31.** Estructura convencional de un sistema combinado.

### **CRITERIOS PARA DETERMINAR LA CRITICIDAD DE EQUIPOS.**

Los criterios utilizados para definir la criticidad de los equipos se determinan tomando en cuenta dos factores muy importantes, la frecuencia del fallo y la consecuencia de su aparición.

Se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Seguridad: Efecto del fallo sobre personas y entorno.
- Calidad: Efecto del fallo sobre la calidad del producto.
- Operaciones: Efecto del fallo sobre la producción.
- Mantenimiento: Tiempo y costo de reparación.

Estos criterios y la forma de cuantificarlos puede variar entre empresas, pero una forma bastante común de hacerlo es la que se presenta a continuación en la Tabla N° 66.

Para poder determinar la criticidad, hacemos uso de la siguiente fórmula<sup>21</sup>:

$$\text{Criticidad} = (\text{Probabilidad})(\text{Impacto})$$

- *Probabilidad de Falla:* Se cuantifican las frecuencias de fallas, de los procesos a analizar, con un valor pudiendo de esta manera determinar cuáles serán los equipos más críticos.
- *Impacto de la Falla:* Se calcula haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$I = [LP][(\text{axA}) + (\text{bxB}) + (\text{cxC}) + (\text{dxD})]$$

**Tabla N° 68.** Criterios de criticidad y su cuantificación.

Criticidad = (Probabilidad) (Impacto)		
F = Frecuencia o Probabilidad de falla (Tasa de reparación por falla del equipo)		
<b>Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)</b>	<b>Categoría</b>	<b>Puntaje</b>
Mayor a 4 fallas/mes	Muy Alto	5
3-4 fallas/ mes	Alto	4
2-3 fallas/ mes	Medio	3
1-2 fallas/ mes	Bajo	2
Mínimo de 1 falla/ mes	Muy Bajo	1
I = Impacto (Impacto de la indisponibilidad del equipo en el negocio)		
I = LP x [axA + bxB + cxC + dxD ]		
<b>a, b, c, d, e, = Pesos Ponderados (Deben sumar uno)</b>	<b>Categoría</b>	<b>Puntaje</b>
a		0.5
b		0.3
c		0.1
d		0.1

<sup>21</sup> COX Louis Anthony. "WHAT'S WRONG WITH RISK MATRICES?". Risk Analysis, Vol. 28 N° 2, 2008. Pp 501.

<b>LP = Línea de producción</b>		<b>Categoría</b>	<b>Puntaje</b>
Equipos directos en línea de producción		Alto	5
Equipos Auxiliares de apoyo a línea de producción		Medio	3
Equipos Auxiliares que no están en línea de producción		Bajo	1
<b>A = Impacto Operacional</b>			
Parada inmediata de toda la empresa		Muy Alto	5
Parada de toda la planta (recuperable en otra plantas)		Alto	4
Impacto a niveles de producción o calidad		Medio	3
Repercute a costos operacionales adicionales (indisponibilidad)		Bajo	2
No genera ningún efecto significativo sobre las demás operaciones		Muy Bajo	1
<b>B = Costos de Reparación</b>			
Gastos Altos,	> S/. 10000	Muy Alto	5
Gasto Importante,	S/. 5000 - S/.10000	Alto	4
Gasto Razonable,	S/. 1000 - S/. 5000	Medio	3
Gasto Bajo,	S/. 100 - S/. 1000	Bajo	2
Gasto Irrelevante,	< S/. 100	Muy Bajo	1
<b>C = Impacto en la Seguridad</b>			
Riesgo de muerte inminente o falla catastrófica en el equipo.		Muy Alto	5
Daños muy graves que dejan secuela después de un tratamiento o reparación		Alto	4
Daños graves, que desaparecen con tratamiento o reparación.		Medio	3
Daños leves, que desaparecen con tratamiento o reparación		Bajo	2
No existe riesgo para las personas ni equipos.		Muy Bajo	1
<b>D = Impacto Ambiental</b>			
Daños medioambientales irreversibles fuera de la empresa		Muy Alto	5
Daños medioambientales irreversibles dentro de la empresa		Alto	4
Daños medioambientales cuyos efectos no violan las normativas		Medio	3
Daños medio ambientales reversibles		Bajo	2
No provoca ningún daño.		Muy Bajo	1

Fuente: Elaboración propia.

Los criterios utilizados en la fórmula de Impacto son los más comúnmente utilizados.

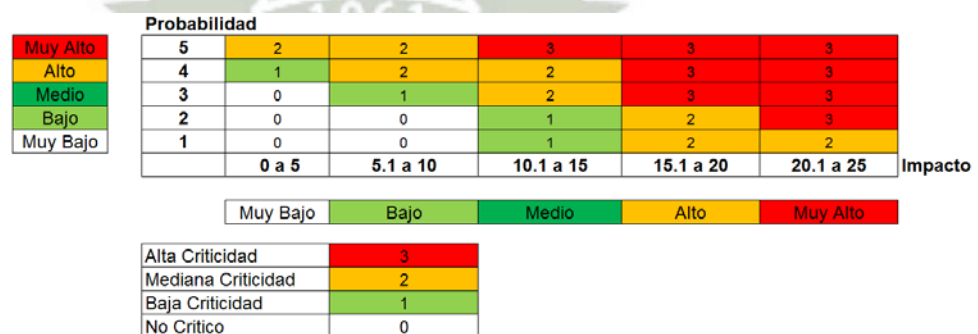
- *Línea de Producción:* Es aquel que indica si los equipos cumplen función directa o auxiliar en la línea de producción.
- *Impacto Operacional:* Es aquel que determina el comportamiento de la producción en presencia de una eminente falla.
- *Costo de Reparación:* Se refiere a los costos que genera reparar esa determinada falla. Se deben de tener en cuenta el personal y los repuestos requeridos.
- *Impacto de Seguridad:* Se refiere a si la falla causa daños en las personas o equipos.
- *Impacto Ambiental:* Se refiere a si la falla causa daños al medio ambiente como en los operarios. Como ejemplo podemos tener a los derrames de combustible, fugas o goteos de lubricantes, escape de gases contaminantes, etc.

**DEFINICIÓN DE LA MATRIZ DE CRITICIDAD DE EQUIPOS.  
VARIABLES QUE INTERVIENEN.**

La Matriz de Criticidad es una herramienta que permite establecer niveles jerárquicos de criticidad en sistemas, equipos y componentes en función del impacto global que generan, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones y priorización de los mantenimientos programados, sean preventivos o predictivos<sup>22</sup>.

Los pasos que se deben seguir para su elaboración son los siguientes:

- Describir el proceso productivo indicando en cada parte de este, el tipo de operación que realizan, es decir, si son de operación manual (sólo personas), semi-automático (personas y equipos) o sólo automáticos (máquinas especializadas).
- Identificar los sub-sistemas que involucren operación semi-automático u automático.
- Definir el tipo de estructura del sistema (En serie, paralelo activo o pasivo, o combinado).
- Efectuar el cálculo de frecuencias y consecuencias de fallos en los equipos principales para cada parte del proceso.
- Determinar la matriz de criticidad con cada uno los procesos sujetos al análisis previo.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 32.** Modelo de matriz de criticidad.

<sup>22</sup> SISTEMA DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL. “METODOLOGÍA ANÁLISIS DE CRITICIDAD (AC)”. Guía de Aprendizaje. Aprendizaje Virtual. Pp 4-21.

Los resultados obtenidos en esta matriz son el resultado de las opiniones y análisis de los datos históricos de las fallas.

#### **2.6.5. INDICADORES TECNICOS DE MANTENIMIENTO<sup>23</sup>.**

Todas las actividades pueden medirse con parámetros que enfocados a la toma de decisiones son señales para monitorear la gestión, asegurando que las actividades vayan en el sentido correcto y permitan evaluar los resultados de una gestión frente a sus objetivos, metas y responsabilidades. Estas señales son conocidas como indicadores de gestión.

Un indicador es una medida de la condición de un proceso o evento en un momento determinado. Los indicadores en conjunto pueden proporcionar un panorama de la situación de un proceso, de un negocio, de la salud de un enfermo o de las ventas de una compañía.

Empleándolos en forma oportuna y actualizada, los indicadores permiten tener control adecuado sobre una situación dada; la principal razón de su importancia radica en que es posible predecir y actuar con base en las tendencias positivas o negativas observadas en un desempeño global.

No es necesario tener bajo control continuo muchos indicadores, sino sólo los más importantes, “*los claves*”. Los indicadores que engloban fácilmente el desempeño total del negocio deben recibir la máxima prioridad. El paquete de indicadores puede ser mayor o menor, dependiendo del tipo de negocio, sus necesidades específicas entre otros.

A continuación se suministra un grupo de indicadores estandarizados para medir la gestión de la función Mantenimiento, con la finalidad de hablar un mismo lenguaje sobre la manera de medir dicha gestión en la empresa.

---

<sup>23</sup> AMENDOLA Luis. “*Organización y Gestión del Mantenimiento*”. Edit. PMM Institute for Learning 2008 pág 67-76.

Estos indicadores son los utilizados por las empresas líderes a nivel mundial, para reducir los costes de gestión y permitir la comparación competitiva (Benchmarking) y determinar una clara relación entre el indicador y la producción a fin de identificar oportunidades de mejora.

Los indicadores de Mantenimiento al ser utilizados en la empresa, permiten medir la gestión y dar una referencia objetiva de cómo se comporta, además permiten identificar posibles oportunidades de mejora en el proceso de gestión.

Entre los principales indicadores de efectividad tenemos a los siguientes:

#### **TIEMPO PROMEDIO PARA FALLAR (TPPF).**

Se refiere al tiempo promedio que son capaces de operar las Instalaciones, Sistemas, Equipos y Dispositivos (ISED), a capacidad requerida sin interrupciones dentro del periodo considerado del estudio.

$$TPPF = \frac{\text{Horas Operadas}}{\text{Número de Fallos}}$$

#### **TIEMPO PROMEDIO PARA REPARAR (TPPR).**

Se refiere al tiempo promedio en que puede ser reparado un ISED. Se entiende como horas de fallos, el tiempo en horas que transcurre desde que el equipo falló, hasta que el equipo es nuevamente puesto en servicio. Es decir, las horas de fallos se consideran igual al tiempo para reparar.

$$TPPR = \frac{\text{Horas de Fallos}}{\text{Número de Fallos}}$$

**DISPONIBILIDAD (D).**

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

$$D = \frac{TPPF}{TPPF + TPPR} \times 100$$

**CONFIABILIDAD (C).**

Se refiere a la probabilidad de que un ISED pueda realizar una función requerida en un periodo considerado.

$$C = e^{\frac{-t}{TPPF}}$$

Donde:

t = Periodo considerado.

TPPF = Tiempo promedio para fallar.

**2.6.6. COSTOS DE MANTENIMIENTO.**

Es necesario destacar la importancia que tiene en mantenimiento conseguir que los costos sean lo más bajos posibles. El costo de mantenimiento es un componente entre otros del precio final del producto, independientemente de la gestión aplicada, por tanto siempre existen gastos que se deberán asumir.<sup>24</sup>

El costo global de mantenimiento es la suma de los costos fijos, variables, financieros y por falla.

**➤ COSTOS FIJOS**

Estos costos no dependen del volumen de producción ni de las ventas.

---

<sup>24</sup> NAVARRO, Luis. 'Gestión Integral de Mantenimiento'. Edit. Marcombo S.A. 1997 pág 39.

Los costos fijos dentro del mantenimiento están conformados por la mano de obra y los materiales necesarios para llevar a cabo el plan de mantenimiento incluyendo costos generados por el engrase de las máquinas.

La reducción de presupuesto destinado a este gasto provoca la limitación de mantenimiento lo que en un primer lugar aparenta un ahorro para la empresa pero a la vez se tiene una fiabilidad menor en las máquinas.

$$C_1 = C_{1a}$$

Donde:

$C_1$  : Costos fijos de mantenimiento.

$C_{1a}$  : Costos de mano de obra dentro del taller.

#### ➤ **COSTOS VARIABLES**

Estos costos varían de acuerdo a la producción, por lo tanto, se consideran la mano de obra, materiales, etc.<sup>25</sup>

$$C_2 = C_{2a}$$

Donde:

$C_2$  : Costos variables de mantenimiento.

$C_{2a}$  : Costos de las reparaciones en talleres externos.

#### ➤ **COSTOS FINANCIEROS**

En mantenimiento, estos costos se refieren básicamente al valor de los repuestos y al de máquinas que se encuentran en stand by.

En forma global, podemos decir que estos costos están formados por los insumos de mantenimiento ubicados en el almacén (repuestos, suministros, herramientas, otros).

$$C_3 = C_{3a} + C_{3b}$$

Donde:

$C_3$  : Costos financieros de mantenimiento.

$C_{3a}$  : Costos de insumos de mantenimiento.

$C_{3b}$  : Costos de máquinas o equipos instalados en paralelo.

---

<sup>25</sup> NAVARRO, Luis. 'Gestión Integral de Mantenimiento'. Edit. Marcombo S.A. 1997 pág 40.

➤ **COSTOS POR FALLA**

Son costos que provienen directamente de las fallas de las máquinas relacionadas al mantenimiento.<sup>26</sup>

Se calcula multiplicando el tiempo de la falla por el valor hora máquina producción.

El cálculo de los costos por falla se puede hallar con la suma de los costos fijos durante la reparación más el beneficio que se deja de percibir en ese mismo periodo.

$$C_4 = C_{4a} + C_{4b} + C_{4c} + C_{4d} + C_{4e} + C_{4f} + C_{4g}$$

Donde:

$C_4$  : Costos por falla de mantenimiento.

$C_{4a}$  : Costos directos de falla para averías imprevistas.

$C_{4b}$  : Costos de paro en el valor hora máquina.

$C_{4c}$  : Costos de paro en el valor hora hombre.

$C_{4d}$  : Costos por pérdida de materia prima.

$C_{4e}$  : Costos por pérdida de productos en diferentes causas.

$C_{4f}$  : Costos de reparación de daños al medio ambiente.

$C_{4g}$  : Costos de reparación de accidentes del personal.

➤ **COSTOS TOTAL DE MANTENIMIENTO**

El costo total lo obtenemos de la suma de los cuatro costos anteriores.

$$CTM = C_1 + C_2 + C_3 + C_4$$

Donde:

$CTM$ : Costo total de mantenimiento.

**2.6.7. ANTECEDENTES.**

Las estrategias convencionales de reparar cuando se produzca la avería ya no sirven. Fueron válidas en el pasado, pero ahora se es consciente de que esperar a que se produzca la avería para intervenir, es incurrir en unos costos excesivamente elevados

<sup>26</sup> NAVARRO, Luis. 'Gestión Integral de Mantenimiento'. Edit. Marcombo S.A. 1997 pág 41.

(pérdidas de producción, deficiencias en la calidad, etc.) y por ello las empresas industriales se plantearon implantar procesos de prevención de estas averías mediante adecuados programas de mantenimiento.

Los tipos de mantenimiento tratan de anticiparse a la aparición de las fallas, evidentemente, ningún sistema puede anticiparse a las fallas que no avisan por algún medio. La base de información surge de fuentes internas a la organización y de fuentes externas a ella.

Los mantenimientos preventivo y predictivo se diseñaron con la idea de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos. Bajo esa premisa se diseña el programa con frecuencias calendario o uso del equipo, para realizar cambios de sub-ensambles, cambio de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes, etc., a maquinaria, equipos e instalaciones y que se considera importante realizar para evitar fallos.

Es importante trazar la estructura del diseño incluyendo en ello las componentes de conservación, confiabilidad, mantenibilidad, y un plan que fortalezca la capacidad de gestión de cada uno de los diversos estratos organizativos.

## **2.7. HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN.**

**DADO:** Que la demanda del servicio que presta la empresa Fagoma S.A.C. por parte de sus clientes se ha incrementado, y,

**DADO:** “Que el mantenimiento preventivo tiene como misión prevenir al máximo las fallas que se puedan generar, detectándolas con anterioridad, gracias a revisiones e inspecciones programadas, que pueden tener una consecuencia correctiva o de cambio”<sup>27</sup> y que el mantenimiento predictivo está enfocado en la predicción de la

---

<sup>27</sup> CANTORAL Harry. “*PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA INDUSTRIA DE CAFÉ QUETZAL*”. Tesis (Maestría) Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Pp 16.

falla y en la toma de decisiones basadas en la condición del equipo para prevenir su degradación o falla”<sup>28</sup>.

**ES PROBABLE:** Si se realiza un análisis adecuado de la manera de operar el área de producción, entonces será posible el diseño de un plan de Mantenimiento Preventivo y Predictivo que disminuya los paros en el proceso productivo de la empresa Fagoma S.A.C.



---

<sup>28</sup> RUIZ Adriana. *“MODELO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN LAS FACILIDADES DE PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO”*. Tesis (Maestría) Bucaramanga Colombia. Universidad Industrial de Santander. Pp 31.

## CAPITULO III

### PLANTEAMIENTO OPERACIONAL DE INVESTIGACIÓN

#### 3. PLANTEAMIENTO OPERACIONAL.

##### 3.1. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.

###### 3.1.1. TÉCNICAS.

Las técnicas que se utilizarán en el desarrollo del presente trabajo de investigación son:

- Observación.

###### 3.1.2. INSTRUMENTOS.

Los instrumentos que se utilizarán en el desarrollo del presente trabajo de investigación son:

- El registro de observación.
- El cuaderno de notas.
- Cuestionario.
- La cámara fotográfica.
- La grabadora.
- La filmadora.
- El ordenador personal.

#### 3.2. ESTRUCTURAS DE LOS INSTRUMENTOS.

Los instrumentos de investigación que se elaboran están diseñados para la recopilación de los datos que sirven no solo de sustento para la construcción de una base de datos, sino también como información de primera mano para señalar la lógica de la acción de la empresa Fagoma S.A.C. El objeto de los instrumentos es el de conocer mediante una herramienta práctica el funcionamiento del área de producción de la empresa.

Con la aplicación de los instrumentos, se obtendrá la información suficiente para la creación de una base de datos que sustente el análisis a realizar para el diseño de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo.

### **3.3. CAMPO DE VERIFICACIÓN.**

#### **3.3.1. ÁMBITO.**

El ámbito de la investigación lo constituye el área de producción de la empresa Fagoma S.A.C. A partir de octubre del 2014.

Geográficamente, debemos señalar que Fagoma S.A.C. cuenta con una planta productora en la cual se desarrollará la presente investigación. Dicha planta productora se encuentra ubicada en Alto Libertad correspondiente al distrito de Cerro Colorado.

#### **3.3.2. TEMPORALIDAD.**

Se trata de una investigación de índole descriptiva ya que se suministrarán descripciones de la situación del área de producción en las condiciones del momento presente, es decir, puntualmente en los meses de Noviembre del 2014 hasta Febrero del 2015, periodo en el cual se desarrollarán las actividades de investigación.

#### **3.3.3. UNIDADES DE ESTUDIO.**

La unidad de estudio está constituida por el área de producción de la empresa Fagoma S.A.C.

### **3.4. ESTRATEGIA DE RECOLECCION DE DATOS.**

Con el fin de recopilar los datos sobre la situación existente, haremos uso de:

- Revisión documental: Por medio de la cual se puede recopilar información necesaria de informes, manuales, historiales, prácticas operativas, entre otros, para la realización de la investigación.

- Observación directa: La que ayuda a determinar cuáles son las máquinas críticas que pertenecen al área de producción de la empresa a las que se les va a realizar el estudio.
- Cuestionarios: Estas se aplican al personal que labora en el área de producción de la empresa y que a su vez tiene a cargo las labores de mantenimiento. De esta manera se puede recopilar mayor información acerca de los equipos, el mantenimiento que se hace en la planta, su planificación, estado de los equipos, selecciones de los mismos, entre otros, gracias a la experiencia de estas personas.

### **3.5. RECURSOS NECESARIOS.**

#### **3.5.1. HUMANOS.**

- Investigador.
- Apoyo del personal administrativo de la empresa previa coordinación con la jefatura respectiva.
- Apoyo del personal operario del área de producción previa coordinación con la jefatura respectiva.

#### **3.5.2. MATERIALES.**

- Máquinas instaladas en el área de producción.
- Papel y lápiz.
- Herramientas.
- Flexómetros.
- Filmadora o cámara digital.
- Grabadora.
- Ordenador personal.
- Software: Microsoft Word, Microsoft Excel.
- Memoria USB.
- Internet.

### 3.5.3. FINANCIEROS.

La investigación será financiada con recursos propios.

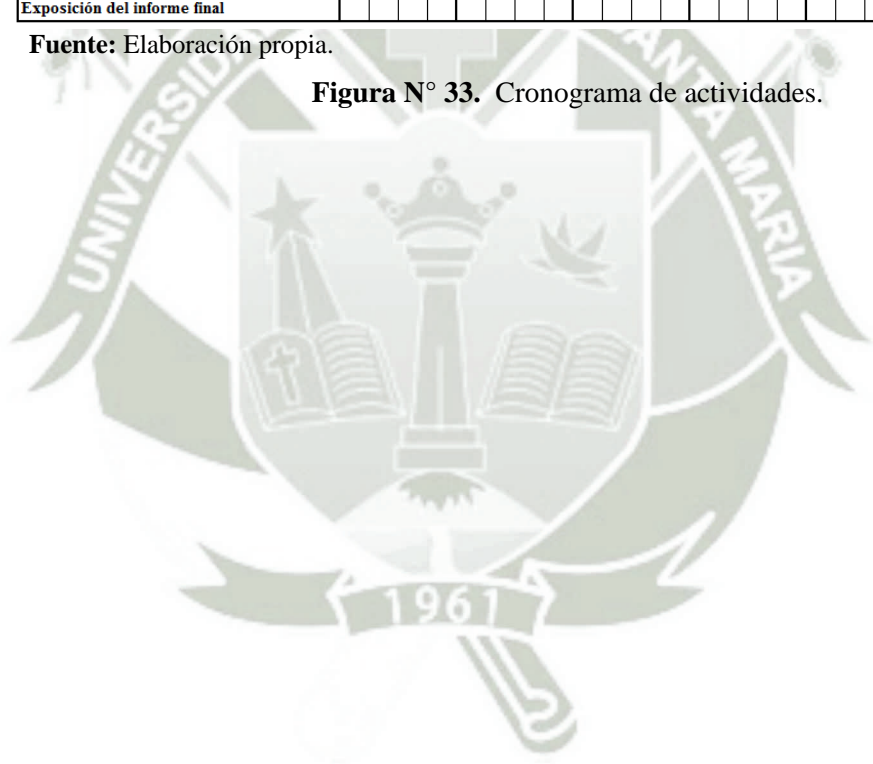
### 3.6. CRONOGRAMA.

**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

ACTIVIDADES	TIEMPO																							
	Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Selección del tema	■																							
Elaboración del perfil		■	■	■	■	■	■	■																
Presentación del perfil						■																		
Recolección de datos							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Procesamiento de datos									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Elaboración y presentación del trabajo final													■	■	■	■	■	■	■	■				
Correcciones del informe final																		■	■	■	■	■	■	■
Exposición del informe final																								■

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 33. Cronograma de actividades.





# ANEXO B

# CUESTIONARIO

## Evaluaciones del Programa de Mantenimiento

Cada pregunta y categoría puede ser evaluada respondiendo las preguntas dadas dentro de cada una de las 15 categorías. La nota apropiada para cada respuesta está entre paréntesis.

### 1.- Auditoría (AU)

Cuál es la utilización actual U? \_\_\_\_\_  
 Cuál es el Rendimiento actual R? \_\_\_\_\_  
 Cuál es el nivel actual de método M? \_\_\_\_\_  
 Cuál es la productividad actual? \_\_\_\_\_

$$\text{Total} = U \text{ \_\_\_\_\_\_ } \times R \text{ \_\_\_\_\_\_ } \times M \text{ \_\_\_\_\_\_ } = \text{ \_\_\_\_\_\_ }$$

$$\text{Puntaje} = \text{Total} / 10 = \text{ \_\_\_\_\_\_ }$$

### 2.- Organización, abastecimiento de personal y políticas (OPP)

Esta la carta de la organización actualizada y completa (10)  
 No se ha revisado en el pasado año o está incompleta (6)  
 No está actualizada ni completa (4)  
 No existe (0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Cada supervisor tiene su propia cuadrilla y su propia descripción del trabajo?

Todos (10)  
 Más del 90% (9)  
 Del 80 al 89% (8)  
 Del 70 al 79% (7)  
 Del 50 al 69% (6)  
 Menos del 50% (0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Cuál es la proporción de trabajadores para supervisar por cada hora?

12 a 15:1 (10)  
 8 a 11:1 (8)  
 16 a 20:1 (8)  
 menos de 8:1 o más de 20:1 (5)

Nota \_\_\_\_\_

¿Qué función de soporte – ingeniería de mantenimiento, ingeniería de planta, planificadores, coordinadores de materiales, coordinadores para entrenamiento, almacenes – están presentes?

Todos los 6 (10)  
 4 o 5 y no un planificador (6)  
 1 a 3 (4)  
 0 (0)

Nota \_\_\_\_\_

El departamento usa política de mando para labores por escrito, y metas de dirección semanalmente?

Sí (10)  
 Tiene pero no lo usa semanalmente (5)  
 No tiene o no usa (0)

Nota \_\_\_\_\_

$$\text{Total} = \text{ \_\_\_\_\_\_ }$$

$$\text{Puntaje} = \text{Total} / 5 = \text{ \_\_\_\_\_\_ }$$

### 3.- Entrenamiento de la Dirección (ED)

Existe un plan maestro de entrenamiento cubriendo la más alta dirección, supervisión, soporte, y personal?

Todos (10)  
 Tres (7)  
 Dos (5)  
 Uno (2)

Ninguno (0) Nota \_\_\_\_

La productividad está incluida en el entrenamiento?

Todo (10)

Tres (7)

Dos (5)

Uno (2)

Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_

Es el entrenamiento formal

Un poca más que sobre el trabajo (10)

Solo sobre el trabajo (5)

Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_

El entrenamiento es realizado por:

Personal especializado (10)

Línea de dirección y Staff (7)

Línea de dirección o solo otros trabajadores(5)

Nota \_\_\_\_

Total = \_\_\_\_

Puntaje = Total / 4 = \_\_\_\_

#### 4.- Entrenamiento de Planificadores (EP)

Mantenimiento tiene un planificador?

Sí (10)

No (0)

Nota \_\_\_\_

Hay un plan de entrenamiento para los planificadores?

Formal (10)

Sobre el trabajo (5)

No hay plan de entrenamiento (0)

Nota \_\_\_\_

El plan de entrenamiento incluye orden de trabajo, métodos de planificación, programación, productividad, métodos de mejoramiento, material de planificación, planificación de proyectos, chequeo en el campo, diseño de tiempos estándares, practicas estándares, planificación de multidestrezas, mantenimiento preventivo e historia de los equipos, uso del computador?

Todo (10)

75% (7)

50% (5)

25% (2)

Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_

Total = \_\_\_\_

Puntaje = Total / 3 = \_\_\_\_

#### 5.- Entrenamiento de Habilidades (EH)

Hay planes formales de entrenamiento de habilidades y destrezas?

Ambos (10)

Solo sobre el trabajo (5)

Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_

El entrenamiento es realizado por :

El staff (10)

Staff solo la línea de dirección (7)

Otros trabajadores (5)

El propio ego (0)

Nota \_\_\_\_

Que proporción de destrezas son incluidas?

100% (10)

75% (7)

50% (5)  
25% (2)  
Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_

¿Hay un mínimo de habilidades requeridas para cada título de trabajo?

Todo (10)  
75% (7)  
50% (5)  
25% (2)  
Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_

Total = \_\_\_\_

Puntaje = Total / 4 = \_\_\_\_

#### 6.- Motivación (MO)

La dirección global de las labores tiene un clima

Positivo (10)  
Neutral (7)  
Negativo (0)

Nota \_\_\_\_

Seleccionando 10 ejemplos al azar de rendimientos de trabajos sub-estándares. En que proporción está la proporción de problemas como opuesto para problemas de habilidad?

100% (0)  
80 a 89% (2)  
60 a 79% (4)  
40 a 59% (6)  
20 a 39% (8)  
0 a 19% (10)

Nota \_\_\_\_

Hay un estudio conducido recientemente sobre el clima laboral?

Sí (10)  
Más de 2 años atrás (5)  
Nunca (0)

Nota \_\_\_\_

¿Cuál es la reorganización anual (cambio de personal por ejemplo) para quitar y descargar?

Menos del 2% (10)  
3 a 5% (7)  
6 a 10% (5)  
Más del 10% (0)

Nota \_\_\_\_

¿Qué proporción del tiempo productivo se pierde porque se empieza tarde y se quita temprano?

Menos del 2% (10)  
3 a 5% (7)  
6 a 10% (5)  
Más del 10% (0)

Nota \_\_\_\_

Total = \_\_\_\_

Puntaje = Total / 5 = \_\_\_\_

#### 7.- Negociación

Si la planta tiene una unión o asociación de empleados y un contrato o acuerdo, responda las preguntas de esta sección. Si no, ir a la siguiente categoría.

Hubo una huelga antes o durante el establecimiento del presente contrato?

Sí (0)  
No (10)

Nota \_\_\_\_

¿Cuántos agravios han sido procesados en los últimos 6 meses como un porcentaje de las horas totales de los trabajadores de

mantenimiento	
Menos del 2%	(10)
3 a 5%	(8)
6 a 10%	(6)
Más del 10%	(0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Cuántos agravios fueron establecidos como un porcentaje del total de agravios?

Todos	(10)
75%	(7)
50%	(5)
25%	(2)
Ninguno	(0)

Nota \_\_\_\_\_

Total = \_\_\_\_\_

Puntaje = Total / 3 = \_\_\_\_\_

#### 8.- Dirección y control de presupuestos y costos (DCPC)

Usas la medida de trabajo del taller, presupuestos, y costos históricos actuales para controlar tu programa?

Los tres	(10)
Presupuestos y costos	(5)
Solo costos	(3)

Nota \_\_\_\_\_

Que controlas con índices y tendencias – porcentaje de paradas, rendimiento, cobertura, retardos, costos estándares por hora, productividad, tareas pendientes, nivel de servicio, sobre tiempo – son usados?

Todos	(10)
7 o 8	(7)
5 o 6	(5)
2 o 4	(2)
menos de 2	(0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Cuál es el tiempo de retraso entre el fin de un periodo y la recepción del reporte de control?

Un día o menos	(10)
2 a 4 días	(5)
Más de 5 días	(0)

Nota \_\_\_\_\_

Con que frecuencia son preparados los reportes?

Semanalmente	(10)
Mensualmente	(5)
Con menos frecuencia	(0)

Nota \_\_\_\_\_

Como son reportados el tiempo del trabajo, y el trabajo?

Individual por trabajo	(10)
Por día	(5)
Por semana	(3)
Por mes	(0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Cómo se reporte la información resumida?

Por supervisor responsable	(10)
Por departamento o centro de trabajo	(5)
Solo el total	(0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Cómo se distribuyen los reportes?

Para el supervisor responsable más un resumen para la alta gerencia	(10)
Solo para supervisor	(5)
No se distribuye o no se prepara	(0)

Nota \_\_\_\_\_

Total = \_\_\_\_

Puntaje = Total / 7 = \_\_\_\_

9.- Orden de trabajo, Planificación y Programación (OTPP)

¿Qué proporción del tiempo trabajado está cubierta por una orden de trabajo escrita?

Más del 90%	(10)
80 al 89%	(8)
70 al 79%	(7)
69% o menos	(5)
Ninguno	(0)

Nota \_\_\_\_

¿Qué proporción de órdenes de trabajo relacionan un contenido de trabajo específico.

Más del 90%	(10)
80 al 89%	(8)
70 al 79%	(7)
69% o menos	(5)
Ninguno	(0)

Nota \_\_\_\_

¿Qué proporción de órdenes de trabajo han llevado bastante tiempo para su planificación (2 a 4 semanas)

Más del 90%	(10)
80 al 89%	(8)
70 al 79%	(7)
69% o menos	(5)
Ninguno	(0)

Nota \_\_\_\_

¿Qué proporción de órdenes de trabajo tienen todos los siguientes puntos pre-planeados: El trabajo satisface las destrezas, materiales, equipos y herramientas especiales, secuencia de las diferentes destrezas, diseño de tiempos de trabajo estándar, acceso al sitio de trabajo, fecha programada?

Más del 90%	(10)
75 a 90%	(8)
60 a 74%	(6)
40 a 59%	(4)
Menos de 40%	(2)
Ninguno	(0)

Nota \_\_\_\_

¿Son todas los trabajos de paradas pre planeados y programados?

Sí	(10)
Solo trabajos mayores	(5)
Ninguno	(0)

Nota \_\_\_\_

¿Los supervisores chequean la calidad e integridad de cada trabajo?

Sí	(10)
Mayoría de trabajos	(7)
La mitad	(5)
Menos de la mitad	(0)

Nota \_\_\_\_

Total = \_\_\_\_

Puntaje = Total / 6 = \_\_\_\_

10.- Medios y facilidades de evaluación (ME)

Hay un plan actual para la planta?

Actualizado dentro del último año	(10)
De 2 a 4 años	(6)
Más antiguo o ninguno	(0)

Nota \_\_\_\_

La ubicación y diseño del taller de mantenimiento es:

Ideal	(10)
Bueno	(8)
Aceptable	(7)
Pobre	(0)

Nota \_\_\_\_\_

Es la administración del taller	
Superior	(10)
Excelente	(9)
Bueno	(8)
Aceptable	(7)
Pobre	(0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Los equipos son seguros y se emplean siempre señales?	
En todas las áreas	(10)
En la mayoría	(7)
Algunas veces	(2)
Ninguna	(0)

Nota \_\_\_\_\_

Están disponibles los equipos y herramientas para los técnicos y es la carga de trabajo:	
Mejor que el promedio?	(10)
Promedio?	(7)
Debajo del promedio?	(5)

Nota \_\_\_\_\_

El promedio de espacio de las oficinas de los supervisores y staff :	
En promedio, más de 75 pies <sup>2</sup> por persona	(10)
Cerca de 75 pies <sup>2</sup>	(7)
Menos de 75 pies <sup>2</sup>	(5)
Ninguno	(0)

Nota \_\_\_\_\_

La iluminación para la realización de las tareas es	
Mejor que el promedio?	(10)
Promedio?	(7)
Debajo del promedio?	(5)
Pobre?	(0)

Nota \_\_\_\_\_

Los servicios – eléctricos, agua, aire, gas, vapor, desagües y levantamiento de desechos – programado por mantenimiento en intervalos adecuados, anualmente?	
100%	(10)
75%	(7)
50%	(5)
25%	(2)
Ninguno	(0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Qué proporción de los trabajos de los empleados son cubiertos por rutas planeadas diariamente así como herramientas y estándares diseñados?	
Más del 95%	(10)
85 al 95%	(9)
65 al 85%	(7)
0 a 65%	(4)
Ninguno	(0)

Nota \_\_\_\_\_

Todas las grúas, plumas, camiones, y equipos de elevación están cubiertos por un plan de mantenimiento preventivo?	
Sí	(10)
75%	(7)
50%	(5)
25%	(2)
Ninguna	(0)

Nota \_\_\_\_\_

Total = \_\_\_\_\_

Puntaje = Total / 10 = \_\_\_\_\_

#### 11.- Control de Almacenes, Materiales y Herramientas (CAMH)

El departamento tiene un catálogo del almacén actualizado?

Todos los ítems excepto de alto volumen  
e ítems de bajo costo (10)  
Mayoría de ítems (7)  
Algunos ítems (4)  
Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Hay un sistema de inventario permanente para ítems mayores y repuestos?  
Todo (10)  
75% (7)  
50% (5)  
25% (2)  
Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Hay un sistema de “doble caja” para ítems de alto volumen y de bajo costo?  
Todos (10)  
75% (7)  
50% (5)  
25% (2)  
Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Hay un procedimiento de retiros para todo menos para los ítems de alto volumen y bajo costo?  
Sí (10)  
75% (7)  
50% (5)  
25% (2)  
Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Hay un procedimiento para el control de las herramientas de toda la compañía?  
Sí (10)  
75% (7)  
50% (5)  
25% (2)  
Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Hay una lista estándar de herramientas dadas a los trabajadores por la compañía y dadas por los trabajadores?  
Sí (10)  
Solo de la compañía (5)  
Solo individuales (5)  
Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Qué proporción de herramientas está fuera de servicio para reparar?  
Ninguna (10)  
10% (8)  
20% (7)  
Más (0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Las cantidades de orden económico son calculadas?  
Todos los ítems (10)  
La mayoría (7)  
Algunos (5)  
Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Hay niveles máximos y mínimos de existencias y estos son mantenidos?  
La mayoría (7)  
Algunos (5)  
Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Qué proporción de órdenes de material son repartidos a tiempo?  
100% (10)  
90% (9)  
80 a 89% (8)  
70 a 79% (7)  
60 a 69% (6)

59% o menos

(0)

Nota \_\_\_\_\_

Total = \_\_\_\_\_

Puntaje = Total / 11 = \_\_\_\_\_

12.- Mantenimiento Preventivo e Historia del Equipo (MPHE)

¿Qué proporción de equipos mayores tienen archivado la historia de reparaciones?

100% (10)  
75% (7)  
50% (5)  
25% (2)  
Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Cuántas historias archivadas son revisadas por lo menos una vez al año?

Todas (10)  
75% (7)  
50% (5)  
25% (2)  
Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Qué proporción de equipos de la planta están cubiertos por rutinas de mantenimiento preventivo?

100% (10)  
75% (7)  
50% (5)  
25% (2)  
Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Qué equipos están cubiertos por todos los siguientes reportes: tendencia de tiempos de paradas, MP con programación, instrucciones escritas de MP, tiempo total de MP, tiempo para las altas reparaciones.

Todos (10)  
75% (7)  
50% (5)  
25% (2)  
Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Con qué frecuencia son preparados los reportes?

Semanalmente (10)  
Mensualmente (7)  
Menos frecuentemente (4)  
Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_\_

Total = \_\_\_\_\_

Puntaje = Total / 5 = \_\_\_\_\_

13.- Ingeniería (IN)

Ingeniería de confiabilidad es empleada para el control del tiempo de parada sobre qué proporción del equipo de la planta?

100% (10)  
75% (7)  
50% (5)  
25% (2)  
Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Qué proporción de la historia de los equipos son analizadas para determinar el MTBF y MTTR actual?

100% (10)  
75% (7)  
50% (5)  
25% (2)  
Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Qué proporción de reparaciones mayores y proyectos de construcción tiene a un ingeniero asignado?

100%	(10)
75%	(7)
50%	(5)
25%	(2)
Ninguno	(0)

Nota \_\_\_\_\_

Rutinas de diagnóstico (análisis vibracional, toma de temperaturas, erosión, corrosión, electricidad, calibraciones, análisis de gases) son usados en forma regular sobre una base programada, ¿sobre qué proporción de los equipos de la planta?

100%	(10)
75%	(7)
50%	(5)
25%	(2)
Ninguno	(0)

Nota \_\_\_\_\_

Total = \_\_\_\_\_

Puntaje = Total / 4 = \_\_\_\_\_

14.- Medida del trabajo, incentivos (MTI)

Como son encontrados los tiempos estándar?

Tiempos predeterminados (TPD), tiempo estudiado, y dato estándar	(10)
Medida directa con TPD y tiempo estudiado	(6)
Probando el trabajo	(5)
Tiempo estimado	(4)
Ninguno	(0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Qué sistema de aplicación es empleado?

Marcando y comparando el contenido del trabajo	(10)
Medida directa	(5)
Ninguno	(0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Qué proporción del tiempo actual trabajado está cubierto por estándares?

Más del 85%	(10)
70 a 84%	(7)
Menos del 70%	(4)
Ninguno	(0)

Nota \_\_\_\_\_

Los tiempos de trabajo sobre la orden de trabajo:

Lo ve el supervisor y la gente?	(10)
Dado solo para el supervisor	(5)
Ninguno	(0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Qué proporción de los trabajadores de mantenimiento son pagados con un plan de incentivo de sueldos atado a su salida?

Más del 95%	(10)
80 a 95%	(9)
60 a 80%	(7)
40 a 60%	(5)
Menos del 40%	(0)

Nota \_\_\_\_\_

¿Qué tipo de plan de incentivos está usando el departamento?

Hora estándar uno por uno o Pequeños grupos	(10)
Multifactor o grandes grupos	(5)
Ninguno	(0)

Nota \_\_\_\_\_

Total = \_\_\_\_\_

Puntaje = Total / 4 = \_\_\_\_\_

15.- Procesamiento de datos (PD)

El sistema de mantenimiento incluye algún soporte por computador?

Si (10)  
No (0)

Nota \_\_\_\_

¿Qué categorías de información están disponibles en el sistema computarizado?: la nómina, reporte de tiempos, orden de trabajo, planificación de trabajo, programación diaria o trabajo rutinario, grandes rangos programados para proyectos, reportes de control para la dirección, tiempos de paradas, historia de los equipos, mantenimiento preventivo, control de almacenes y materiales, análisis estadístico, justificación de costos.

Todos (10)  
75% (7)  
50% (5)  
25% (2)  
Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_

El sistema está

En línea? (10)  
En batch? (5)  
Ninguno (0)

Nota \_\_\_\_

El sistema relaciona capacidades con responsabilidades individuales?

Siempre (10)  
La mayoría de las veces (7)  
Algunas veces (5)  
Nunca (0)

Nota \_\_\_\_

Los reportes son oportunos?

Semanalmente o más frecuentemente (10)  
Mensualmente (5)  
Menos frecuencia (0)

Nota \_\_\_\_

La información es completa y confiable?

Siempre (10)  
La mayoría de las veces (7)  
Algunas veces (5)  
Nunca (0)

Nota \_\_\_\_

Que tan bueno es el sistema de seguridad controlando quien tiene acceso y en que nivel?

Excelente (10)  
Adecuado (7)  
Inadecuado (4)

Nota \_\_\_\_

Total = \_\_\_\_

Puntaje = Total / 7 = \_\_\_\_





Foto N° 1. Inyectora mecánica 11INM01.



Foto N° 2. Inyectora mecánica 11INM02.



Foto N° 3. Fresadora mecánica 12FRM01.



Foto N° 4. Fresadora CNC 12FRC01.



Foto N° 5. Fresadora CNC 12FRC02.



Foto N° 6. Tornos mecánicos 12TOM01,  
12TOM02 y 12TOM03.



Foto N° 7. Torno CNC 12TOC01.



Foto N° 8. Taladro mecánico  
12TAM01.



Foto N° 9. Taladro mecánico  
12TAM02.



# ANEXO D

## GUÍA METODOLÓGICA ANÁLISIS DE CRITICIDAD

# GUÍA DE APRENDIZAJE



## Metodología Análisis de Criticidad (AC).



Aprendizaje  
Virtual

## 1. Objetivo

### 1.1 Introducción a la Metodología Análisis de Criticidad (AC).

Bienvenido, a continuación conocerás la Metodología de Análisis de Criticidad.

Al finalizar este tema, serás capaz de:

- Conocer los conceptos de Análisis de Criticidad autorizados para PEP.
- Determinar las estrategias mas adecuadas para valorar la criticidad de las instalaciones, sistemas y equipos en PEP.
- Asesorar en la aplicación de la Metodología de Análisis de Criticidad en los Centros de Procesos o Instalaciones de PEP.

## 2. Términos y conceptos de análisis de Criticidad.

### Definiciones y términos de la Metodología de Análisis de Criticidad (AC).

Para dominar el lenguaje de la Metodología de Análisis de Criticidad (AC) debes conocer los siguientes términos y conceptos.

#### 2.1 ¿Que es el análisis de Criticidad?

Es una metodología que permite establecer jerarquías entre:

- **Instalaciones**
- **Sistemas**
- **Equipos**
- **Elementos de un equipo**

De acuerdo con su impacto total del negocio, obtenido del producto de la frecuencia de fallas por la severidad de su ocurrencia, sumándole sus efectos en la población, daños al personal, impacto ambiental, perdida de producción y daños en la instalación.

Además, apoya la toma de decisiones para administrar esfuerzos en la gestión de mantenimiento, ejecución de proyectos de mejora, rediseños con base en el impacto en la confiabilidad actual y en los riesgos.

**2.2 Activo:** Término contable para cualquier recurso que tiene un valor, un ciclo de vida y genera un flujo de caja. Puede ser humano, físico y financiero intangible. Por ejemplo: el personal, centros de trabajo, plantas y equipos, entre otros.

**2.3 Acción/recomendación:** Es la asignación para ejecutar una tarea o serie de tareas para resolver una causa identificada en la investigación de una falla o problema.

**2.4 Afectación:** Es la limitación y condiciones que se imponen por la aplicación de una ley al uso de un predio o un bien particular o federal, para destinarlos total o parcialmente a obrar de utilidad pública.

**2.5 Análisis de Criticidad de Modo de Falla y Efectos (FMECA, Failure Mode, Effects and Criticality Analysis):** Es un método que permite cuantificar las consecuencias o impacto de las fallas de los componentes de un sistema, y la frecuencia con que se presentan para establecer tareas de mantenimiento en aquellas áreas que están generando mayor repercusión en la funcionalidad, confiabilidad, mantenibilidad, riesgos y costos totales, con el fin de mitigarlas o eliminarlas por completo.

**2.6 Causa de falla:** Circunstancias asociadas con el diseño, manufactura, instalación, uso y mantenimiento que hayan conducido a una falla.

**2.7 Confiabilidad operacional:** Es la capacidad de un activo (representado por sus procesos, tecnología y gente) para cumplir sus funciones o el propósito que se espera de este, dentro de sus límites de diseño y bajo un Contexto Operacional determinado.

**2.8 Consecuencia:** Resultado de un evento. Puede existir una o más consecuencias de un evento, las cuales sean expresadas cualitativa o cuantitativamente. Por ello, los modelos para el cálculo deben considerar los impactos en seguridad, higiene, ambiente, producción, costos de reparación e imagen de la empresa.

**2.9 Consecuencia de una Falla:** Se define en función a los aspectos que son de mayor importancia para el operador, como el de seguridad, el ambiental y el económico.

**2.10 Contexto Operacional:** Conjunto de factores relacionados con el entorno; incluyen el tipo de operación, impacto ambiental, estándares de calidad, niveles de seguridad y existencia de redundancias.

**2.11 Criticidad:** Es un indicador proporcional al riesgo que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, y permite direccionar el esfuerzo y los recursos a las áreas donde es más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad y administrar el riesgo.

**2.12 Defecto:** Causa inmediata de una falla: desalineación, mal ajuste, fallas ocultas en sistemas de seguridad, entre otros.

**2.13 Efecto de falla:** Describe lo que ocurre cuando acontece cada modo de falla.

**2.14 Falla:** Terminación de la habilidad de un ítem para ejecutar una función requerida.

**2.15 Falla funcional:** Es cuando el ítem no cumple con su función de acuerdo al parámetro que el usuario requiere.

**2.16 Jerarquización:** Ordenamiento de tareas de acuerdo con su prioridad.

**2.17 Modo de falla:** Es la forma por la cual una falla es observada. Describe de forma general como ocurre y su impacto en la operación del equipo. Efecto por el cual una falla es observada en un ítem fallado. Hechos que pueden haber causado cada estado de falla.

**2.18 Mecanismo de falla:** Proceso físico, químico u otro que ha conducido un deterioro hasta llegar a la falla.

**2.19 Prioridad:** La importancia relativa de una tarea en relación con otras tareas.

**2.20 Riesgo:** Este término de naturaleza probabilística está definido como la "probabilidad de tener una pérdida". Comúnmente se expresa en unidades monetaria. Matemáticamente se expresa como:

$$R(t) = P(t) \times C$$

Donde:

R(t) es el riesgo en función del tiempo P es la probabilidad de ocurrencia de un evento en función del tiempo, y C sus consecuencias.

### 3 Descripción de la metodología de Análisis de Criticidad.

Para determinar la criticidad de una unidad o equipo se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla.

En un eje se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla.



La matriz tiene un código de colores que permite identificar la menor o mayor intensidad de riesgo relacionado con el Valor de Criticidad de la instalación, sistema o equipo bajo análisis.

- **¿Qué elementos se deberían tomar en cuenta para determinar la criticidad?**

La criticidad se determina cuantitativamente, multiplicando la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de una falla por la suma de las consecuencias de la misma, estableciendo rasgos de valores para homologar los criterios de evaluación.

### **Criticidad = Frecuencia x Consecuencia**

Para realizar en Análisis de Criticidad debes seguir los siguientes pasos:

- **Primer paso-Definir el nivel de análisis:**

Se deberán definir los niveles en donde se efectuará el análisis: instalación, sistema, equipo o elemento, de acuerdo con los requerimientos o necesidades de jerarquización de activos:

### **Niveles de análisis para evaluar criticidad**



**Información necesaria:**

- ✓ Se requiere contar con la siguiente información para realizar el análisis.
- ✓ Relación de las instalaciones (se refiere al tipo de instalaciones).
- ✓ Relación de sistema y equipo por instalación (se requiere a diferentes tipos de sistemas y equipos).
- ✓ Ubicación (área geográfica, región) y servicio.
- ✓ Filosofía de operación de la instalación y equipo.
- ✓ Diagramas de Flujo de Proceso (DFP).
- ✓ Registros disponibles de eventos no deseados o fallas funcionales.
- ✓ Frecuencia de ocurrencia de los eventos no deseados o las fallas consideradas en el análisis.
- ✓ Registros de los impactos en producción (% pérdida de producción debido a la falla del elemento, equipo, sistema o instalación en estudio, producción diferida y costos relacionados).
- ✓ Registros de los impactos en la seguridad de los procesos.

**➤ Segundo paso-Definir la Criticidad:**

La estimación de la frecuencia de falla y el impacto total o consecuencia de las fallas se realiza utilizando criterios y rangos preestablecidos:

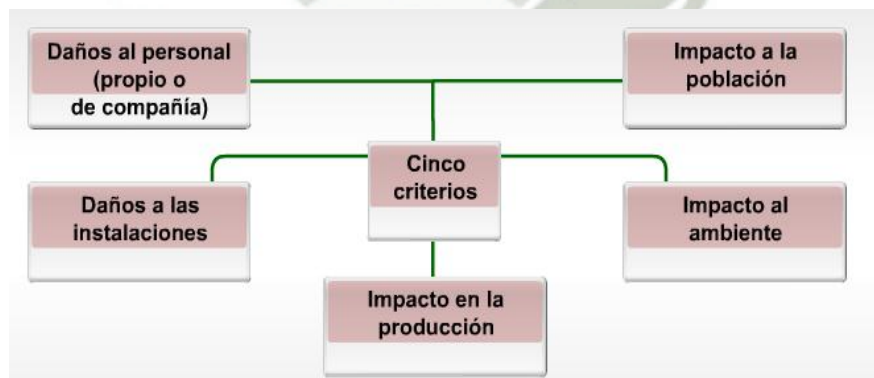
**Estimación de la frecuencia de la falla funcional:** Para cada equipo puede existir más de un modo de falla, el más representativo será el de mayor impacto en el proceso o sistema. La frecuencia de ocurrencia del evento se determina por el número de eventos por año.

La siguiente tabla muestra los criterios para estimar la frecuencia.

Se utiliza el Tiempo Promedio entre Fallas (TPEF) o la frecuencia de falla en número de eventos por año, en caso de no contar con esta información utilizar base de datos genéricos (PARLOC, OREDA, etc.) y si esta no está disponible basarse en la opinión de expertos.

Categoría	Tiempo promedio entre fallas TPEF, en años	Número de fallas por año	Interpretación
5	$TPEF < 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurran varias fallas en un año.
4	$1 \leq TPEF < 10$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurran varias fallas en 10 años, pero es poco probable que ocurra en 1 año.
3	$10 \leq TPEF < 100$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurran varias fallas en 100 años, pero es poco probable que ocurra en 10 años.
2	$100 \leq TPEF < 1000$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es probable que ocurran varias fallas en 1000 años, pero es poco probable que ocurra en 100 años.
1	$TPEF \geq 1000$	$0.001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurran en 1000 años.

Para la estimación de las consecuencias o impactos de la falla, se emplean los siguientes criterios y sus rasgos preestablecidos.



Los daños al personal, impacto a la población y al ambiente serán categorizados considerando los criterios que se indican en la tabla Categoría de los Impactos.

Los Impactos en la Producción (IP) cuantifican las consecuencias que los eventos no deseados generan sobre el negocio. Este criterio se evaluará considerando los siguientes factores: Tiempo Promedio para Reparar (TPPR), Producción Diferida, Costos de Producción (aceite y gas).

$$IP = (\text{Producción Diferida} \times \text{TPPR} \times \text{Costo Unitario del Producto})$$

El valor resultante permitirá categorizar el IP de acuerdo con los criterios de la tabla Categoría de los Impactos.

Los impactos asociados a Daños de las instalaciones (DI) se evaluarán considerando los siguientes factores:

- ✓ Equipos afectados
- ✓ Costos de Reparación
- ✓ Costos de Reposición de Equipos

$$DI = (\text{Costos de Reparación} + \text{Costos de Reposición de Equipos})$$

El valor resultante permitirá categorizar el DI de acuerdo con los criterios de la tabla Categoría de los Impactos.

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)	Daños a la instalación (USD)
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad.	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	Mayor de 50 MM	Mayor de 50 MM
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Incapacidad parcial, permanente, daños o enfermedades en al menos un miembro de la población.	Daños irreversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales.	De 15 a 50 MM	De 15 a 50 MM
3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Requiere suspensión laboral.	Puede resultar en la hospitalización de al menos 3 personas.	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada.	De 5 a 15 MM	De 5 a 15 MM
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	Puede resultar en heridas o enfermedades que requieran tratamiento médico o primeros auxilios.	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 500 mil a 5 MM	De 500 mil a 5 MM
1	Sin impacto en el personal de la planta.	Sin efecto en la población	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones.	Hasta 500 mil	Hasta 500 mil

De la tabla Categoría de los Impactos, el valor ubicado en la columna Categoría se asignara a las consecuencias, y este se empleara para realizar el cálculo del nivel de criticidad. El impacto o consecuencia total de una falla se determina sumando los valores de las categorías correspondientes a cada columna o criterio multiplicado por el valor de la categoría obtenida de la tabla que determina la frecuencia de ocurrencia de falla.

➤ **Tercer Paso-Calculo del nivel de criticidad:**

Para determinar el nivel de criticidad de una instalación, sistema, equipo o elemento se debe emplear la formula:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \times \text{consecuencia}$$

Para las variables se utilizan los valores preestablecidos como “categorías” de las tablas **Categoría de las Frecuencias de Ocurrencia** y **Categoría de los impactos**, respectivamente.

Una vez obtenido el valor de la criticidad, se busca en la Matriz de Criticidad diseñada para PEP, para determinar el nivel de criticidad de acuerdo con los valores y la jerarquización establecidos.

**Matriz de Criticidad-PEP**

Frecuencia	5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	
	4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100	
	3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	
	2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	
	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Impacto	

- Criticidad Alta**    (A)    color rojo     $50 \leq \text{Criticidad} \leq 125$
- Criticidad Media**    (B)    color amarillo     $30 \leq \text{Criticidad} \leq 49$
- Criticidad Baja**    (C)    color verde     $5 \leq \text{Criticidad} \leq 29$

➤ **Cuarto paso-Análisis y Validación de los resultados:**

Los resultados obtenidos deberán ser analizados a fin de definir acciones para minimizar los impactos asociados a los modos de falla identificados que causan la falla funcional.

Este análisis final permitirá validar los resultados obtenidos, a fin de detectar cualquier posible desviación que amerite la reevaluación de la criticidad.

➤ **Quinto paso-Definir el nivel de análisis:**

El resultado obtenido de la frecuencia de ocurrencia por el impacto permite “jerarquizar” los problemas, componentes, equipos, sistemas o procesos, basado en la criticidad. El cual es el objetivo de la aplicación de la metodología.

La valoración del nivel de criticidad y la identificación de los activos más críticos permitirá orientar los recursos y esfuerzos a las áreas que más lo ameriten, así como gerenciar las acciones de mitigación del riesgo en elementos subsistemas, considerando su impacto en el proceso.

➤ **Sexto paso-Determinar la criticidad.**

Permite completar la metodología, sin formar parte de la misma. Cuando en la evaluación de un activo obtenemos frecuencias de ocurrencias altas, las acciones recomendadas para llevar la criticidad de un valor más tolerable deben orientarse a reducir la frecuencia de ocurrencia del evento. Si el valor de criticidad se debe a valores altos en alguna de las categorías de consecuencias, las acciones deben orientarse a mitigar los impactos que el evento (modo de falla o falla funcional) puede generar.

Dentro de las acciones o actividades que se recomiendan, se pueden incluir la aplicación de otras metodologías de Confiabilidad, con el objeto de:

- Identificar las causas raíz de los eventos de deseados y recomendar acciones que las eliminen mediante el Análisis Causa Raíz (ACR).
- Mitigar los efectos y consecuencias de los modos de falla y frecuencia de las fallas por medio de las aplicaciones de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) e Inspección Basada en Riesgo (IBR).
- Complementar y/o validar los resultados mediante análisis RAM.

#### **Séptimo paso-Sistema de Seguimiento de control:**

Después de la selección de las acciones de mejora en las frecuencias de ocurrencia de los eventos y mitigación de impactos se debe crear y establecer en Seguimiento y Control, para garantizar el monitoreo de la ejecución de las acciones seleccionadas y el cumplimiento de las recomendaciones consecuentes de AC.

Los objetivos de Seguimiento y Control son:

- Asegurar la continuidad en el tiempo de la aplicación de los planes de acción resultantes de la aplicación de la Metodología Análisis de Criticidad.
- Promover la cultura del dato en todos los niveles de la empresa.
- Monitorear los cambios o mejoras que pueden derivarse de la aplicación de las acciones generadas como resultados de los análisis para determinar si requiere un nuevo análisis.

### **Octavo paso-Análisis y Validación de los resultados:**

Se debe crear un expediente, con los registros y documentos resultantes de la aplicación de las Análisis de Criticidad realizados a las instalaciones, sistema, equipos y elementos.

Para facilitar el estudio se puede utilizar el formato que se muestra a continuación para registrar la evaluación de criticidad de un activo.

Para el caso de los equipos, instalaciones, ductos, los resultados obtenidos del análisis deberán registrarse en PM-SAP empleando la Creación o Modificación de Equipos en el Modulo de Mantenimiento de SAP. Clave: 202-60000-ITOP-117-0002, Noviembre 2004, inciso 1.1.1.3.



#### 4 Ejemplos del uso de la Metodología Análisis de Criticidad.

Revisa los siguientes ejemplos de aplicación de la Metodología Análisis de Criticidad.

**Ejemplo:** Determinar la criticidad de las turbinas del sistema de compresión de la planta oriente.

**Equipo:** Turbina EQT-001

**Tiempo de reparación:** De 15 a 45  
Días

**Ubicación:** Sistema Compresión - P.O.

**Consecuencias:**

**Condiciones Operacionales:**

Fluido: Gas

Presión de operación: 75 Kg/cm<sup>2</sup>

Temp. De Operación: 40C.

Daños al personal: Heridos o daños menores que requieren atención medica o primeros auxilios.

Impacto a la población: Sin impacto

Impacto ambiental: Sin impacto

Impacto de producción: Perdida del 10% de la producción diaria manejada por el sistema (entre 5.0 – 8.5 mm (usd).

**Filosofía operacional:** Sistema con 4 turbinas en paralelo-operan 4/4- la pérdida del 10% de la producción diaria manejada por el sistema.

Daños a las instalaciones: Daños en los que elementos internos de la turbina (alabes, rotor, otros).

**Modo de falla representativo:** Daño en los alabes

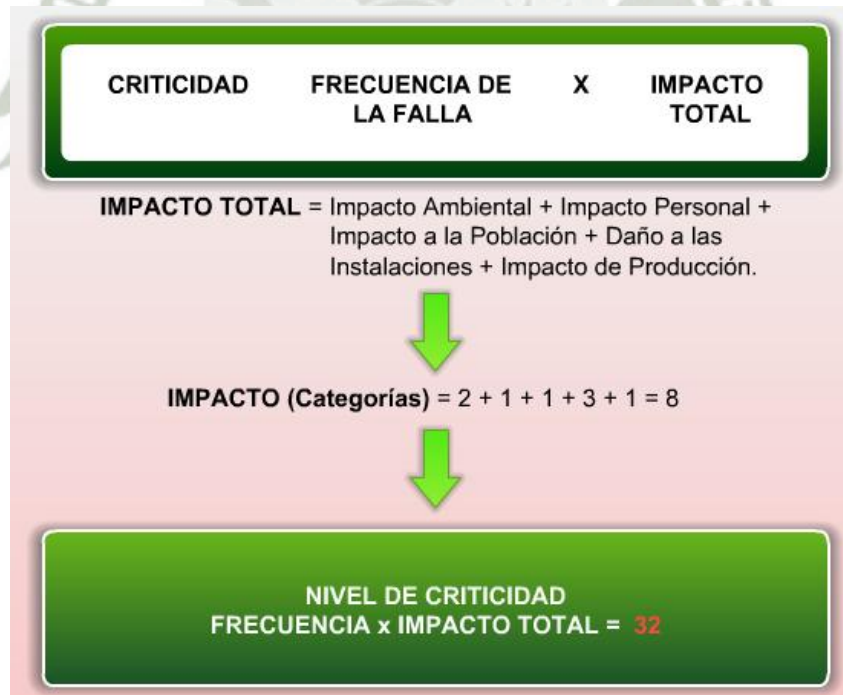
**Frecuencia de ocurrencia:** Cada 4 años aproximadamente

Costos de reparación: 0.3 mm (usd)

Para determinar las Categorías de Frecuencias y las Categorías de Ocurrencias, revisa las tablas.

### Categorías de Frecuencias.

Categoría	Tiempo medio entre fallas TPEF, en años	Frecuencia: número de fallas por año, $\lambda$	Interpretación de probabilidad
5	$TPEF < 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurra varias veces en un año
4	$1 ? TPEF < 10$	$0.1 < ? 1$	Es probable que ocurra algunas veces en 10 años, pero es poco probable que ocurra en un año
3	$10 ? TPEF < 100$	$0.01 \lambda ? 0.1$	Es poco probable que ocurra una vez en 10 años
2	$100 ? TPEF < 1000$	$0.001 < ? 0.1$	Es poco probable que ocurra en 100 años
1	$TPEF ? 1000$	$0.001 ? \lambda$	Es poco probable que ocurra en 1000 años

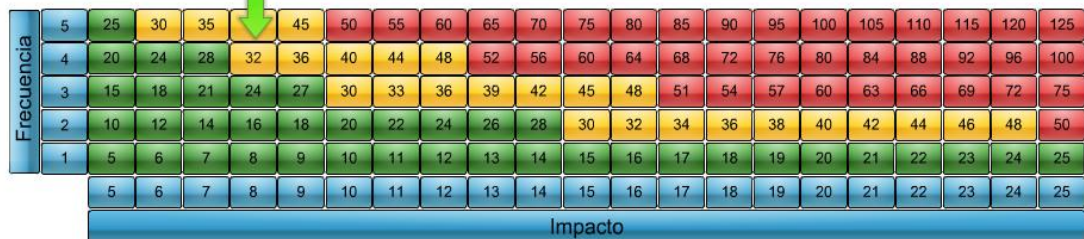


Categoría	Daños al Personal	Impacto en la Población	Impacto al Ambiente	Daño a las Instalaciones
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad.	Mayor de 50 MM	Mayor de 50 MM
4	Incapacidad parcial permanente, heridas severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa. Requiere suspensión laboral.	Incapacidad parcial permanente, daños o enfermedades en al menos un miembro de la población.	De 5 a 50 MM	De 5 a 50 MM
3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Daños reportables.	Puede resultar en la hospitalización de al menos 3 personas, requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	De 500 mil a 5 MM	De 500 mil a 5 MM
2	<b>El personal de planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios. Daños reportables.</b>	Puede resultar en heridas o enfermedades leves.	De 50 mil a 500 mil	De 50 mil a 500 mil
1	No se esperan heridas o daños físicos.	Sin efecto en la población.	Hasta 50 mil	Hasta 50 mil



Nivel de Criticidad **32**

- Criticidad Baja – B
- Criticidad Media – M
- Criticidad Alta – A



Jerarquía de la Criticidad - Criticidad Media (B)

**Ejemplo:** determinar la Criticidad del Turbocompresor C3 del Centro de Procesos de MAR. Para determinar las Categorías de las Frecuencias de Ocurrencia y las categorías de Impactos, revisa la siguiente tabla.

**Tabla de categoría de Frecuencias.**

Categoría	Tiempo medio entre fallas TPEF, en años	Tasa de fallas por año $\lambda$	Interpretación de probabilidad
5	$TPEF < 1$	$\lambda > 1$	Es probable que ocurra varias veces en un año
4	$1 \leq TPEF < 10$	$0.1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurra algunas veces en 10 años, pero es poco probable que ocurra en un año
3	$10 \leq TPEF < 100$	$0.01 < \lambda \leq 0.1$	Es probable que ocurra algunas veces en 100 años, pero poco probable que ocurra en 10 años
2	$100 \leq TPEF < 1000$	$0.001 < \lambda \leq 0.01$	Es poco probable que ocurra en 100 años
1	$TPEF \geq 1000$	$0.001 \leq \lambda$	Es poco probable que ocurra en 1000 años

**Tabla de Categoría de Impactos.**

Categoría	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)	Daños a la instalación (USD)
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la comunidad.	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	Mayor de 50 MM	Mayor de 50 MM
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Incapacidad parcial, permanente, daños o enfermedades en al menos un miembro de la población.	Daños irreversibles al ambiente pero que violan regulaciones y leyes ambientales.	De 15 a 50 MM	De 15 a 50 MM
3	Daños o enfermedades severas de varias personas de la instalación. Requiere suspensión laboral.	Puede resultar en la hospitalización de al menos 3 personas.	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regularizaciones, la restauración puede ser acumulada.	De 5 a 15 MM	De 5 a 15 MM
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	Puede resultar en heridas o enfermedades que requieran tratamiento médico o primeros auxilios.	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	De 500 mil a 5 MM	De 500 mil a 5 MM
1	Sin impacto en el personal de la planta.	Sin efecto en la población	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones.	Hasta 500 mil	Hasta 500 mil

### Datos de Impactos de la Falla del Turbocompresor TC-3

Impacto / hrs.	Impacto Paro (MMPCD)	Costo en USD	Impacto total (USD)
4,16666667	25	5000	125000

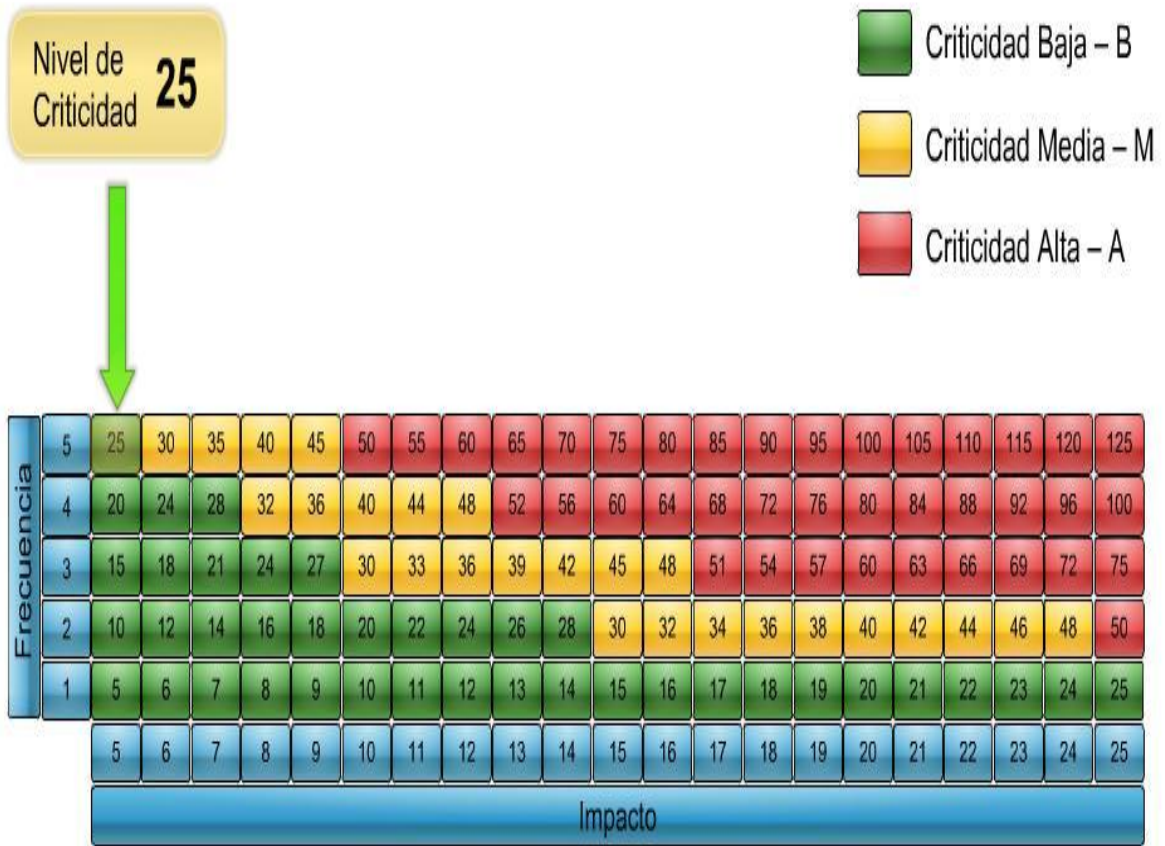
**Criticidad = Frecuencia de Falla x Impacto Total**

**Impacto Total** = Impacto Ambiental + Impacto al Personal + Impacto en Producción + Impacto en la Instalación + Impacto en la Población

**Impactos (Categorías) = 1+ 1 + 1+ 1+ 1 = 5**  
**Nivel de Criticidad = 5 x 5 = 25**

Se busca este número en la Matriz para determinar la jerarquía de la criticidad, que en este caso es baja.

		Σ Consecuencias												
		Daños a la instalación		Impacto en Producción		Daños al Personal		Efecto en la Población		Impacto Ambiental		C=F*(Σ Consecuencias)		
Equipo	Frecuencia	Rango	Categoría	Rango	Categoría	Rango	Categoría	Rango	Categoría	Rango	Categoría	CRITICIDAD	Nivel Criticidad	
TC-3	1	Hasta 500,000	1	Hasta 500,000	1	Hasta 500,000	Sin impacto en el personal de la planta	1	Sin efecto en la población	1	Mínimos Daños ambientales mitigables sin violación	1	25	Baja



Matriz de Criticidad - PEP





# ANEXO E

# TABLAS DE COSTOS

**TABLAS DE COSTOS DEL AÑO 2014**

COSTOS FIJOS						
Mes	Mano de Obra Dentro del Taller [ C <sub>1a</sub> ]					
	Pago x Hora s/.	Pago x Minu s/.	Mantto 20 min s/.	7 Operarios s/.	Al Mes s/.	
Enero	7.50	0.13	2.50	17.50	525.00	
Febrero	7.50	0.13	2.50	17.50	525.00	
Marzo	7.50	0.13	2.50	17.50	525.00	
Abril	7.50	0.13	2.50	17.50	525.00	
Mayo	7.50	0.13	2.50	17.50	525.00	
Junio	7.50	0.13	2.50	17.50	525.00	
Julio	7.50	0.13	2.50	17.50	525.00	
Agosto	7.50	0.13	2.50	17.50	525.00	
Setiembre	7.50	0.13	2.50	17.50	525.00	
Octubre	7.50	0.13	2.50	17.50	525.00	
Noviembre	7.50	0.13	2.50	17.50	525.00	
Diciembre	7.50	0.13	2.50	17.50	525.00	
<b>Total [ C<sub>1</sub> ]</b>					<b>6300.00</b>	

**Fuente:** Elaboración propia.

COSTOS VARIABLES		
Mes	Al Mes s/.	
Enero	599.04	
Febrero	486.00	
Marzo	471.54	
Abril	252.96	
Mayo	163.92	
Junio	242.88	
Julio	172.81	
Agosto	212.72	
Setiembre	558.31	
Octubre	134.40	
Noviembre	382.97	
Diciembre	148.22	
<b>Total [ C<sub>2</sub> ]</b>		<b>3825.78</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**TABLAS DE COSTOS DEL AÑO 2014**

COSTOS FINANCIEROS	
Insumos de Mantto [ C <sub>3a</sub> ]	
Mes	Al Mes s/.
Enero	1188.75
Febrero	941.41
Marzo	1317.33
Abril	637.17
Mayo	1723.39
Junio	779.36
Julio	581.86
Agosto	797.78
Setiembre	531.84
Octubre	274.98
Noviembre	575.78
Diciembre	197.61
<b>Total [ C<sub>3</sub> ]</b>	<b>9547.26</b>

Fuente: Elaboración propia.

COSTOS POR FALLAS										
Costo de Paro Hora Máquina [ C <sub>4b</sub> ]					Costo de Paro Hora Hombre [ C <sub>4c</sub> ]					
Mes	Paro x Día Hora	Costo x hora s/.	Al Mes s/.	Mes	Paro x Día Hora	Pago x hora s/.	Al Mes s/.	Mes	Paro x Día Hora	Pago x hora s/.
Enero	0.75	30.00	675.00	Enero	0.75	7.50	168.75	Enero	0.75	7.50
Febrero	0.75	30.00	675.00	Febrero	0.75	7.50	168.75	Febrero	0.75	7.50
Marzo	0.75	30.00	675.00	Marzo	0.75	7.50	168.75	Marzo	0.75	7.50
Abril	0.75	30.00	675.00	Abril	0.75	7.50	168.75	Abril	0.75	7.50
Mayo	0.75	30.00	675.00	Mayo	0.75	7.50	168.75	Mayo	0.75	7.50
Junio	0.75	30.00	675.00	Junio	0.75	7.50	168.75	Junio	0.75	7.50
Julio	0.75	30.00	675.00	Julio	0.75	7.50	168.75	Julio	0.75	7.50
Agosto	0.75	30.00	675.00	Agosto	0.75	7.50	168.75	Agosto	0.75	7.50
Setiembre	0.75	30.00	675.00	Setiembre	0.75	7.50	168.75	Setiembre	0.75	7.50
Octubre	0.75	30.00	675.00	Octubre	0.75	7.50	168.75	Octubre	0.75	7.50
Noviembre	0.75	30.00	675.00	Noviembre	0.75	7.50	168.75	Noviembre	0.75	7.50
Diciembre	0.75	30.00	675.00	Diciembre	0.75	7.50	168.75	Diciembre	0.75	7.50
<b>Total</b>		<b>30.00</b>	<b>8100.00</b>			<b>7.50</b>	<b>2025.00</b>	<b>Total</b>		<b>7.50</b>

Fuente: Elaboración propia.

**TABLAS DE COSTOS PROYECTADOS PARA EL AÑO 2015**

COSTOS FIJOS						
Mano de Obra Dentro del Taller [ C <sub>1a</sub> ]						
Mes	Pago x Hora s/.	Pago x Minu s/.	Mantto 10 min s/.	7 Operarios s/.	Al Mes s/.	
Enero	7.50	0.13	1.25	8.75	262.50	
Febrero	7.50	0.13	1.25	8.75	262.50	
Marzo	7.50	0.13	1.25	8.75	262.50	
Abril	7.50	0.13	1.25	8.75	262.50	
Mayo	7.50	0.13	1.25	8.75	262.50	
Junio	7.50	0.13	1.25	8.75	262.50	
Julio	7.50	0.13	1.25	8.75	262.50	
Agosto	7.50	0.13	1.25	8.75	262.50	
Setiembre	7.50	0.13	1.25	8.75	262.50	
Octubre	7.50	0.13	1.25	8.75	262.50	
Noviembre	7.50	0.13	1.25	8.75	262.50	
Diciembre	7.50	0.13	1.25	8.75	262.50	
<b>Total [ C<sub>1</sub> ]</b>					<b>3150.00</b>	

**Fuente:** Elaboración propia.

COSTOS VARIABLES		
Mano de Obra Externa [ C <sub>2a</sub> ]		
Mes	Al Mes s/.	
Enero		
Febrero		
Marzo		
Abril		
Mayo		
Junio	1100.00	
Julio		
Agosto		
Setiembre		
Octubre		
Noviembre		
Diciembre	1100.00	
<b>Total [ C<sub>2</sub> ]</b>		<b>2200.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**TABLAS DE COSTOS PROYECTADOS PARA EL AÑO 2015**

COSTOS FINANCIEROS																			
Insumos de Mantto [ C <sub>3a</sub> ]																			
Máquina	Diario			Semanal			Mensual			Anual			Costo Anualizado S/.						
	Lubricante	Waype	S/.	Lubricante	Grasa	Waype	Lubricante	Grasa	Waype	Lubricante	Grasa	Waype		Diesel	Diesel	Pintura			
	0.02 lt	0.06 kg		0.05 lt	0.03 kg	0.12 kg	0.15 lt	0.06 kg	0.24 kg	0.2 galón	0.14 galón	0.1 galón	0.2 galón	0.5 galón	0.75 galón				
11INM01	0.43	0.57	1.08	0.05 lt	0.35	1.14	0.15 lt	0.69	2.28	2.40	1.20	1.20	2.40	6.00	54.75	850.02			
11INM02	0.43	0.57	1.08	0.05 lt	0.35	1.14	0.15 lt	0.69	2.28	2.40	1.20	1.20	2.40	6.00	54.75	850.02			
12FRC01	0.43	0.57	1.08	0.05 lt	0.35	1.14	0.15 lt	0.69	2.28	2.40	1.20	1.20	2.40	6.00	54.75	850.02			
12FRC02	0.43	0.57	1.08	0.05 lt	0.35	1.14	0.15 lt	0.69	2.28	2.40	1.20	1.20	2.40	6.00	54.75	850.02			
12FRM01	0.43	0.57	1.08	0.05 lt	0.35	1.14	0.15 lt	0.69	2.28	2.40	1.20	1.20	2.40	6.00	54.75	850.02			
12TOC01	0.43	0.57	1.08	0.05 lt	0.35	1.14	0.15 lt	0.69	2.28	2.40	1.20	1.20	2.40	6.00	54.75	850.02			
12TOM01	0.43	0.57	1.08	0.05 lt	0.35	1.14	0.15 lt	0.69	2.28	2.40	1.20	1.20	2.40	6.00	54.75	850.02			
12TOM02	0.43	0.57	1.08	0.05 lt	0.35	1.14	0.15 lt	0.69	2.28	2.40	1.20	1.20	2.40	6.00	54.75	850.02			
12TOM03	0.43	0.57	1.08	0.05 lt	0.35	1.14	0.15 lt	0.69	2.28	2.40	1.20	1.20	2.40	6.00	54.75	850.02			
12TAM01	0.43	0.57	1.08	0.05 lt	0.35	1.14	0.15 lt	0.69	2.28	2.40	1.20	1.20	2.40	6.00	54.75	850.02			
12TAM02	0.43	0.57	1.08	0.05 lt	0.35	1.14	0.15 lt	0.69	2.28	2.40	1.20	1.20	2.40	6.00	54.75	850.02			
<b>Total [ C<sub>3</sub> ]</b>																<b>9350.17</b>			

Costos de Insumos			
Insumo	Unidad	Cantidad	Costo S/.
Lubricante	Litro	1	21.50
Waype	Kilo	1	9.50
Grasa	Kilo	1	11.50
Diesel	Galón	1	12.00
Pintura	Galón	1	73.00

**Fuente:** Elaboración propia.

**TABLAS DE COSTOS PROYECTADOS PARA EL AÑO 2015**

COSTOS POR FALLAS										
Costo de Paro Hora Máquina [ C <sub>4b</sub> ]					Costo de Paro Hora Hombre [ C <sub>4c</sub> ]					
Mes	Paro x Día Hora	Costo x hora S/.	Al Mes s/.	Mes	Paro x Día Hora	Pago x hora s/.	Al Mes s/.	Mes	Paro x Día Hora	
Enero	0.30	30.00	270.00	Enero	0.30	7.50	67.50	Enero	0.30	
Febrero	0.30	30.00	270.00	Febrero	0.30	7.50	67.50	Febrero	0.30	
Marzo	0.30	30.00	270.00	Marzo	0.30	7.50	67.50	Marzo	0.30	
Abril	0.30	30.00	270.00	Abril	0.30	7.50	67.50	Abril	0.30	
Mayo	0.30	30.00	270.00	Mayo	0.30	7.50	67.50	Mayo	0.30	
Junio	0.30	30.00	270.00	Junio	0.30	7.50	67.50	Junio	0.30	
Julio	0.30	30.00	270.00	Julio	0.30	7.50	67.50	Julio	0.30	
Agosto	0.30	30.00	270.00	Agosto	0.30	7.50	67.50	Agosto	0.30	
Setiembre	0.30	30.00	270.00	Setiembre	0.30	7.50	67.50	Setiembre	0.30	
Octubre	0.30	30.00	270.00	Octubre	0.30	7.50	67.50	Octubre	0.30	
Noviembre	0.30	30.00	270.00	Noviembre	0.30	7.50	67.50	Noviembre	0.30	
Diciembre	0.30	30.00	270.00	Diciembre	0.30	7.50	67.50	Diciembre	0.30	
<b>Total</b>			<b>3240.00</b>	<b>Total</b>			<b>810.00</b>	<b>Total</b>		

**Fuente:** Elaboración propia.