

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA GARCÍA  
VEGA SAS, SECCIONAL CENTRO Y GIRÓN**

**JULIÁN ISAURO SALGUERO NIÑO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2017**

**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA GARCÍA  
VEGA SAS, SECCIONAL CENTRO Y GIRÓN**

**JULIÁN ISAURO SALGUERO NIÑO**

**Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Mecánico.**

**Director**

**CARLOS BORRAS PINILLA**

**Ingeniero Mecánico, Ph.D**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2017**

## **DEDICATORIA**

*A LA FUERZA CREADO DEL UNIVERSO, A MIS PADRES LUCY NIÑO E ISAURO SALGUERO POR SU COMPRENSIÓN, PACIENCIA, POR LIBRAR TANTAS LUCHAS A MI LADO Y SER UNO DE LOS MOTORES MAS INDISPENSABLES EN TODO ESTE PROCESO, A MI HERMANA Y MI CUÑADO POR ESTAR SIGUIENDO MI PROCESO, A MI SOBRINA TAMARA, A MIS PROFESORES DE LA ESCUELA POR TODAS SUS ENSEÑANZAS, A MI AMIGO SERGIO GUALDRÓN, OMAR LÓPEZ, CAMILO GUALDRÓN, SEBASTIÁN CALDERÓN POR AYUDARME EN ESE MOMENTO CRITICO, A MI NOVIA LAURA CELIS POR TANTA AYUDA Y COMPRESIÓN, A MI COMPAÑERO DE ULTIMAS BATALLAS JULIÁN VEGA, Y A TODOS LOS QUE ME HAN ACOMPAÑADO A LO LARGO DE ESTOS AÑOS.*

**JULIÁN ISAURO SALGUERO NIÑO**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA Y A LA  
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER POR  
AYUDARME A REALIZAR COMO PERSONA E INGENIERO  
MECÁNICO.*

*A CARLOS BORRAS PINILLA DIRECTOR DE PROYECTO, POR SU  
ORIENTACIÓN, CONFIANZA, COLABORACIÓN EN LA  
REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO DE GRADO. A LA EMPRESA GARCÍA  
VEGA SAS, POR PERMITIR REALIZAR EL PROYECTO DE GRADO*

*A FABIO GARCÍA ACEVEDO GERENTE GENERAL DE LA EMPRESA  
GARCÍA VEGA SAS, POR SU RESPALDO Y COLABORACIÓN AL HILTON  
RAMÍREZ INGENIERO DE MANTENIMIENTO, ENCARGADO DE LAS  
LABORES DE MANTENIMIENTO DE GARCÍA VEGA SAS., POR SU  
DISPOSICIÓN, CONSEJOS Y APORTES EN EL TRANSCURSO DEL  
PROYECTO.*

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	19
1. CAPITULO INTRODUCTORIO.....	20
1.1 SOLUCIÓN PROPUESTA.....	20
1.1.1 Implementación de un sistema de información para la gestión del mantenimiento.....	20
1.1.2 Planteamiento de una cultura organizacional basada en la filosofía del mantenimiento productivo total.....	22
1.2 OBJETIVOS.....	25
1.2.1 Objetivo General.....	25
1.2.2 Objetivos Específicos.....	25
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO DE GRADO.....	26
2.1 AUDITORIA DE MANTENIMIENTO.....	27
2.2 ANÁLISIS DE CRITICIDAD.....	28
2.3 ADQUISICIÓN DE DATOS.....	28
2.4 DESARROLLO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	30
2.4.1 Módulo de indicadores de gestión.....	39
2.4.2 Módulo de máquinas.....	39
2.4.3 Módulo de acciones de mantenimiento.....	40
3. AUDITORÍA DE MANTENIMIENTO.....	42
3.1 ESTRUCTURACIÓN DE LA AUDITORÍA DE MANTENIMIENTO.....	42

3.2 CUESTIONARIO DE VALORACIÓN INICIAL.....	43
3.3 REVISIÓN GENERAL DE LA DOCUMENTACIÓN DE CADA EQUIPO.....	50
3.4 INSPECCIÓN EN CAMPO DEL ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS .....	52
3.5 VERIFICACIÓN DEL PERSONAL DESTINADO AL MANTENIMIENTO Y SU COMPETENCIA.....	53
4. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS .....	55
4.1 CONSULTA Y ASIGNACIÓN DE VALORES PONDERADOS .....	55
4.2 ELABORACIÓN DE MATRIZ DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS .....	57
4.3 CASO DE ESTUDIO PARA UN EQUIPO .....	58
4.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD. ....	59
4.4.1 Resultados para la planta de galvanizado. ....	59
4.4.2 Resultados para la planta seccional Girón.....	61
5. ADQUISICIÓN DE DATOS.....	64
5.1 LINEAMIENTOS GENERALES DE LA NORMA ISO 14224.....	64
5.2 PLANIFICACIÓN DE LA RECOPIACIÓN DE LOS DATOS.....	67
5.3 ORGANIZACIÓN Y FORMACIÓN NECESARIA .....	69
5.4 EQUIPOS DE CONTORNO, TAXONOMÍA Y DEFINICIONES DE TIEMPO ...	69
5.4.1 Taxonomía.....	70
5.5 LOS TIEMPOS DE MANTENIMIENTO.....	73
5.6 CODIFICACIÓN DE MAQUINAS Y EQUIPOS .....	74
5.7 INVENTARIO DE MAQUINAS Y EQUIPOS SECCIONAL GIRÓN.....	78
5.8 EQUIPOS DE LA SECCIONAL GALVANIZADO .....	80
6. SISTEMA DE INFORMACIÓN.....	83

6.1 MÓDULO DE EQUIPOS.....	83
6.1.1 Nombre del equipo.....	84
6.1.2 Código.....	85
6.1.3 Fabricante.....	85
6.1.4 Ficha Técnica.....	85
6.1.5 Instructivo.....	85
6.1.6 Hoja de vida.....	87
6.1.7 Operador.....	88
6.1.8 Registro de incidencias.....	89
6.1.9 Inspección Eléctrica.....	90
6.1.10 Inspección Mecánica.....	92
6.2 MÓDULO DE INDICADORES DE GESTIÓN.....	94
6.2.1 TEMC: Tiempo medio entre mantenimientos correctivos.....	95
6.2.2 TMMC: Tiempo medio de mantenimiento correctivo.....	95
6.2.3 Disponibilidad.....	96
6.2.4 TEMP: Tiempo medio entre mantenimientos preventivos.....	96
6.2.5 TMMP: Tiempo medio de mantenimiento preventivo.....	97
6.2.6 Caso de estudio indicadores de gestión.....	98
6.2.7 Indicadores de gestión promedio.....	101
6.3 MÓDULO DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO.....	104
6.3.1 Actividades de mantenimiento por equipo.....	105
6.3.2 Programador anual de mantenimiento.....	106
6.4 MÉTODO DE ACCESO Y SEGURIDAD.....	114

7. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO.....	116
7.1 MODELO MATEMÁTICO DEL ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO .....	116
7.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO .....	119
7.3 VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.....	120
7.3.1 Costos de la implementación del departamento de mantenimiento.....	122
7.3.2 Modelo matemático para el análisis de la viabilidad de la implementación del departamento de mantenimiento. ....	123
7.3.3 Resultados del análisis de la viabilidad de la implementación del departamento de mantenimiento. ....	125
8. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	130
8.1 DEFINICIONES DEL MANTENIMIENTO.....	130
8.1.1 Mantenimiento .....	130
8.1.2 Importancia del Mantenimiento.....	131
8.1.3 Elementos de un sistema de Mantenimiento Para tener éxito en la aplicación de las metodologías de la Ingeniería de Mantenimiento .....	133
8.1.4 Mantenimiento Preventivo (M.P.).....	133
8.1.5 Mantenimiento Predictivo.....	134
8.1.6 Mantenimiento Productivo.....	135
8.1.7 Actividades.....	136
8.1.8 Mantenimiento Preventivo Sistemático .....	136
8.1.9 Mantenimiento correctivo .....	140
8.1.10 Mantenimiento autónomo.....	141
8.2 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.....	142
8.2.1 Inspecciones periódicas programadas.....	143

8.3 NIVELES DE INFORMACIÓN. ....	143
8.3.1 Información para la dirección .....	144
8.3.2 Información para las operaciones .....	144
8.3.3 Información para el puesto de trabajo.....	144
9. CONCLUSIONES .....	145
10. RECOMENDACIONES.....	148
BIBLIOGRAFÍA.....	149

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Pilares del Mantenimiento Productivo Total.....	23
Figura 2. Descripción General del Proyecto .....	26
Figura 3. Categorización según 14224 .....	29
Figura 4. Módulos del Sistema de Información .....	38
Figura 5. Diagrama de Flujo del Módulo de Indicadores de Gestión .....	39
Figura 6. Diagrama de Flujo del Módulo de Máquinas.....	40
Figura 7. Diagrama de Flujo del Módulo de Acciones de Mantenimiento .....	41
Figura 8. Estructura de una Auditoría .....	43
Figura 9. Resultados de la Auditoría de Mantenimiento .....	49
Figura 10. Retroalimentación del análisis de los datos de mantenimiento y confiabilidad y recogidos.....	66
Figura 11. Taxonomía.....	70
Figura 12. Tiempo de Inactividad y Tiempo de Reparación Activa .....	74
Figura 13. Codificación de Máquinas.....	74
Figura 14. Áreas de Producción en Galvanizado 1 .....	76
Figura 15. Áreas de Producción en Galvanizado 2.....	77
Figura 16. Áreas de Producción en Galvanizado 3.....	77
Figura 17. Módulo de Equipos .....	83
Figura 18. Interfaz Gráfica del Módulo de Equipos .....	84
Figura 19. Ejemplo Ficha Técnica.....	85
Figura 20. Ejemplo Instructivo.....	86
Figura 21. Ejemplo Hoja de Vida .....	88
Figura 22. Ejemplo Registro de Incidencias.....	90
Figura 23. Formato de Inspección Eléctrica.....	91
Figura 24. Formato de Inspección Mecánica .....	92
Figura 25. Módulo de Indicadores de Gestión .....	94

Figura 26. Interfaz Gráfica del Módulo de Indicadores de Gestión .....	94
Figura 27. Indicadores de Gestión para Equipo Ejemplo .....	101
Figura 28. Módulo de Acciones de Mantenimiento .....	104
Figura 29. Interfaz Gráfica del Módulo de Acciones de Mantenimiento .....	105
Figura 30. Pantalla de Log-In.....	115
Figura 31. Organigrama Propuesto para el Departamento de Mantenimiento.....	122
Figura 32. Visualización del PAY-BACK.....	128
Figura 33. Evolución Tecnológica del Mantenimiento.....	136
Figura 34. Curva de la Bañera .....	137
Figura 35. Posibilidad de Ocurrencia .....	139

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Auditoría.....	44
Tabla 2. Principales Actividades que se Realizan en un Equipo.....	50
Tabla 3. Hoja de Vida de Equipos.....	51
Tabla 4. Ejemplo de formato de inspección en campo del estado actual de un equipo .....	53
Tabla 5. Factores Ponderados.....	55
Tabla 6. Formato para Análisis de Criticidad .....	56
Tabla 7. Matriz de Criticidad .....	57
Tabla 8. Análisis de Criticidad Trolley .....	58
Tabla 9. Ubicación 02-TR-05 .....	59
Tabla 10. Análisis de criticidad Planta Galvanizado.....	60
Tabla 11. Matriz de criticidad Planta Galvanizado. ....	61
Tabla 12. Lista de equipos de la seccional de Girón.....	61
Tabla 13. Matriz de Criticidad Planta Seccional Girón .....	63
Tabla 14. Niveles taxonómicos .....	71
Tabla 15. Fiabilidad y mantenimiento, parámetros en relación con los niveles de taxonomía.....	73
Tabla 16. Áreas de producción en seccional Girón.....	78
Tabla 17. Clasificación área de producción galvanizado .....	78
Tabla 18. Área de Producción.....	79
Tabla 19. Área de Carga.....	79
Tabla 20. Área de Corte y Dobles.....	79
Tabla 21. Área de Soldadura. ....	79
Tabla 22. Área de decapado.....	80
Tabla 23. Área de enganche.....	80
Tabla 24. Área de galvanizado. ....	81

Tabla 25. Área de horno fundido.....	81
Tabla 26. Área de horno pre calentador. ....	81
Tabla 27. Área de pesaje.....	81
Tabla 28. Área de transporte y manipulación del producto.....	82
Tabla 29. Registro Mantenimientos correctivos para Equipo Ejemplo.....	98
Tabla 30. Registro Mantenimientos Preventivos para Equipo Ejemplo.....	99
Tabla 31. Resumen de número y tiempo total de mantenimientos para Equipo Ejemplo.....	100
Tabla 32. Indicadores de gestión bimestrales para Equipo Ejemplo.....	101
Tabla 33. Indicadores de gestión seccional Girón .....	102
Tabla 34. Indicadores de gestión seccional Galvanizado .....	103
Tabla 35. Actividades de Mantenimiento por Equipo .....	106
Tabla 36. Programador de Mantenimiento Seccional Galvanizado .....	107
Tabla 37. Programador de Mantenimiento Seccional Girón .....	108
Tabla 38. Siete Pasos del Mantenimiento Autónomo .....	113
Tabla 39. Cálculo de costo del mantenimiento preventivo del equipo .....	117
Tabla 40. Resultados Costo-Beneficio Galvanizado .....	119
Tabla 41. Resultados Costo-Beneficio Girón .....	120
Tabla 42. Costos de Mantenimiento Correctivo .....	120
Tabla 43. Costos de Mantenimiento .....	121
Tabla 44. Inversión para la implementación del Departamento de Mantenimiento .....	123
Tabla 45. P&G GARCIA VEGA S.A.S. 1er Semestre 2016 .....	126
Tabla 46. Flujos de Caja, VAN y TIR .....	127

## GLOSARIO

**ANÁLISIS DE CRITICIDAD:** Es una técnica que permite jerarquizar instalaciones, sistemas y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones.

**CONFIABILIDAD:** La confiabilidad puede definirse como la probabilidad de que un equipo no falle en servicio durante un período de tiempo dado.

**DISPONIBILIDAD:** Es la capacidad del equipo para llevar a cabo con éxito la función requerida en un elemento específico o durante un período de tiempo específico.

**GALVANIZADO:** En caliente es un proceso industrial destinado a proteger contra la corrosión. Dependiendo de la aleación o composición química del hierro, espesor de la pieza y geometría, pueden presentarse superficies de diferente tonalidad. También pueden presentarse superficies ásperas o rugosas.

**HOJA DE VIDA:** Hoja de identificación del equipo. Contiene las especificaciones del equipo como los datos del fabricante, año de fabricación entre otros.

**MANTENIMIENTO CORRECTIVO:** Consiste en permitir que un equipo funcione hasta el punto en que no puede desempeñar normalmente su función.

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO:** Consiste en la inspección, periódica y armónicamente coordinada, de los elementos propensos a fallas y la corrección antes de que esto ocurra.

**MANTENIMIENTO:** Actividad científica cuyo desarrollo permite la más alta disponibilidad con calidad y mantenibilidad de todos los activos.

## RESUMEN

**TITULO:** PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA GARCÍA VEGA SAS\*

**AUTOR:** JULIÁN ISAURO SALGUERO NIÑO\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Mantenimiento preventivo, Criticidad de Equipos, Sistema de Información.

### **DESCRIPCIÓN:**

La presente tesis describe la elaboración e implementación del programa de mantenimiento preventivo enfocado en los equipos críticos que intervienen en el proceso de producción de la empresa GARCÍA VEGA SAS Esta tiene como objetivo garantizar la disponibilidad y confiabilidad operacional de los equipos de las áreas de mecanizado, soldadura y fundición de la empresa, de una manera eficiente y segura.

El proyecto inicio con la investigación y el análisis de los aspectos relacionados con la actividad industrial y los procedimientos pertinentes al mantenimiento de la empresa, con el fin de generar un diagnóstico de la gestión del mantenimiento, luego se realizó un inventario y codificación de equipos, para posteriormente realizar un análisis de criticidad de los equipos, con el fin de priorizar las máquinas y equipos de mayor uso y de mayor importancia para la producción de la empresa. Con base en los equipos críticos se diseñó el programa de mantenimiento preventivo que está conformado por el mantenimiento autónomo, las inspecciones periódicas programadas, las actividades de lubricación por equipo; basado en los manuales del fabricante y la experiencia de los operarios.

Finalmente se desarrolló e implementó el sistema de información, ajustado a las necesidades de la empresa GARCÍA VEGA SAS , de fácil manejo y acorde con las herramientas de hardware existentes, que garantiza la mejora en la gestión del mantenimiento de la empresa y la optimización de las actividades de mantenimiento. Este sistema de información permite establecer toda la información referente a las máquinas y equipos, con esto podemos hacer un seguimiento y control de las actividades a realizar.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de ingeniería Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Director: Ingeniero Carlos Borrás Pinilla PhD., MSc.

## SUMMARY

**TÍTULO:** PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN FOR THE COMPANY GARCIA VEGA SAS\*

**AUTHOR:** JULIÁN ISAURO SALGUERO NIÑO\*\*

**KEY WORDS:** Preventive Maintenance, Equipment Criticality

### DESCRIPTION:

This thesis describes the development and implementation of preventive maintenance program focused on critical equipment involved in the production process of the company GARCIA VEGA SAS. This aims to ensure the availability and operational reliability of the equipment in the areas of machining, welding and foundry company in an efficient and safe manner.

The project started with research and analysis of issues related to industrial activity and the relevant procedures to the maintenance of the company, in order to generate a diagnosis of maintenance management, then an inventory and coding equipment was made, later to make an analysis of criticality of the equipment, in order to prioritize machinery and equipment most used and most important for the production of the company. Based on critical equipment preventive maintenance program that consists of self-designed maintenance, periodic inspections scheduled activities lubrication equipment; based on the manufacturer's manuals and experience of operators.

Finally he developed and implemented the information system, tailored to the needs of the company GARCIA VEGA SAS., Easy to use and consistent with the tools existing hardware, which guarantees improved maintenance management of the company and optimization maintenance activities. This information system allows for all information relating to machinery and equipment, with this we can monitor and control the activities undertaken.

---

\* Degree Work.

\*\* Faculty of Engineering Physical Mechanical School of Engineering Mechanical Director: Ingeniero Carlos Borrás Pinilla PhD., MSc.

## INTRODUCCIÓN

El informe presenta el cumplimiento de los objetivos del anteproyecto planteados bajo la modalidad de tesis de grado, desarrollados en el departamento de mantenimiento de la empresa GARCÍA VEGA SAS

El objetivo principal del proyecto es aumentar la rentabilidad y competitividad de los activos mediante la implementación de un programa de mantenimiento preventivo con base en análisis de criticidad sobre las máquinas de equipos, mostrándole al sector administrativo de la compañía como desde el departamento de mantenimiento se da una mejora continua en dichos procesos, de tal manera que esto sea priorizado y visto como una manera de mejorar al tener los equipos disponibles sin paradas imprevistas y con la información a la mano, todo esto basado en dos análisis de costo: el análisis de costo beneficio y el análisis de la inversión del proyecto, de criticidad, con la elaboración del preventivo, de tal manera que sea conveniente saber de qué forma la empresa se ve beneficiada.

## 1. CAPITULO INTRODUCTORIO

GARCÍA VEGA S.A.S es desde hace treinta años una empresa santandereana dedicada a la manufactura de herramientas para construcción y estructuras metálicas. Su departamento de mantenimiento actual no lleva un registro digital y organizado de la documentación necesaria de cada uno de los equipos, los cuales son mantenidos de manera correctiva y van siendo intervenidos a medida que se van presentando las fallas.

La dirigencia no cuenta con información concreta sobre la cantidad de fallas anuales que se producen en los equipos de la planta, sin embargo, son preocupantes las cifras atribuidas a los tiempos de parada de los equipos. Al momento de intervenir un equipo, la nula organización de la información impide que los técnicos que no conocen dicho equipo realicen un trabajo eficiente que reduzca el tiempo de parada de la máquina. Por estas razones, la organización se decanta por la generación de una herramienta que represente una solución integral a todas las falencias mencionadas.

### 1.1 SOLUCIÓN PROPUESTA

**1.1.1 Implementación de un sistema de información para la gestión del mantenimiento.** El mantenimiento correctivo de la empresa GARCÍA VEGA S.A.S deberá ser claramente reemplazado por un programa de mantenimiento ya sea preventivo o predictivo. Implementar técnicas tales como medición de alta temperatura, ruido, ultrasonido, vibración, partículas de desgaste y alto amperaje en tan sólo los equipos de mayor criticidad, demandaría una inversión que la empresa ha manifestado no estar dispuesta a considerar. Es por esto que se

propone un sistema de información para la gestión del mantenimiento por medio del cual se pueda generar un plan de mantenimiento preventivo que represente una opción mucho más viable.

La creación de un sistema de información para la gestión del mantenimiento (CMMS) facilitará el almacenamiento controlado de la información necesaria de cada equipo en una base de datos que brinda el nivel de seguridad óptimo para los registros guardados y reemplazará la poca confiabilidad generada al manejar registros físicos. Adicionalmente permitirá o bloqueará el acceso a dicha información según sea el rol que cada persona desempeñe en la organización.

La generación y organización de un plan maestro de mantenimiento preventivo representado en un cronograma anual de mantenimiento a cada equipo impactará positivamente en los costos y la vida útil de los equipos y sus componentes. Adicionalmente, el registro organizado del número y duración de las fallas e intervenciones imprevistas realizadas a los equipos, permitirán a la alta gerencia visualizar de manera clara la gestión del departamento de mantenimiento, así como retroalimentar y optimizar la herramienta propuesta.

Se plantea MICROSOFT ACCESS como la plataforma idónea para la generación de la base de datos, puesto que la codificación de los accesos de lectura y escritura a los registros puede ser llevada a cabo en lenguaje VISUAL BASIC de una manera sencilla, y la cantidad de equipos observada en las instalaciones de la empresa no amerita la utilización de una base de datos más robusta que generalmente usan lenguajes de programación de mayor complejidad (bajo nivel).

La implementación de dicho sistema impactará directamente en las paradas imprevistas, los tiempos de ocio, las reparaciones a gran escala o repetitivas, las hora extras por paradas imprevistas y adicionalmente darán mayor seguridad a los operarios.

La cultura organizacional generada por la implementación de la herramienta, tenderá claramente a mejorar aspectos en departamentos que funcionan de forma paralela y dependen inevitablemente del desempeño del departamento de mantenimiento. El departamento de producción sufrirá menos anomalías en la planeación y podrá cumplir con los compromisos adquiridos, los integrantes del departamento operativo pondrán en práctica el registro de incidencias y el control de todas sus actividades y por último el departamento de calidad percibirá una disminución en la cantidad de productos defectuosos gracias al funcionamiento adecuado de toda la maquinaria.

El plan maestro de mantenimiento será además, una herramienta indispensable para el coordinador de mantenimiento con la que podrá emitir ordenes de trabajo rápidamente y evitar la omisión de cualquier actividad operativa indispensable.

**1.1.2 Planteamiento de una cultura organizacional basada en la filosofía del mantenimiento productivo total.** El Mantenimiento productivo total como filosofía enfocada a la eliminación de pérdidas económicas asociadas a paros en los procesos de producción industrial, se ha enfocado en la actualidad a incrementar la capacidad de producción y eficiencia de la planta, eliminando las averías, los defectos y los accidentes.

Dicha filosofía se traduce en un enfoque moderno para el cuidado de los equipos en el cual cada máquina tiene un OPERADOR-MANTENEDOR responsable del equipo que opera y encargado también de los procesos de mantenimiento que éste requiera. Concepto totalmente opuesto al enfoque tradicional de mantenimiento en el cual los departamentos de producción y mantenimiento estaban estrictamente separados.

**Figura 1. Pilares del Mantenimiento Productivo Total**



Fuente: RAACH Mantenimiento Productivo Total [en línea] disponible en: <http://raach.mx/servicios/herramientas-lean/mantenimiento-productivo-total/>

La gráfica anterior ilustra los pilares sobre los cuales se encuentra soportado el mantenimiento productivo total. Uno de los pilares fundamentales del TPM es el método de gestión japonesa de las 5S<sup>1</sup>. Esta metodología pretende reducir los costos por pérdidas de tiempo y energía, mejorar la calidad de la producción, minimizar los riesgos de accidentes o sanitarios, incrementar la seguridad industrial y mejorar las condiciones de trabajo al igual que elevar la moral del personal.

Según Hirano<sup>2</sup>, los términos de las 5s son:

1. Significado: Seiri (japonés) / Clasificar (español)

---

<sup>1</sup> SUZUKI, Tokutaru. TPM en industrias de Proceso. 1ra Edition. Pags 105-165

<sup>2</sup> HIRANO, Hiroyuki. Five Pillars of the Visual on the Visual Workplace. Pags 54-68

Definición: Separar innecesarios

Pretende: Eliminar lo innecesario en el espacio de trabajo

2. Significado: Seiton (japonés) / Ordenar (español)

Definición: Situar necesarios

Pretende: Organizar adecuadamente los elementos a usar en el espacio de trabajo

3. Significado: Seisō (japonés) / Limpiar (español)

Definición: Eliminar suciedad

Pretende: Un lugar limpio no es el que más se limpia sino el que menos se ensucia

4. Significado: Seiketsu (japonés) / Estandarizar (español)

Definición: Señalizar anomalías

Pretende: Detectar situaciones irregulares o anómalas, mediante normas sencillas y visibles

5. Significado: Shitsuke (japonés) / Entrenamiento y autodisciplina (español)

Definición: Mejorar continuamente

Pretende: Trabajar permanentemente de acuerdo con las normas establecidas

La metodología del TPM y el pilar fundamental mencionado previamente se proponen como base para la creación de una cultura organizacional que simplificara la implementación del sistema de información y alargará la vida útil de la máquina o línea de producción, entendiendo que quién realiza el mantenimiento interactúa constantemente con la máquina y cultiva una cultura de cuidado sobre el equipo del cual es responsable.

Una de las herramientas utilizada para la implementación de dicha metodología es el instructivo de la máquina, cuyo formato será una propuesta basada en el mantenimiento autónomo.

## **1.2 OBJETIVOS**

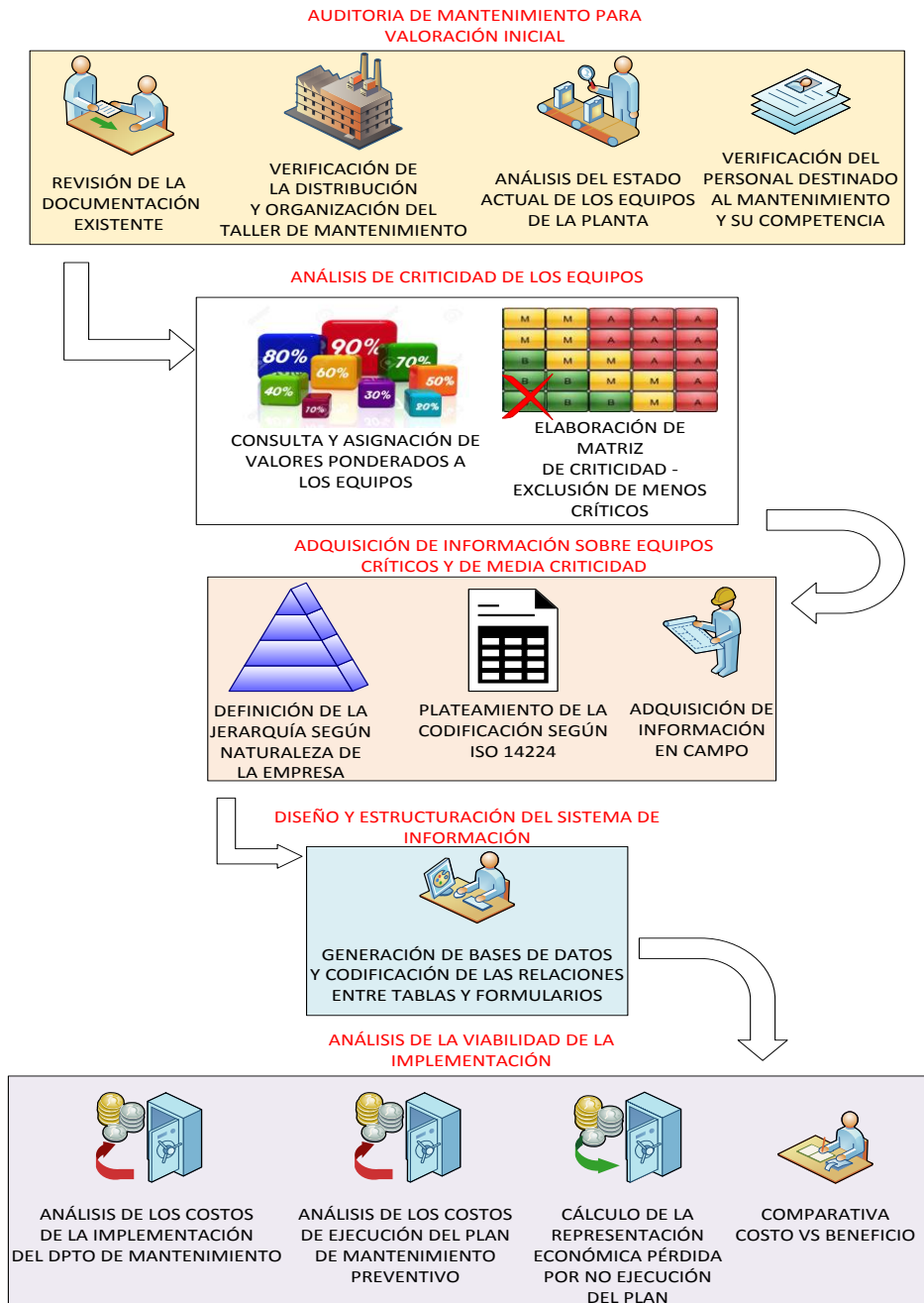
**1.2.1 Objetivo General.** Contribuir al compromiso misional de la Universidad Industrial de Santander, fortaleciendo la relación con la industria, implementando un plan de mantenimiento a la empresa GARCÍA VEGA SAS, haciendo de esta una herramienta realmente productiva para la compañía. Y útil, al momento de tomar decisiones administrativas

### **1.2.2 Objetivos Específicos.**

- Realizar el inventario codificado de activos, fichas técnicas y hojas de vida de las máquinas y equipos, clasificando, ordenando y catalogando la información, teniendo en cuenta el mantenimiento llevado a los diferentes equipos.
- Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo para la empresa GARCÍA VEGA SAS.
- Realizar un análisis de criticidad a todos los activos la empresa de las máquinas y equipos.
- Implementar el plan de mantenimiento y la información tomada para el desarrollo de éste en un sistema de información soportado en MICROFOST ACCESS, teniendo en cuenta los módulos básicos: de Maquinas, Indicadores de Gestión y Acciones de Mantenimiento.
- Hacer un análisis costo beneficio del plan de mantenimiento, con el fin de observar que tan productivo fue llevar este proyecto a cabo, tener una información más detallada de las mejoras antes y después, de la propuesta planteada.

## 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO DE GRADO

Figura 2. Descripción General del Proyecto



En la imagen previa observamos una descripción general del proyecto de grado. Dicha figura muestra la metodología que se empleó para llevar a cabo la tesis, así como la descripción general de los temas que se van a tratar durante este documento en los capítulos posteriores.

El proyecto propuesto a la empresa GARCÍA VEGA S.A.S. es el resultado de un análisis de una serie de falencias que se venían presentando en el departamento de mantenimiento, el desarrollo del trabajo de grado se compone de ciertas etapas, tales como una auditoria de valoración inicial, un análisis de criticidad del sistema de información y un análisis costo-beneficio para evaluar la viabilidad de la implementación. A continuación se presenta una descripción detallada de cada una de las etapas del proceso.

## **2.1 AUDITORIA DE MANTENIMIENTO.**

En este capítulo se presenta una serie de preguntas que respondieron los operarios, los jefes de mantenimiento, y los diferentes auxiliares encargados. Esta auditoria nos arroja una información relevante de la empresa en cuanto a organización general, métodos y sistemas de trabajo, control técnico de instalaciones y equipos, gestión de la carga de trabajo y compra de repuestos y equipos. Todo esto en orden de realizar una evaluación objetiva, cuyo horizonte es un informe a la gestión actual llevada por la empresa. De esta manera será posible saber en cuáles aspectos debe enfocarse éste documento para mejorar significativamente el área de mantenimiento.

## **2.2 ANÁLISIS DE CRITICIDAD**

Posterior a la realización de la auditoria de valoración inicial, se lleva a cabo un análisis por medio de un método llamado factores ponderados, el cual analiza la criticidad de los equipos por medio de criterios tales como:

- Frecuencia de falla.
- Impacto operación.
- Flexibilidad de operación.
- Costo del mantenimiento.
- Impacto en seguridad, ambiente higiene.

Todo esto con el objetivo de jerarquizar los equipos en las siguientes categorías: no críticos, medianamente críticos y críticos. Se toma la decisión de realizar un programa de mantenimiento preventivo solo a las maquinas críticas y medianamente críticas para no incurrir en sobrecostos innecesarios.

## **2.3 ADQUISICIÓN DE DATOS**

En este capítulo nos vimos en la necesidad de clasificar la información de las máquinas y poder jerarquizarlas, todo esto fundamentando en la norma ISO 14224 donde se dan los lineamientos para llevar a cabo este tipo de gestión en cuanto a la codificación, la taxonomía de los equipos, regulación de datos y jerarquización de actividades.

La norma nos plantea unas categorías principales para la información a recopilar, entre las cuales tenemos: Información sobre el equipo (taxonomía de sus atributos), datos sobre sus fallas (causa y consecuencia) y los datos sobre su mantenimiento (acción del mantenimiento, recursos utilizados, consecuencia y tiempo de inactividad).

La información será recopilada de esta manera con el objetivo de permitir al ingeniero de mantenimiento ordenar la información con criterio, tomar decisiones argumentadas con respecto a reducir impactos ambientales, comprar nuevos equipos, hacer comparaciones entre el rendimiento y los indicadores de gestión.

La norma sugiere una planeación antes y después de la adquisición con el propósito de identificar los datos verdaderamente relevantes. Se debe realizar una capacitación a los operarios para obtener datos confiables y de calidad, pues será necesario alimentar el sistema de información con los aportes realizados por el personal involucrado y usar dicha información para analizar su desempeño.

La categorización propuesta por la norma mencionada, está diseñada con el fin de que las diferentes compañías intercambien información estandarizada. Un ejemplo de dicha categorización se muestra en la siguiente figura.

**Figura 3. Categorización según 14224**



Como se puede observar, las categorías van desde el tipo de negocio hasta los equipos que se manejan en las diferentes actividades económicas. A partir de esta

categorización se desarrollará una codificación mostrada con más detalle en el capítulo 4.

## **2.4 DESARROLLO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN**

Un CMMS es una organización de datos para el control de inventarios, cuenta con diferentes entradas de datos y no se debe confundir con la administración de los mismos. La función principal del CMMS es la gestión de activos compuesto por programas, archivos y tablas que mejoran las diferentes actividades del mantenimiento. Dentro de las funciones del programa están:

- Entrada y mantenimientos de equipos.
- Facturación y mantenimiento.
- Historial de equipos activos y órdenes de trabajo.
- Desarrollo, mantenimiento y programación.
- Planificación de órdenes de trabajo.
- Recursos humanos.
- Comprar y recibir.
- Emisión de facturas y cuentas por pagar.
- Informes.

Un sistema de información para la gestión del mantenimiento es capaz de almacenar, manipular y recuperar los datos sobre los equipos y encuentra diferencias en cuanto a especificaciones relacionadas con los activos. Todo esto con el objetivo de evitar búsquedas en “cajones” y en lo posible manejar información como ubicación del equipo, costos asignados, garantía y establecer una jerarquía para poder determinar algunos ítems principales que el ingeniero de mantenimiento necesita observar tales como:

- Costos para todos los equipos en cualquier nivel de jerarquía.

- Saber de qué se compone una máquina.
- Promocionar un método rápido para determinar la ubicación física del equipo, esto con el fin de reaccionar rápidamente frente a una posible falla en un máquina, reemplazándola por otra parecida en otra sección, donde no sea tan crítica y sea probable su disponibilidad, mientras la maquina es puesta a punto.
- Conocer los criterios de falla y observar el mal funcionamiento de una máquina determinada, identificando una mala ubicación o un mal manejo por parte del operario.
- Contar con una lista de materiales para cada equipo, parte y componente crítico en orden de obtener un inventario de repuestos, con el cual se pueda controlar y contabilizar el costo del mantenimiento.
- Contar con una interfaz que muestre la información del equipo.
- Diferenciar entre un inventario y un inventario de repuestos, con el fin de tener órdenes de trabajo permitiéndole al sistema saber cuáles fueron los costos reales asociados a dichas labores.
- Realizar planes de mantenimiento preventivo con órdenes de trabajo y una frecuencia definida.
- Tener la Capacidad de capturar y retener datos de contabilidad, como horas de trabajo, costo de inventarios y cantidad de materia prima utilizada.
- Cargar automáticamente órdenes de trabajo con el fin de llevarlas a cabo
- Separar datos necesarios para el departamento de contabilidad, por ejemplo: costo total de la mano de obra, costo del departamento, costo de línea y proceso y horas gastadas. Todo ello se puede sintetizar en determinados valores, utilizados al realizar la planificación anual de presupuesto.
- Tener información del empleado como: identificación, tarifas, direcciones, teléfono de la casa, contacto de emergencias, formación académica, historial de accidentes y aumento de sueldo.
- Tener información de las solicitudes de compra, como por ejemplo: pieza, descripción, proveedor, número de pieza, tiempo de entrega y prioridad.

Estos sistemas de información deben llevarse a cabo con la ayuda de departamentos tales como: Producción, Inventarios, Contabilidad, Finanzas y Gerencia. Gracias a su implementación se evitan errores de ubicación, partes incorrectas y reparaciones de equipos equivocados. Con el fin de que esto no ocurra es el ingeniero de mantenimiento debe generar una orden de trabajo por medio del sistema de información que eliminará la posibilidad de cualquier equivocación. El sistema debe tener una flexibilidad que permita modificar órdenes de trabajo y tener indicadores ordenados sobre: estado, prioridad, criticidad y fecha de finalización. Dichas fechas pueden reprogramarse, mediante el programa para hacer la gestión por mes y poder realizar dos solicitudes:

- Recepción del material
- Solicitante: la cual consiste en la aprobación de órdenes, número de orden, proveedor y fecha de recepción.

Todo lo anterior permite analizar historial, reparaciones e información crítica. Para estas afirmaciones es importante preguntarse: ¿Cuándo ocurrió? , ¿Qué lo causó?, ¿Cuál fue el efecto resultante? , ¿Cuáles fueron las acciones correctivas y comentarios de las actividades? Todo esto tiene como objetivo combinar información, realizar cálculos y observar cuales fueron sus resultados. Con los costos de reparación podremos decidir si reparamos o no reparamos o si las fallas se deben a determinado fabricante, logrando balancear los recursos con la mano de obra.

Según Mobley<sup>3</sup>, los sistemas de información tienen también por objetivo una planificación de trabajo que eliminará o reducirá en gran medida, retrasos causados por el inicio de trabajo, estos nos permitirán realizar un seguimiento a los costos reales, tener la capacidad de planificar un proyecto y realizar

---

<sup>3</sup> MOBLEY, Keith. Maintenance Engineering Handbook. 7<sup>th</sup> Edition. McGRAW-HILL. Págs 184-207

modificaciones y búsquedas en localizaciones rápidas. Esto ayudará al ingeniero de mantenimiento a programar los tiempos de inactividad y trabajos de rutinas necesarios. Los sistemas de información y de gestión ayudan a:

- Actualizar.
- Ordenar.
- Resumir.
- Mostrar datos.

El personal puede revisar y tomar decisiones, ser más eficiente, cambiar y editar datos precisos y disponibles, ver determinada información y elegir cierta visualización<sup>4</sup>. Muy pocas veces la información se pierde porque hay precauciones de seguridad que el sistema toma. Las órdenes de trabajo deben estar basadas en:

- Prioridad de la orden de trabajo.
- Criticidad del equipo activo.
- Tipo de orden de trabajo.
- Fecha de finalización solicitada.
- Fecha de inicio de la solicitud de trabajo.
- Disponibilidad de recursos.
- Disponibilidad de piezas y materiales.
- Secuencia en la programación como prioridades críticas, disponibilidad en el calendario como: mano de obra, piezas y materiales.

Es posible copiar un plan de mantenimiento previamente hecho y modificarlo para así poder disminuir la llamada “lucha contra incendios” (evitar que el ingeniero de mantenimiento debido a una gran cantidad de trabajo acumulado realice sus

---

<sup>4</sup> Ibid

tareas a contrarreloj)). Lo anterior permitirá que las tareas se lleven a cabo a tiempo, sin afanes y de una manera ordenada y efectiva.

Es importante que estos sistemas de información estén siendo diseñados de manera concurrente por varios integrantes de la empresa por que los diseñadores de software no tienen la visión general de las tareas gestionadas, y no logran una organización eficaz encaminada a los objetivos que quiere cumplir la empresa. Una mala gestión de organización al principio, puede conducir a malos resultados, la mayoría de compañías carecen de experiencia para implementar un software. Las principales causas por las cuales un sistema falla son:

- Mala planeación.
- Falta de compromiso de gestión y trabajo.
- No hay un cálculo de: recursos humanos y financieros.

El hecho de no vender el programa a toda la planta, es una causa de falla y por ello el jefe del proyecto debe conocer su complejidad, fijarse metas a largo plazo y tener un gran sentido de liderazgo.

Durante su implementación se empiezan a producir incumplimientos entre la producción y el mantenimiento, debido a no contar con el personal necesario que realice dichas labores, empezando a sobrecargar los operarios con actividades y a suponer expectativas inapropiadas<sup>5</sup>.

El problema con las organizaciones radica en que impiden una coordinación y una cooperación entre diferentes departamentos, y se empieza a dar una mala confrontación entre mantenimiento, sistemas de información, compra de suministros, finanzas y producción.

---

<sup>5</sup> Ibid

Es por ello que es necesario designar un representante de cada uno, para que la implementación empiece por buen camino y tener un árbitro que resuelva las diferencias de autoridad final y absoluta, con el fin de gestionar y cumplir la ejecución y el presupuesto.

Para el caso de GARCÍA VEGA S.A.S., la cual es considerada una empresa mediana, no se contemplarán todos los módulos que comúnmente compone un software encontrado en el mercado actual, pues las necesidades de la organización se cubren con tan sólo los módulos de máquinas, indicadores de gestión y acciones de mantenimiento.

Un paquete estándar incluye algunos de los siguientes módulos:

- Órdenes de trabajo: Asignación de recursos humanos, reserva de material, costes, seguimiento de información relevante como causa del problema, duración del fallo y recomendaciones para acciones futuras.
- Acciones de Mantenimiento: seguimiento de las tareas de mantenimiento y creación de instructivos, listas de chequeo, lista de materiales necesarios y otros detalles.
- Indicadores de Gestión: Medición del desempeño de las funciones relacionadas con la gestión del mantenimiento, por medio de indicadores computados con información concerniente a otros módulos.
- Equipos: registro referente a los equipos y propiedades de la organización, incluyendo detalles, información sobre garantías, contrato de servicio, partes de repuesto y cualquier otro parámetro que pueda ser de ayuda para la gestión. Además también pueden generar parámetros como los índices de estado de las infraestructuras.
- Recursos Humanos: Establece el control y gestión de los Recursos Humanos del Área o servicio de Mantenimiento. Pueden ser establecidos como Competencias Laborales Necesarias vs. Existentes.

- Control de Inventarios: gestión de partes de repuesto, herramientas y otros materiales incluyendo la reserva de materiales para trabajos determinados, registro del almacenaje de los materiales, previsión de adquisición de nuevos materiales, etc.
- Seguridad: gestión de los permisos y documentación necesaria para cumplir la normativa de seguridad. Estas especificaciones pueden incluir accesos restringidos, riesgo eléctrico o aislamiento de productos y materiales o información sobre riesgos, entre otros.

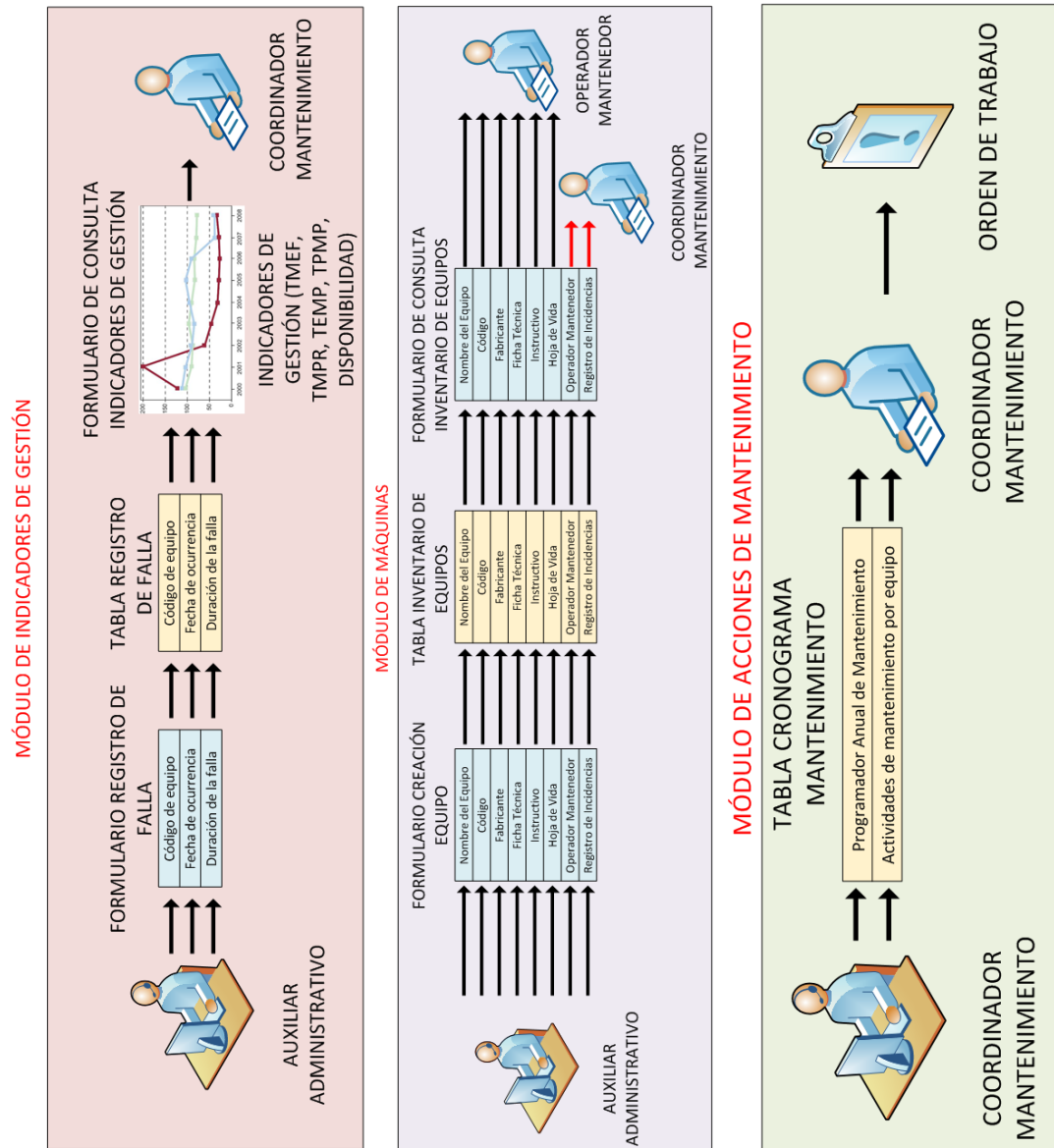
El sistema de información propuesto en este documento es claramente un CMMS que debe su estructura de menos complejidad a las necesidades de la empresa observadas en la auditora de valoración inicial. Algunas de sus funciones son:

- Permitir la planificación y control del mantenimiento, incluyendo las herramientas necesarias para realizar esta labor de forma sencilla.
- Suministro de información procesada y tabulada de forma que pueda emplearse en la evaluación de resultados y servir de base para la correcta toma de decisiones.
- Optimización de los recursos laborales (mejora de la planificación, seguimiento y aplicación), materiales (mayor disponibilidad, disminución de existencias, fácil localización).
- Mejoras en la calidad y productividad de la organización.
- Disminución de los tiempos de paro en elementos productivos. Mayor fiabilidad y disponibilidad.
- Información actualizada, inmediata de todos los componentes del proceso.
- Posibilidad de realizar estudios y anticipar cargas de trabajo o consumo de piezas.
- Conocimiento inmediato de los gastos originados por cualquiera de los elementos controlados.
- Ajuste de los planes de mantenimiento a las características reales.

- Posibilidad de implementar cualquiera de las metodologías de mantenimiento existentes.

La siguiente figura muestra una descripción general de los módulos que componen el sistema de información desarrollado, los cuales se desglosaran en el capítulo respectivo.

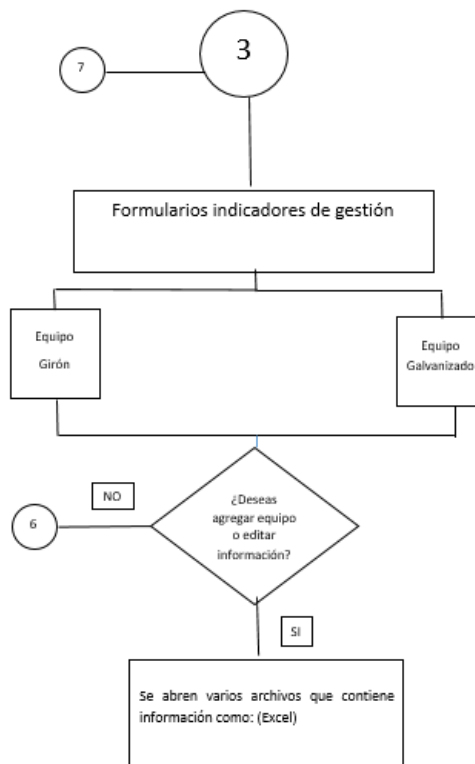
**Figura 4. Módulos del Sistema de Información**



En la figura previamente mostrada, se evidencia que como todo software, el sistema de información diseñado está abierto a modificaciones, almacenamiento y procesamiento de información adicional e interacción con diferentes roles en la organización, es decir recibe entradas (datos) y produce salidas (información).

**2.4.1 Módulo de indicadores de gestión** Éste módulo permite que el auxiliar de mantenimiento ingrese la información correspondiente a la ocurrencia en una falla de la máquina, partiendo del código del equipo (almacenado previamente en el módulo de equipos), fecha de ocurrencia de la falla y duración de la falla. Dicha información será compilada en una tabla y utilizada para visualizar gráficamente los indicadores de gestión tales como el TMEF, TMPR, TEMP, TPMP y disponibilidad.

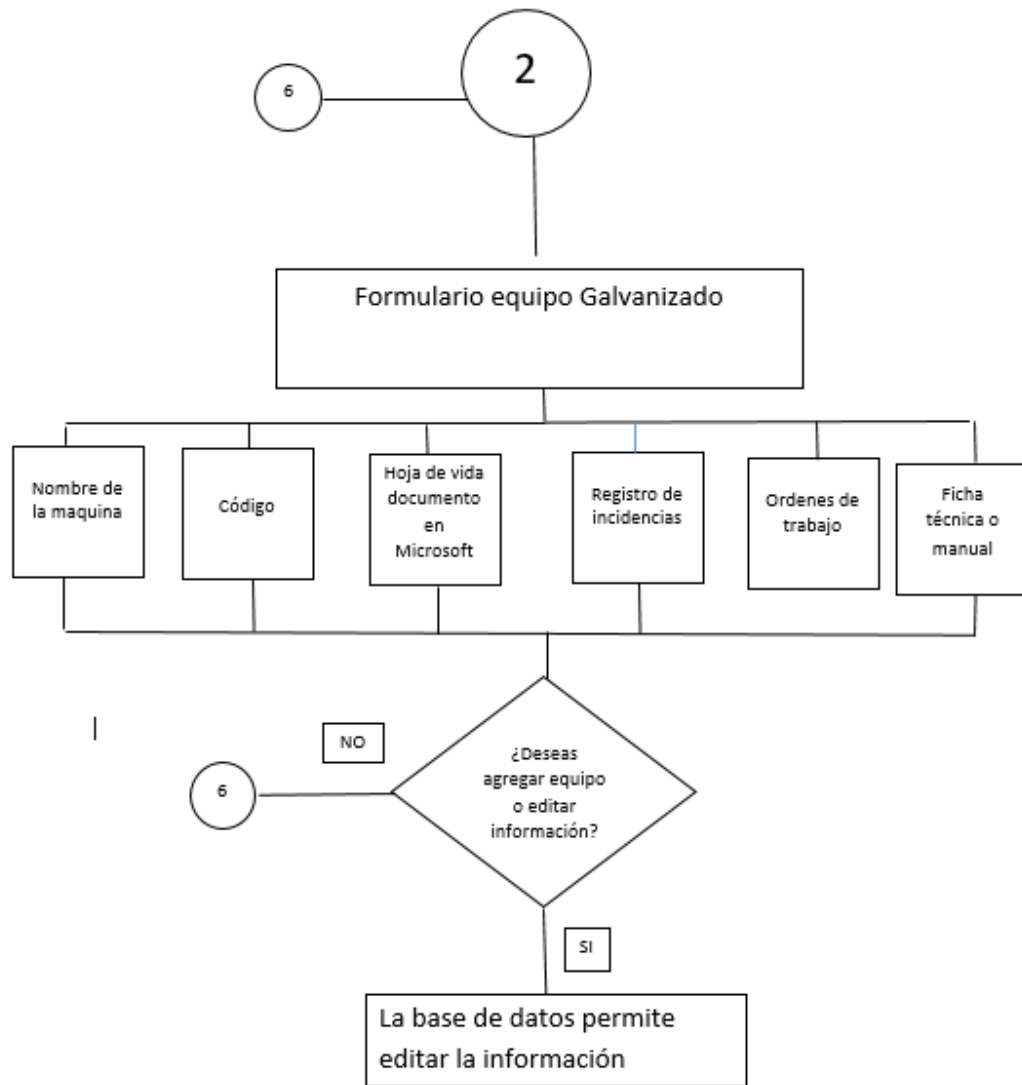
**Figura 5. Diagrama de Flujo del Módulo de Indicadores de Gestión**



**2.4.2 Módulo de máquinas.** Dicho módulo permitirá al auxiliar administrativo ingresar organizadamente los datos pertenecientes a cada equipo, tales como el nombre del equipo, código, fabricante, ficha técnica, instructivo, hoja de vida, operador mantenedor y registro de incidencias. Así mismo el formulario enlazado

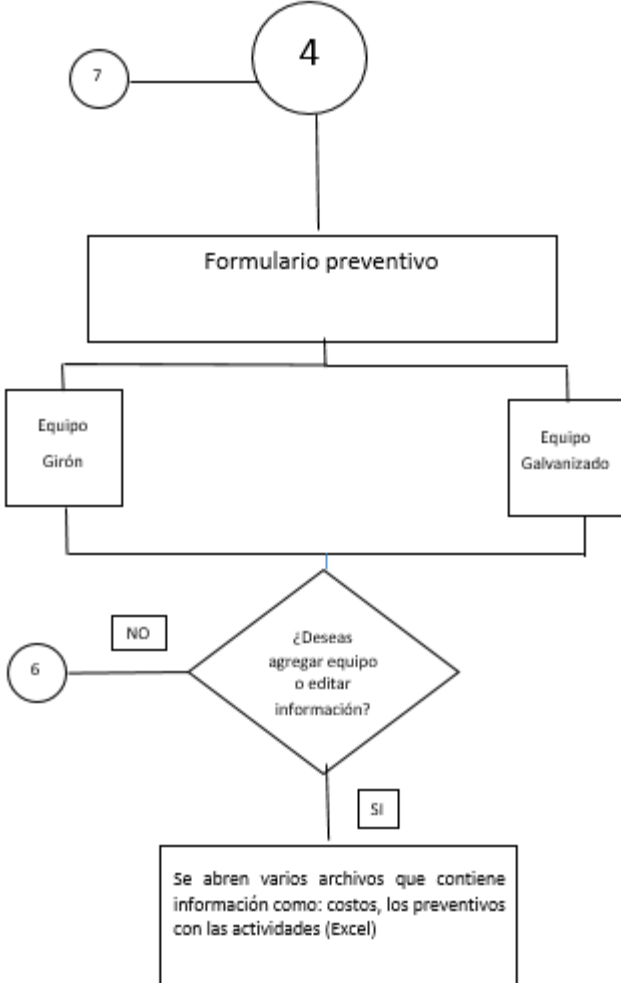
con dicha tabla permitirá al operario o al jefe de mantenimiento revisar la información cuando sea necesario.

**Figura 6. Diagrama de Flujo del Módulo de Máquinas**



**2.4.3 Módulo de acciones de mantenimiento.** En este módulo el jefe de mantenimiento almacena un cronograma maestro de mantenimiento preventivo soportado en la información brindada por los anteriores módulos.

Figura 7. Diagrama de Flujo del Módulo de Acciones de Mantenimiento



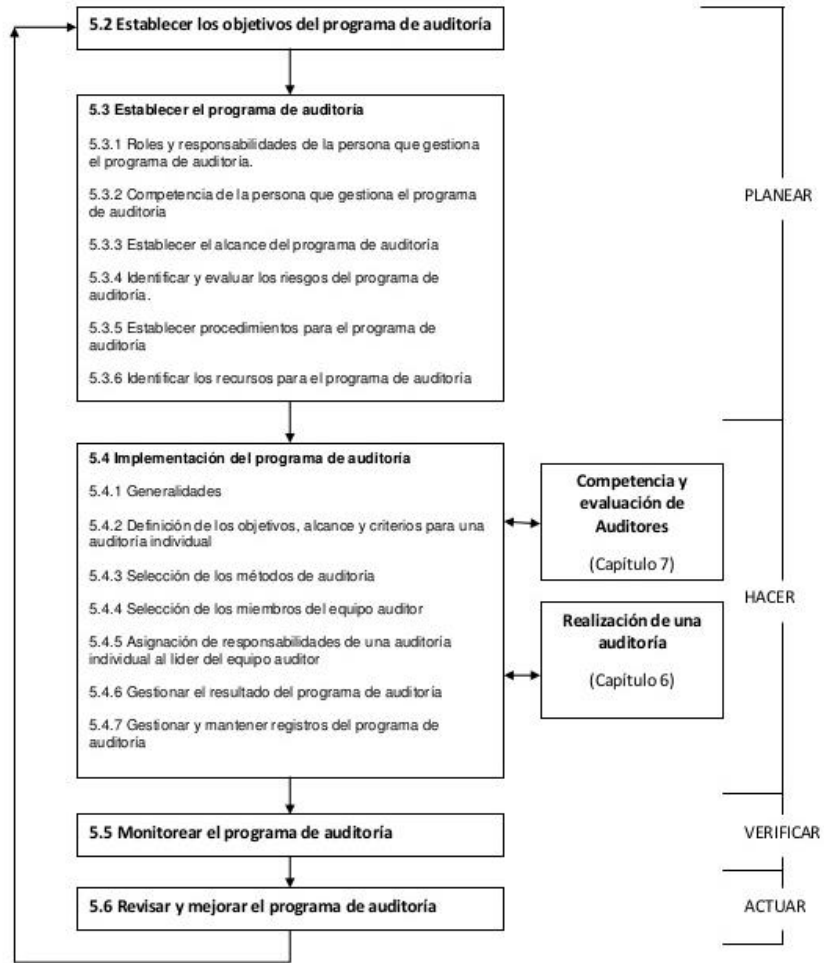
### **3. AUDITORÍA DE MANTENIMIENTO**

#### **3.1 ESTRUCTURACIÓN DE LA AUDITORÍA DE MANTENIMIENTO**

La auditoría es un proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias y evaluarlas de manera objetiva según se cumplan o no ciertos criterios.

Se dice que es de carácter sistemático, porque se debe realizar de una manera lógica y organizada, en orden de que la información recopilada sea adecuada y suficiente para emitir un informe de resultados final. Dicho informe debe ser tomado como una herramienta para la implementación de mejoras en los procesos auditados. La norma ISO 19011 describe la estructura de la auditoría y las actividades que componen cada etapa del proceso, tal y como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 8. Estructura de una Auditoría**



Fuente: NTC-ISO 19-011

### 3.2 CUESTIONARIO DE VALORACIÓN INICIAL

La auditoría planteada busca obtener un diagnóstico cuantitativo y una valoración inicial del estado actual del área de mantenimiento. Una de las herramientas a utilizar será un cuestionario de doce secciones. Cada sección engloba un atributo de la gestión del mantenimiento que se valora de acuerdo al resultado obtenido en el bloque de preguntas correspondiente.

Cada pregunta tiene una respectiva ponderación dependiendo de la trascendencia que la misma tiene sobre el bloque analizado. El puntaje obtenido a partir de la calificación ([1] si la situación es desfavorable, [2] si la situación es aceptable o [3] si la situación es muy favorable) y el valor ponderado de cada pregunta, permite medir cada atributo de la gestión de mantenimiento dentro de la organización. La tabla mostrada a continuación expone la totalidad del cuestionario resuelto con la información suministrada por los encargados de cada atributo dentro de la empresa.

**Tabla 1. Auditoría**

<i>Organización General</i>
¿Está definida por escrito y aprobada, la organización y responsabilidades del departamento del mantenimiento (Organigrama)?
¿Existe un encargado de mantenimiento?
¿El personal encargado de mantenimiento conoce las responsabilidades, limitaciones y obligaciones de su cargo?
¿Está suficientemente dimensionada la estructura de la dirección de mantenimiento y su equipo técnico para abordar nuevos procesos de mejora?
¿El taller cuenta con personal certificado y calificado para realizar los mantenimientos?
¿Tiene cada sección y o actividad un presupuesto de funcionamiento y hay seguimientos periódicos de su adecuación a la realidad?
¿Existe un área de planificación y coordinación de trabajos para realizar estudios de mejora y formación?
¿Existe descripciones de las funciones (En el terreno de responsabilidad y en el de iniciativa) para cada uno de los puestos de ejecución?
¿El personal de producción tiene instrucciones para llevar a cabo operaciones de mantenimiento de primer nivel y las ejecutan?
¿Todas operaciones preventivas y correctivas se ejecutan con órdenes de trabajo y aplican adecuadamente las actividades y repuestos?
¿Tiene objetivos claros e indicadores de funcionamiento que sirvan de pauta como resultados del servicio prestado?
¿Hay reuniones periódicas y se realizan seguimientos de niveles de calidad de servicios percibidos por nuestros clientes?
<i>Métodos Y Sistemas De Trabajo</i>
¿Disponen de sistema de planificación y preparación de trabajo para intervenciones importantes (cronogramas de actividades y actividades a realizar)?
¿Tiene procedimientos para preparar trabajos, establecer presupuesto y

justificar nuevas adquisiciones o proponer nuevas actividades?
¿Disponen ustedes de métodos operativos escritos para los trabajos complejos o delicados?
¿Tienen ustedes un procedimiento por escrito (y aplicado) que defina las autorizaciones de trabajo (consignación, des consignación) para los trabajos que conlleven riesgos?
¿se archivan en los expedientes o historiales de equipos y sistemas los trabajos de preparación y planificación de grandes intervenciones?
¿Hay acciones que lleven a organizar las máquinas y unidades?
¿Tiene ustedes métodos para estimación de tiempos distintos de la estimación global?
¿utilizan ustedes el método de Gratt, para la preparación de trabajos largos, importantes o que necesiten mucha coordinación?
Tiene métodos formalizados para hacer las reparaciones y protocolos de pruebas
¿Guardan ustedes la unidades en almacén, hacen que preparar kits (piezas o herramientas) antes de sus intervenciones?
Esta el conjunto de la documentación debidamente clasificada y fácil mente accesible
¿Tiene sistemas de priorización de actividades con base en su criticidad, repercusión necesaria etc.?
<i>Compra Y Registro De Repuestos Y Equipos</i>
Cuando se realiza un mantenimiento, ¿existe registro de materiales utilizados?
¿Existe un registro de repuestos o piezas de la maquinaria que se reemplazan durante el mantenimiento?
¿Tienen un almacén específico o diferenciado para mantenimiento y un sistema de lanzamiento y seguimiento de pedidos a su medida?
¿Disponen de un sistema de libre servicio para artículos y piezas de consumo habitual?
¿El stock de repuestos está al día, accesible a su personal de forma informatizada y disponible el valor, número de artículos, plazo, etc.?
¿Esta todas las piezas de repuesto Identificadas y codificadas?
¿Hay un procedimiento formalizado de solicitud de ofertas con pliegos adaptados a sus necesidades y adjudicación de pedidos?
¿Los procedimientos de aprovisionamiento son rápidos y flexibles?
¿Tiene proveedores concertados que almacenan en sus dependencias los materiales y repuestos de su suministro?
¿Tiene facilidad y homologados suministradores distintos al propio fabricante del equipamiento o instalación?
¿tienen un sistema rápido y eficaz de reparación de equipos y sistemas de inventario?
¿hay gran conexión entre el servicio de compras y de mantenimiento para las decisiones de compra y negociación con los suministros?
¿los procedimientos administrativos y operativos para solicitar un repuesto o

un traslado son ágiles y amigables?
<b>Sistemas Informáticos</b>
¿Cuentan con un software especializado para administrar el mantenimiento preventivo de los equipos?
¿La empresa tiene un programa informático para llevar un control de gastos de mantenimiento?
¿se dispone de una herramienta informática con las especificaciones y pasos a seguir para el mantenimiento?
¿Existe un software o inventario de los repuestos que se pueden encontrar en la bodega o una base de datos de empresas que los pueda suministrar?
<b>Organización Del Taller De Mantenimiento</b>
¿El espacio que tiene asignado a su Departamento para actividades de banco, oficina, de planificación e ingeniería, almacén, etc., es suficiente?
¿Dispone a pie de obra de las instrucciones operativas y protocolos para ser consultados por sus Mandos y operarios directamente?
¿Se encuentra bien ubicado el almacén de herramientas y respuestas?
¿disponen de suficiente utillaje y medio de manutención y transporte adecuados a sus trabajos preventivos y correctivos?
¿Las órdenes de trabajo se abren y cierran a pie de obra, con terminales ubicados en la planta o con terminales portátiles?
¿Las zonas destinadas a materiales útiles, a averiados y de envío o recepción exterior están correctamente identificadas y delimitadas?
¿Hay un responsable de logística de la custodia de herramientas y útiles de la verificación y calibración periódica de ellas?
<i>Herramientas Y Medios De Prueba</i>
¿Dispone de un inventario documentado y actualizado de herramientas y equipos de pruebas?
¿Dispone de Departamento, en propiedad o con accesibilidad inmediata, de las herramientas especiales y equipamientos que precisan?
¿Está correctamente definido el procedimiento de verificación y calibración de herramientas especiales y útiles?
¿Dispone de proceso de puesta a disposición o bono de responsabilidad sobre las herramientas para el caso de que estas se utilicen por contratistas?
¿Cada operario dispone de una caja de herramientas personal?
¿Existen verificaciones periódicas de puesta en conformidad de máquinas y herramientas, nuevas, usadas, o modificadas por Ustedes?
Cuando necesitan un medio extraordinario de manutención o transporte, ¿Lo disponen con las características y celeridad precisa?
¿La logística, contratación y gestión de nuevas herramientas y medios, es realizada directamente por Uds.?
<i>Documentación Técnica</i>
¿Disponen Uds. de documentación técnica general suficiente: mecánica de construcción, electricidad, código de entorno y nocividad, regulaciones?
¿Disponen Uds. de planos de conjunto y los esquemas necesarios?

¿Están disponibles las instrucciones técnicas de utilización y mantenimiento, así como las listas de las piezas sueltas para equipamientos de mayor envergadura?
¿Son fácilmente obtenibles y utilizables (en español) los planos de las instalaciones?
¿Se ponen al día los planos y los esquemas a medida que se aportan las modificaciones?
¿Se registran los trabajos de modificaciones de los equipamientos y se archivan los expedientes de preparación correspondientes (preparación, puesta al día de la documentación)?
¿Son fácilmente obtenibles los contratos de mantenimiento de constructores, contratistas?
¿Son suficientes los medios de fotocopiado e impresión?
<i>Personal Y Formación</i>
¿El ambiente de trabajo es en general positivo?
¿Dirigen y supervisan correctamente los manejos intermedios los trabajos efectuados por los operarios bajo su responsabilidad?
¿Se examinan en grupo los problemas a menudo, incluyendo también a los operarios (círculos de calidad, grupos de progreso)?
¿Se llevan a cabo encuentro periódicos de apreciación entre personal directivo y el operario?
¿Los mandos intermedios y los operarios están lo suficientemente disponibles? (Alargamiento de jornada laboral para acabar un trabajo trabajar los domingos)
¿Consideran Uds. en general que la formación técnica de su personal es satisfactoria?
En el trabajo diario, ¿estiman Uds. que el personal tiene la iniciativa necesaria?
¿Sus mandos intermedios aseguran de forma regular el perfeccionamiento del personal en materias técnicas?
¿Reciben sus mandos intermedios formación en nuevas tecnologías gracias a estancias, visitas a constructores, a exposiciones, etc.?
¿Recibe su personal en seguridad y prevención de accidentes de forma regular?
¿Programa y domina la formación del personal el servicio de mantenimiento?
¿Se sigue rigurosamente las cualificaciones y la habilitación del personal?
¿Tienen Uds. pérdidas importantes de tiempo productivo debido a retrasos, ausencias?
¿Son buenas las relaciones de su personal con los agentes de Producción?
<i>Contratación</i>
¿Tienen ustedes un proceso de evaluación formas de los contratistas?
¿Se elaboran cuidadosamente los documentos descriptivos de los trabajos y los pliegos de condiciones?
¿La selección de los contratistas se llevan a cabo según criterios de técnica y

competencia?
¿Cuándo el mantenimiento no se realiza por personal de la empresa, ¿se tiene base de datos de personas o empresas que realicen el trabajo?
¿Contratan Uds. las tareas para las que se consideran no disponen de suficientes técnicos?
¿Incluyen en sus contratos con las empresas contratistas de cláusulas de resultados?
¿Desarrollan Uds. una garantía de calidad y la colaboración con los contratistas?
¿Crean Uds. y ponen al día un expediente por asunto, según un procedimiento de constitución predeterminado?
¿El control de los trabajos de los contratistas y la recepción de estos ¿las lleva a cabo una persona de su servicio, especialmente designada y según procedimientos rigurosos?
¿Disponen Uds. de documentación específica para que empresas externas lleven a cabo el mantenimiento de sus equipamientos?
<i>Control De La Actividad</i>
¿Se dan informes regulares del control de las horas, los costos de mano de obra y repuestos?
¿Se controla la eficacia, grado de saturación y tiempos muertos del potencial de mantenimiento?
¿Dominan ustedes su carga de trabajo?
¿Posee la empresa algún método de estimación de costos por mantenimiento de las diferentes máquinas y herramientas?
¿Emiten ustedes de forma regular un informe de las actividades a desarrollar (todos los meses y anualmente)?

La siguiente figura resume los resultados obtenidos.

**Figura 9. Resultados de la Auditoría de Mantenimiento**



Dichos resultados posibilitarán el diagnóstico de las áreas con la calificación más baja y enfocarán el presente trabajo a mejorar a las falencias encontradas en cada una de las secciones críticas, las cuales para efectos de éste trabajo deberán presentar una puntuación menor a 50. Los resultados arrojados por la encuesta confirman que el control de la actividad y los sistemas informáticos (atributos sobre los cuales un sistema de información influiría directamente) arrojan los resultados más bajos, siendo esto acorde a la solución planteada. Así mismo, la mayoría de atributos relacionados con la gestión del mantenimiento se encuentran ligeramente por debajo del umbral establecido y es de vital importancia tomar intervenir los procesos y crear herramientas enfocadas a su mejoramiento.

### 3.3 REVISIÓN GENERAL DE LA DOCUMENTACIÓN DE CADA EQUIPO

Con miras a tener una idea general del nivel de organización actual de la información concerniente a cada máquina, se realizó una inspección general a los formatos de hoja de vida, instructivo y manual. Se observó que cada hoja de vida contiene adicionalmente un listado de las actividades de mantenimiento realizadas comúnmente a la máquina en cuestión junto con una frecuencia definida. A partir de dicha frecuencia se implementa actualmente un plan de mantenimiento preventivo en busca de brindar al jefe de mantenimiento una herramienta para coordinar acertadamente al personal técnico.


En la siguiente tabla se expone un ejemplo de un listado de actividades perteneciente a un compresor ubicado en la mesa de plasma de la línea de producción de estructuras metálicas.

**Tabla 2. Principales Actividades que se Realizan en un Equipo**

PRINCIPALES ACTIVIDADES QUE SE REALIZAN AL EQUIPO
SUMINISTRAR AIRE PRESURIZADO PARA PROCESO DE TRABAJO MESA DE CORTE PLASMA
SUMINISTRAR AIRE PRESURIZADO PARA LIMPIEZA GENERAL EQUIPO Y HERRAMIENTAS

Adicionalmente, se muestra en la siguiente tabla un formato ejemplo para las hojas de vida identificadas en la auditoría de valoración inicial.

Tabla 3. Hoja de Vida de Equipos

	<b>HOJA DE VIDA DE EQUIPOS</b>	Código: F-MTO-06	
		FECHA: 26-9-2013	VERSION 1
		Página 1 de 4	

REGISTRO DEL EQUIPO			
NOMBRE DE MÁQUINA	COMPRESOR	FABRICANTE	TECNICOMPRESORES
MARCA	TECNICOMPRESORES	No. DE SERIE	.....
NUMERO DE PISTONES	2	DESIGNACIÓN INTERNA	01-CO-02
UBICACIÓN	MESA DE PLASMA	FUNCIÓN	SUMINISTRAR AIRE PRESURIZADO

DATOS DIMENSIONALES Y PARÁMETROS DE OPERACIÓN			
LARGO (cm)	170	PRESION MAXIMADE TRABAJO	154 PSI • 10,5 kg/cm <sup>2</sup>
ALTO (cm)	137	CAPACIDAD DE FLUIJO	0,6 m <sup>3</sup> / min -600L/min +21,1CFM
ANCHO(cm)	73	CAPACIDAD MAXIMA DEL TANQUE	260 L / 68 GALONES
		RANGO DE TRABAJO	95 PSI-120 PSI
		SENTIDO DE GIRO	ANTI-HORARIO DE FRENTE AL MOTOR
		PRESION DE DISPARO VALVULA DE SEGURIDAD	130 PSI

ACCESORIOS			
POLEA MOTOR	6 3/4" * EXTERIOR X 28 mm * INTERIOR, DOBLE CANAL TIPO B, CUÑERO 5/16"	CORREAS	2 X B-82 MARCA CANDO
POLEA COMPRESOR	17 7/8" * EXTERIOR, DOBLE CANAL TIPO B, AJUSTE CONICO	RPM COMPRESOR	696
MANOMETRO TANQUE	0-200 PSI / 0-15 kg/cm <sup>2</sup>	TIPO ACEITE PARA COMPRESOR	MOBIL HD SAE 50 MONOGRADO
CANTIDAD DE ACEITE	700 ml		
PRESOSTATO MECANICO	LEF00 MODELO PC-5-1H 175PSI 20 AMP. 240 VOLT.		

ESPECIFICACIONES TECNICAS MOTOR COMPRESOR											
KW	HP	RPM	V	A	LUBRICACION	FABRICANTE	FASES	SERIE	H.Z	FS	EFICIENCIA
5,5	7,5	1740	220ΔΔ/440Δ	20,6/10,3	SELLADO	VOGES-B112M4/EL	3	190511	60	1.15	0.82

Fuente: GARCÍA VEGA S.A.S.

Se evidencia que no existe una herramienta que facilite el seguimiento de las actividades de mantenimiento previamente descritas, pues no es posible conocer con exactitud la fecha en la que fueron ejecutadas, lo cual restará validez al cronograma de mantenimiento anual existente. Se hace notar también que la frecuencia de dichas actividades es muchas veces recomendada por el fabricante en términos de horas de trabajo, como por ejemplo, el intervalo de tiempo entre lubricaciones recomendado para el compresor en cuestión es de 3000 horas de trabajo.

En general, los equipos cuentan con cierta información desordenada y dispersa en formato físico entre los operarios e ingenieros. No todos los equipos poseen un manual, instructivo o ficha técnica; adicionalmente no está instaurada una cultura organizacional basada en la obligatoriedad del registro de incidencias. Los insumos necesarios para la intervención de un equipo que ha fallado tales como rodamientos, lubricantes o alguna herramienta de mano, no siempre están disponibles en almacén ni están documentados en orden de programar su adquisición y evitar correcciones mucho más prolongadas. Se observa una desconexión total entre los departamentos de mantenimiento y producción.

### **3.4 INSPECCIÓN EN CAMPO DEL ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS**

Por medio de visitas programadas a la planta, se realizó en conjunto con el codirector/jefe de mantenimiento (Ing. Hilton Ramírez), y con diferentes operarios continuamente relacionados con la maquinaria, un trabajo de inspección visual del estado físico y el funcionamiento de los equipos.

La siguiente tabla ejemplo muestra una inspección realizada a una troqueladora ubicada en la planta girón. Como se puede observar, se hace una descripción detallada de las anomalías observadas, así como de las modificaciones o

reparaciones que permitirían al equipo funcionar sin problemas. Toda la información fue confirmada por el técnico o ingeniero encargado.

**Tabla 4. Ejemplo de formato de inspección en campo del estado actual de un equipo**

TROQUELADORA
<ul style="list-style-type: none"><li>• El tablero eléctrico de la maquina requiere de mantenimiento general.</li><li>• Las correas transmisoras de la troqueladora están en estado regular.</li><li>• Algunas funcionalidades tales como el contador digital y la bomba de lubricación de las bancadas están inhabilitadas.</li><li>• Por la potencia del motor (20HP a 220V), se requiere hacer una acometida eléctrica desde la subestación.</li><li>• El silenciador de la electroválvula neumática esta partido.</li><li>• En el sistema de embrague de la máquina (neumático) se necesita instalar un compresor que cumpla con la capacidad requerida para el buen funcionamiento de la troqueladora.</li><li>• El bloque principal de distribución manifold de salidas de mangueras para puntos de lubricación tiene los empaques rotos (para cambio) de igual manera las mangueras están en mal estado.</li><li>• El programador automático digital de la bomba de lubricación no está habilitado.</li><li>• El seccionador de voltaje principal del tablero eléctrico de la maquina está dañado.</li></ul>

Fuente: GARCIA VEGA S.A.S.

### **3.5 VERIFICACIÓN DEL PERSONAL DESTINADO AL MANTENIMIENTO Y SU COMPETENCIA**

El departamento de mantenimiento cuenta en la seccional de centro con un supervisor de mantenimiento capacitado en la misma planta, y en la seccional de Girón cuenta con 4 supervisores y un ingeniero electrónico, todos ellos son coordinados por un jefe de mantenimiento. En el capítulo de costo/beneficio se

plantea una reestructuración del departamento de mantenimiento, pues se encuentran deficiencias en la estructura organizacional actual.

## 4. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS

### 4.1 CONSULTA Y ASIGNACIÓN DE VALORES PONDERADOS

El método de los factores ponderados basado en riesgo realiza un análisis cuantitativo de los criterios utilizados para determinar la importancia de cada equipo. Dicho método debe ser aplicado para la posterior construcción de la matriz de criticidad. La siguiente tabla resume los criterios utilizados y la ponderación asignada según el estado de dicho criterio.


**Tabla 5. Factores Ponderados**

FRECUENCIA DE FALLAS		COSTO DE MANTENIMIENTO	
Pobre mayor a 2 fallas/año	4	Mayor o igual al 5 % del costo del equipo	2
Promedio 1-2 fallas/año	3	Inferior al 5% del costo todo el equipo	1
Buena 0, 5-1 fallas /año	2	<b>IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE E HIGIENE</b>	
Excelente menos de 0,5 fallas/año	1		
<b>IMPACTO OPERACIONAL</b>		Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación ante externos de la organización	8
Perdida de todo el despacho	10	Afecta el ambiente/instalaciones	7
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas	7		
Impacta en niveles de inventario o calidad	4		
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	Afecta las instalaciones causando daños severos	5
<b>FLEXIBILIDAD OPERACIONAL</b>		Provoca daños menores (ambiente-seguridad)	3
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4		
Hay opción de repuesto	2		
Función de repuesto disponible	1		
		No provoca ningún daño a personas, instalaciones o ambientes.	1

Fuente: Conferencias Ingeniería de Mantenimiento

Estos factores se evalúan en reuniones de trabajo con la participación de las distintas personas involucradas en el contexto operacional (operaciones, mantenimiento, procesos, seguridad y ambiente). La ponderación dada a cada equipo en cada criterio, se almacenó de manera organizada en el formato mostrado en la siguiente tabla, así mismo fue obtenido considerando la opinión y experticia de los integrantes del departamento administrativo.

**Tabla 6. Formato para Análisis de Criticidad**

FORMATO PARA ANÁLISIS DE CRITICIDAD				
Equipo:	COMPRESOR			
Código:	01-CO-02	Fecha:	07/08/2016	
FRECUENCIA DE FALLAS				
Pobre mayor a 2 fallas/año		4	X	
Promedio 1-2 fallas/año		3		
Buena 0, 5-1 fallas /año		2		
Excelente menos de 0,5 fallas/año		1		
IMPACTO OPERACIONAL				
Pérdida de todo el despacho		10		
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas		7	X	
Impacta en niveles de inventario o calidad		4		
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción		1		
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL				
No existe opción de producción y no hay función de repuesto		4		
Hay opción de repuesto compartido/almacén		2		
Función de repuesto disponible		1	X	
COSTO DE MANTENIMIENTO				
Mayor o igual al 5 % del costo del equipo		2	X	
Inferior al 5% del costo todo el equipo		1		
IMPACTO EN SEGURIDAD, AMBIENTE E HIGIENE				
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación ante externos de la organización		8		
Afecta el ambiente/instalaciones		7	X	
Afecta las instalaciones causando daños severos		5		
Provoca daños menores (ambiente-seguridad)		3		
No provoca ningún daño a personas, instalaciones o ambientes.		1		
<b>Valor Criticidad</b>				64

## 4.2 ELABORACIÓN DE MATRIZ DE CRITICIDAD DE LOS EQUIPOS

Una vez que en cada equipo se evalúan los criterios previamente mencionados y se da una ponderación de acuerdo a lo observado, se calcula la consecuencia y la criticidad total por medio de las siguientes ecuaciones:

$$Criticidad_{Total} = Frecuencia\ de\ Fallas * Consecuencia$$

*Consecuencia*

$$= (Impacto\ Operacional * Flexibilidad) + Costo\ Mantenimiento + Impacto\ SAH$$

Al tener cada equipo un valor calculado de criticidad total y consecuencia, será posible ubicarlos en una matriz en la que se visualizan los equipos críticos en la esquina superior derecha, y los menos críticos en la esquina inferior izquierda.

**Tabla 7. Matriz de Criticidad**

<b>FRECUENCIA</b>	<b>4</b>	<b>MC</b>	<b>MC</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>
	<b>3</b>	<b>MC</b>	<b>MC</b>	<b>MC</b>	<b>C</b>	<b>C</b>
	<b>2</b>	<b>NC</b>	<b>NC</b>	<b>MC</b>	<b>C</b>	<b>C</b>
	<b>1</b>	<b>NC</b>	<b>NC</b>	<b>NC</b>	<b>MC</b>	<b>C</b>
		<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>
		<b>CONSECUENCIA</b>				

Fuente: Seminario de Investigación en metodologías de análisis de falla

La matriz de criticidad<sup>6</sup> clasifica los equipos en tres categorías según sea su ubicación.

<sup>6</sup> MOBLEY, Keith. Maintenance Engineering Handbook, 8th Edition. McGRAW-HILL. Pags 184-206

Área de sistemas No Críticos (NC) (Índice de criticidad 1-25): Son equipos que en el caso de fallar no repercutirán. Dichos equipos pueden estar sometidos a un plan de mantenimiento correctivo y se excluirán del sistema de información para la gestión de mantenimiento.

Área de sistemas de Media Criticidad (MC) (Índice de criticidad 25-59): Son equipos que en caso de fallar afectan levemente el sistema productivo, ya sea en la calidad del producto o en la eficiencia del proceso, pero permiten lapsos relativamente largos para reparar la avería. Dichos equipos serán incluidos dentro del plan de mantenimiento preventivo

Área de Sistemas Críticos (C) (Índice de criticidad 60-200): Son equipos que al fallar ocasionan el paro de la cadena productiva o de un subsistema y por lo tanto su reparación es de carácter urgente. Dichos equipos serán incluidos dentro del plan de mantenimiento preventivo

#### 4.3 CASO DE ESTUDIO PARA UN EQUIPO

Esta sección está destinada a ejemplificar el procedimiento de cálculo de la criticidad total y frecuencia de un equipo en cuestión. La siguiente tabla ilustra los puntajes obtenidos en cada criterio para un puente grúa perteneciente al área de galvanizado.

**Tabla 8. Análisis de Criticidad Trolley**

EMPRESA: García Vega SAS	CRITERIO	PUNTAJE
DEPARTAMENTO: GALVANIZADO MÁQUINA: PUENTE GRÚA 2 POL. TROLLEY CÓDIGO: 02-TR-05	FRECUENCIA DE FALLAS	4
	IMPACTO OPERACIONAL	10
	COSTO DE MTO	2
	FLEXIBILIDAD DE OPERACIÓN	4
	IMPACTO SAH	5

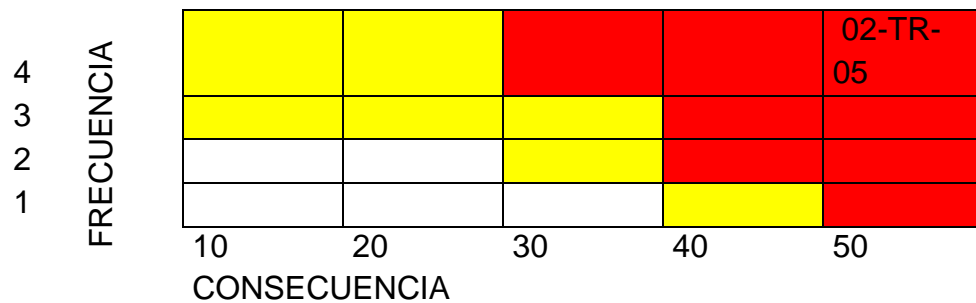
Los valores necesarios para ubicar al equipo dentro de la matriz de criticidad se calculan con las formulas previamente descritas así:

$$\text{Consecuencia} = [(10 \times 4)] + 2 + 5 = 47$$

$$\text{Criticidad Total} = 4 * 47 = 188$$

De esta manera se ubica el equipo analizado dentro de la matriz tal y como muestra la siguiente gráfica.

**Tabla 9. Ubicación 02-TR-05**



#### 4.4 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD.

Es necesario aclarar que el análisis presentado en éste capítulo omitió una parte de los equipos totales de las dos plantas. Este grupo de equipos fueron excluidos del análisis, pues por experticia del codirector se consideraron claramente críticos.

**4.4.1 Resultados para la planta de galvanizado.** La siguiente tabla resume los valores de cada criterio, la consecuencia y criticidad para cada equipo perteneciente a la planta de galvanizado

**Tabla 10. Análisis de criticidad Planta Galvanizado.**

<b>ANÁLISIS DE CRITICIDAD GALVANIZADO</b>								
<b>CÓDIGO</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>F.F</b>	<b>I.O</b>	<b>C.M</b>	<b>F.O</b>	<b>I.S.A.H</b>	<b>CONS</b>	<b>CR</b>
02-BC-01	Bascula	2	4	1	1	1	6	12
02-BC-02	Bascula	2	4	1	1	1	6	12
02-ME-01	Medidor De Espesor	2	4	1	2	1	10	20
02-BA-01	Bomba De Acido	4	7	2	4	7	37	148
02-CC-05	Horno Precalentador	4	7	2	2	7	23	92
02-CC-04	Horno Precalentador	4	7	2	2	7	23	92
02-CC-01	Horno Precalentador	4	7	2	2	7	23	92
02-CC-02	Horno Precalentador	4	7	2	2	7	23	92
02-PE-01	Planta Eléctrica	4	10	2	4	7	49	196
02-CC-06	Caja De Control	4	7	2	2	5	21	84
02-TZ-01	Tronzadora	4	4	1	2	5	14	56
02-TR-01	Puente Grúa 1 Pol. Trolley	4	10	2	4	5	47	188
02-TR-02	Puente Grúa 1 Pol. Trolley	4	10	2	4	5	47	188
02-CC-01	Puente Grúa 1 Caja Control	4	10	2	4	5	47	188
02-BM-01	Puente Grúa 1 Botones	4	10	2	4	5	47	188
02-TT-01	Puente Grúa 1 Testero	4	10	2	4	5	47	188
02-TT-02	Puente Grúa 1 Testero	4	10	2	4	5	47	188
02-TR-03	Puente Grúa 2 Pol. Trolley	4	10	2	4	5	47	188
02-BM-02	Puente Grúa 2 Botones	4	10	2	4	5	47	188
02-CC-02	Puente Grúa 2 Caja Control	4	10	2	4	5	47	188
02-TT-04	Puente Grúa 2 Testero	4	10	2	4	5	47	188
02-TR-05	Puente Grúa 2 Pol. Tolley	4	10	2	4	5	47	188

Partiendo de la información previa, se ubica cada uno de los equipos en la matriz. Una vez completada, se observa fácilmente que la mayoría de equipos pertenecen a zona de alta criticidad, mientras que sólo tres equipos serían sometidos al mantenimiento correctivo y excluidos del sistema de información a implementar.

**Tabla 11. Matriz de criticidad Planta Galvanizado.**

4		02-TZ-01		02-BA-01	02-PE-01
					02-TR-01
					02-TR-02
					02-CC-01
					02-BM-01
					02-TT-01
					02-TT-02
					02-TR-03
					02-BM-02
					02-CC-02
					02-TT-04
					02-TR-05
					3
2	02-BC-01				
	02-BC-02				
	02-ME-01				
1					
	10	20	30	40	50

**4.4.2 Resultados para la planta seccional Girón** La siguiente tabla resume los valores de cada criterio, la consecuencia y criticidad para cada equipo perteneciente a la planta de galvanizado.

**Tabla 12. Lista de equipos de la seccional de Girón**

CÓDIGO	EQUIPO	F.F	I.O	C.M	F.O	I.S.A.H	CONS	CR
01-CO-01	Compresor	4	7	2	2	7	23	92
01-CO-02	Compresor	4	7	2	2	7	23	92
01-CO-03	Compresor	4	7	2	2	7	23	92
01-CO-04	Compresor	4	7	2	2	7	23	92
01-CO-05	Compresor	4	7	2	1	7	16	64
01-CO-06	Compresor	3	4	2	1	3	9	27
01-CO-07	Compresor	3	4	2	1	3	9	27
01-CO-08	Compresor	3	4	2	1	3	9	27
01-CO-09	Compresor	2	4	2	1	3	9	19
01-CO-10	Compresor	2	4	2	1	3	9	18

CÓDIGO	EQUIPO	F.F	I.O	C.M	F.O	I.S.A.H	CONS	CR
01-PM-01	Equipo De Corte De Plasma	4	7	2	2	5	21	84
01-PM-02	Equipo De Corte De Plasma	4	7	2	2	5	21	84
01-PP-02	Equipo De Corte	4	4	2	2	5	15	60
01-PP-03	Equipo De Corte	4	4	2	2	5	15	60
01-CH-01	Corte Trazo Y Dobles	4	7	2	2	5	21	84
01-CH-02	Corte Trazo Y Dobles	4	7	2	2	5	21	84
01-DB-01	Corte Trazo Y Dobles	4	7	2	2	5	21	84
01-SF-01	Corte Trazo Y Dobles	4	7	2	2	5	21	84
01-SF-02	Corte Trazo Y Dobles	4	7	2	2	5	21	84
01-FR-01	Mecanizado	4	7	2	2	5	21	84
01-TF-01	Mecanizado	4	7	2	2	5	21	84
01-TF-02	Mecanizado	4	7	2	2	5	21	84
01-TO-01	Mecanizado	4	7	2	2	5	21	84
01-TO-02	Mecanizado	4	7	2	2	5	21	84
01-MS-01	Motosoldadores	4	7	2	2	5	21	84
01-MS-02	Motosoldadores	4	7	2	2	5	21	84
01-PH-02	Punzonado	4	7	2	2	5	21	84
01-TR-01	Tronzadoras Pequeñas	3	7	2	2	5	21	63
01-TA-01	Mecanizado	4	7	2	2	5	21	84
01-PH-01	Punzonado	4	7	2	2	5	21	84
01-TQ-01	Punzonado	4	7	2	2	5	21	84

Repitiendo el procedimiento realizado para la planta de galvanizado, se llena la matriz de criticidad con resultados muy similares en cuanto a equipos críticos, mientras que en este caso sólo dos equipos serían excluidos del sistema de información.

**Tabla 13. Matriz de Criticidad Planta Seccional Girón**

<b>EQUIPO</b>	<b>CRITICIDAD</b>	<b>RANGO DE CRITICIDAD</b>
01-CO-01	92	50-200
01-CO-02	92	
01-CO-03	92	
01-CO-04	92	
01-CO-05	92	
01-PM-01	84	
01-PM-02	84	
01-PP-02	60	
01-PP-03	60	
01-CH-01	84	
01-CH-02	84	
01-DB-01	84	
01-SF-01	84	
01-SF-02	84	
01-FR-01	84	
01-TF-01	84	
01-TF-02	84	
01-TO-01	84	
01-TO-02	84	
01-MS-01	84	
01-MS-02	84	
01-PH-02	84	
01-TR-01	63	
01-TA-01	84	
01-PH-01	84	
01-TQ-01	84	
01-CO-06	27	23-49
01-CO-07	27	
01-CO-08	27	
01-CO-09	27	0-19
01-CO-10	27	

El listado final de equipos excluidos es entonces 02-BC-01, 02-BC-02, 02-ME-01, 01-CO-09 Y .01-CO-10

## 5. ADQUISICIÓN DE DATOS

### 5.1 LINEAMIENTOS GENERALES DE LA NORMA ISO 14224

Para poder realizar la adquisición de los datos fue necesaria, la lectura y aplicación de la norma ISO 14224 y así tener un criterio de ingeniería para la toma de los datos, con el propósito de realizar el plan de mantenimiento preventivo a la empresa GARCÍA VEGA SAS.

Existen diferentes metodologías<sup>7</sup> para estimar el riesgo de personal y medio ambiental, de igual manera hay una forma secuencial de observar el rendimiento de una planta, todo ello se hace posible por medio de un registro de toma de datos de mantenimiento y confiabilidad. Para esto es necesaria la comprensión de las características técnicas, el funcionamiento, condiciones ambientales, y posibles fallas en la empresa.

Motivo por el cual se da la necesidad de realizar la recopilación de datos, entendida como una actividad a largo plazo planeada y ejecutada con unos determinados objetivos que dan más confiabilidad. Dichos datos son posibles estandarizarlos, mediante la norma internacional ISO 14224, la cual es un soporte para el mantenimiento, que explica la forma estructurada y planificada de realizar esta labor.

---

<sup>7</sup> INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION NORMA ISO 14224 Industrias de petróleo y gas natural -Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos [en línea] disponible en: <https://es.scribd.com/doc/45285559/ISO-14224>

Con el fin de poder compartir información estandarizada entre diversas compañías, esta norma tiene unos alcances que van desde la descripción de las prácticas de control, la garantía de la calidad de datos y la estandarización del proceso de adquirirlos.

Con los datos recogidos debemos observar dos ítems principales:

- Requisitos para el uso de diferentes metodologías.
- Formato de datos normalizados.

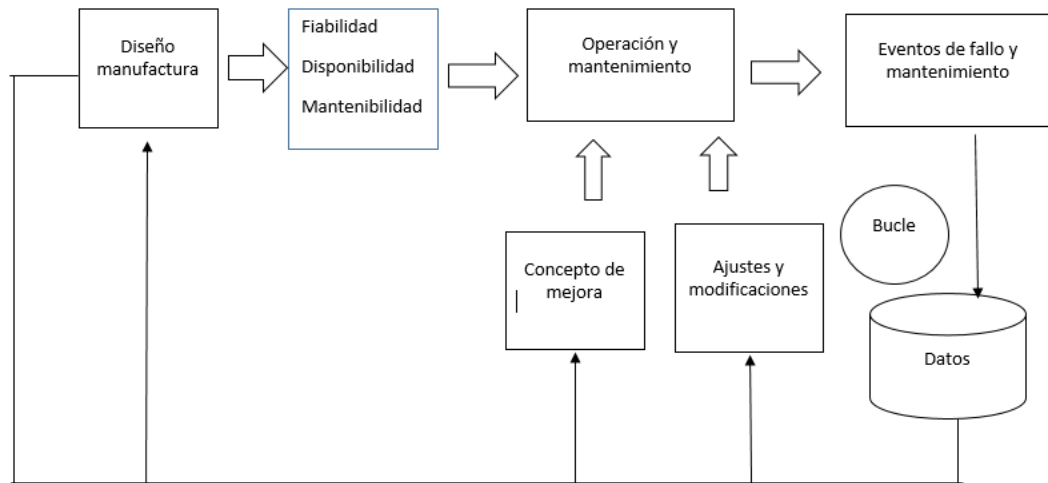
Cabe resaltar que en este proyecto de grado fue indispensable la recolección de datos. Basados en esta norma podemos clasificarlos en las siguientes tres categorías principales.

- Equipos: En esta categoría es posible encontrar la Taxonomía del equipo la cual consiste en una clasificación por jerarquía de las maquinas herramientas y un atributo del equipo.
- Datos de fallas: En esta categoría lo que se hace es analizar la causa de la falla y su respectiva consecuencia.
- Datos de mantenimiento: En esta categoría debemos tener en cuenta las acciones de mantenimiento desarrolladas, los recursos que se usan, las consecuencias del mantenimiento y el tiempo de inactividad de los equipos.
- Los datos tomados en el proceso de adquisición de datos deben tener las siguientes características:
- Sensibilidad: Censura atribuida a los datos debido a su nivel de importancia dentro de la organización.
- Seguridad: Importancia de tener un esquema de acceso selectivo en el cual sólo determinados usuarios cuentan con contraseñas para acceder a determinada información dentro de la misma empresa.
- Valor: Es necesario tener el valor de los datos, para la determinación del costo real de los mismos.

Durante este proceso de adquisición de datos, nos damos cuenta de los beneficios que esta norma nos puede ofrecer tales como:

- Optimizar el tiempo de reparaciones.
- Mejorar la toma de decisiones.
- Reducir los impactos ambientales.
- Realizar una evaluación comparativa entre la tendencia del rendimiento y aumento de disponibilidad.
- Compra de nuevos equipos.
- La norma nos muestra el siguiente esquema del análisis de confiabilidad y datos de mantenimiento compilados.

**Figura 10. Retroalimentación del análisis de los datos de mantenimiento y confiabilidad y recogidos**



Fuente: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION NORMA ISO 14224 Industrias de petróleo y gas natural -Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos [en línea] disponible en: <https://es.scribd.com/doc/45285559/ISO-14224>

La figura 10 anterior es una típica retroalimentación del análisis de los datos de mantenimiento y confiabilidad y recogidos. Para tener datos de alta calidad se deben caracterizar por:

- Integridad de los datos en relación con las especificaciones. Cumplimiento de las definiciones de: Parámetros de confiabilidad, tipos de datos y formatos.
- Entrada exacta, transferencia, manipulación y almacenamiento manual o digital.
- Debe haber datos suficientes y adecuados en cada periodo, para que se pueda dar una confianza estadística al proceso.
- Debe haber una relevancia y necesidad del usuario de esa información o tipo de datos.
- La confianza de los datos recogidos y sus respectivos análisis son dependientes de la calidad de los mismos.

## **5.2 PLANIFICACIÓN DE LA RECOPIACIÓN DE LOS DATOS**

Las siguientes medidas<sup>8</sup> son necesarias antes de empezar con la recolección de la información o datos necesarios:

- Definir el objetivo de recoger los datos, para un uso determinado, ya sea confiabilidad, disponibilidad, análisis de mantenimiento, costo de ciclo de vida o análisis a nivel de integridad.
- Investigar la fuente o fuentes de los datos para saber la calidad de los mismos. Dichas fuentes se clasifican en: inventarios, técnicos de mantenimiento y plantas asociadas.
- Definir la información de manera taxonómica, se debe incluir en la base de datos para cada unidad del equipo.
- Identificar los periodos de la fecha de instalación, el funcionamiento de los equipos de los cuales se saca este tipo de información.
- Aplicar una definición del informe de fallas, y un método de clasificación.

---

<sup>8</sup> Ibid

Con base en el siguiente listado de chequeo verificamos la calidad de los datos.

- El origen de los datos está documentado y su trazabilidad es medible.
- Los datos proceden de equipos similares en tecnología y condiciones de funcionamiento.
- El equipo es relevante para el propósito (por ejemplo, los modelos no obsoletos).
- Los datos se ajustan a las definiciones y reglas de interpretación.
- Las fallas son inscritas en el plazo límite, que se había definido.
- La información debe ser consistente.
- Los datos son registrados en el formato correcto.
- Se recogen suficientes datos, para dar una confianza estadística aceptable, y no sesgada por los valores atípicos.
- El personal de operación y mantenimiento son consultados para validar los datos.
- Se debe definir un nivel de prioridad para la integridad de los datos mediante un método adecuado.

Un método de ponderación de la importancia de los diferentes datos que deben recopilarse consiste en el uso de tres clases de importancia, de conformidad con la siguiente clasificación:

- ALTA: datos obligatorios ( $\approx$  cobertura de 100%).
- MEDIO: datos altamente deseables (cobertura > 75%).
- BAJA: Los datos de cobertura deseables (> 50%).

Se debe preparar un plan en el proceso de recolección de datos, dependiendo de la secuencia para las diferentes instalaciones, y realizar una verificación de la calidad durante y después del ejercicio de recopilación, analizar los datos para verificar la consistencia, distribuciones razonables, códigos apropiados e interpretaciones correctas de acuerdo con las medidas de planificación

El objetivo principal de esta evaluación temprana es la búsqueda de cualquier problema que puedan requerir las medidas de planificación para ser revisados inmediatamente, y así evitar que se recojan los datos inaceptables.

### **5.3 ORGANIZACIÓN Y FORMACIÓN NECESARIA**

Tanto personal de la empresa como personal especializado<sup>9</sup> podrá ejecutar la recopilación de datos. Con el fin de hacer un seguimiento útil a la auditoría se hace necesaria la capacitación del personal. Dentro de los protocolos propuestos por la norma, se debe realizar inicialmente un plan piloto que comprenda:

- Comprobación de la población disponible.
- Verificación de la calidad de la información, dependiendo de la fuente que la proporciona.
- Análisis de la viabilidad de los métodos de recolección para hacer la programación objetiva con respecto a los alcances y el presupuesto. Se deben contrarrestar las definiciones ambiguas y tener reglas de interpretación claras.

### **5.4 EQUIPOS DE CONTORNO, TAXONOMÍA Y DEFINICIONES DE TIEMPO**

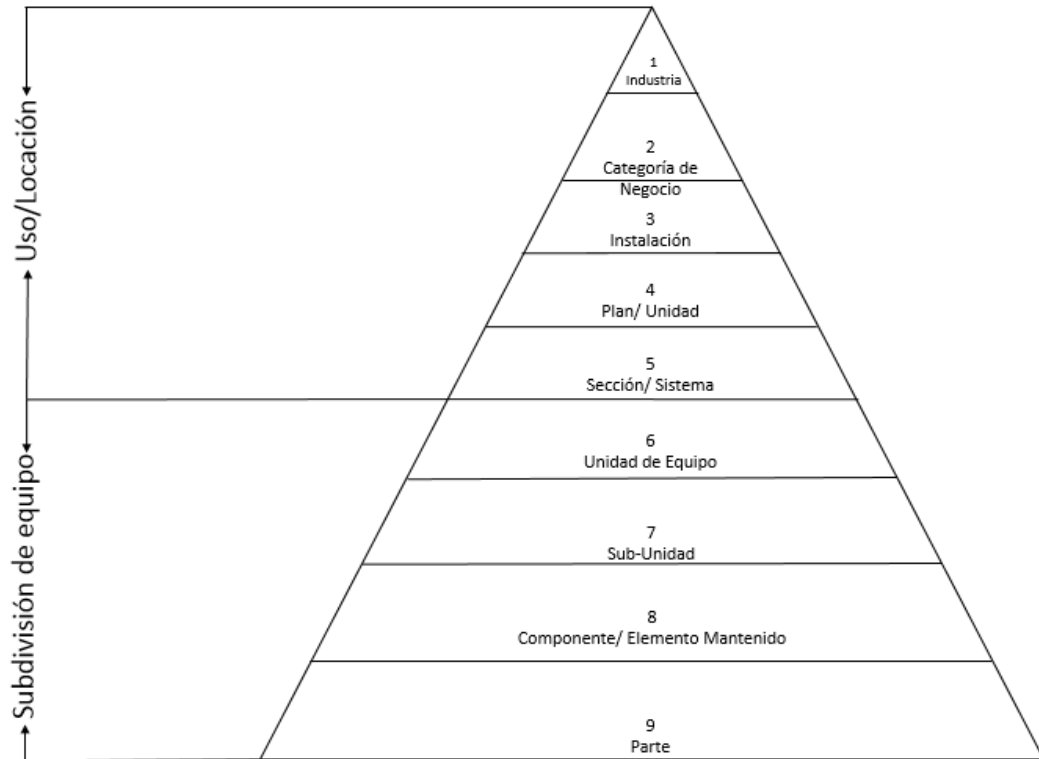
Dentro de los límites claros es imprescindible en la recolección de los datos<sup>10</sup> la fusión y el análisis. Esto facilita la comunicación clara entre operarios, equipos, áreas de la empresa y fabricantes. Los diagramas de contorno son utilizados comúnmente para mostrar las líneas de los objetos de bajo nivel y las interfaces que se involucran con el entorno.

---

<sup>9</sup> Ibid  
<sup>10</sup> Ibid

## 5.4.1 Taxonomía

Figura 11. Taxonomía



Fuente: NORMA ISO 14224

La taxonomía es una clasificación sistemática de los elementos en grupos genéricos sobre la base de factores posiblemente comunes a varios artículos: ubicación y uso de equipos de subdivisión, se define cada segmento, y se dan ejemplos de diferentes corrientes de negocios y tipos de equipos, como se ilustra en la siguiente tabla.

**Tabla 14. Niveles taxonómicos**

Categoría Principal	Nivel Taxonómico	Taxonomía Jerarquía	Definición	Ejemplo
Uso / ubicación	1	Industria	tipo principal de industria	construcción
	2	categoría de negocio	Tipo de empresa o flujo de procesamiento	civil
	3	categoría de instalación	Tipo de establecimiento	Estructuras y Galvanizado por inmersión
Datos	4	Planta / Unidad Categoría	Tipo de planta / unidad	Galvanizado y construcción
Equipo/ Subdivisión	5	Sección / Sistema	sección / sistema	Galvanizado, andamios, préstamos y alquiler de maquinaria pesada
	6	Equipo/ clase unidad	compresores	Bomba
	7	subunidad	Un subsistema necesario para la unidad de equipo funciones	Lubricación subunidad, subunidad de enfriamiento,
				control y vigilancia, calefacción
				subunidad, subunidad de peletización, enfriamiento rápido
				subunidad, refrigeración subunidad, reflujo
	8	componente/elemento mantenible	El grupo de partes de la unidad de equipo que son comúnmente mantenido (Reparado / restaurada) como un todo	subunidad, control distribuido subunidad
				Enfriador,
				acoplamiento,
				caja de cambios,
la lubricación				
la bomba de aceite, circuito de un instrumento, el motor,				
9	Parte	una sola pieza de equipo	válvula, filtro, sensor de presión,	
			sensor de temperatura, el circuito eléctrico	
				Sello, tubo, cáscara, impulsor, arandela, placa de filtro, tornillos, tuercas, etc.

Fuente: NORMA ISO 14224

Dentro de la Jerarquía que nos propone la norma, están los niveles del (1-5), que representan una categorización de alto nivel y aplicaciones independiente de la planta, pero son necesarios para tener el contexto operativo de la misma.

Los niveles del (6-9) están relacionados con una unidad del equipo, se puede definir como el inventario, con una subdivisión de niveles más bajos. En el nivel 6 se compilan datos sobre las subunidades y componentes. Existen algunas máquinas que no necesitan este tipo de subdivisión pero hay otras que si lo necesitan. A dicho nivel de especificación no llegara nuestro análisis pues el nivel 9 es necesario sólo para un mantenimiento de causa raíz.

Es necesario que los datos fiabilidad y mantenimiento estén relacionados con un cierto nivel, dentro de la jerarquía taxonómica para ser significativos y comparables. Por ejemplo, un modo de fallo estará relacionada con la unidad de equipo, mientras que un fallo del mecanismo se relaciona con el nivel alcanzable más bajo de la jerarquía de posiciones.

Es necesario que los datos estén relacionados con un cierto nivel dentro de la jerarquía taxonómica para ser significativa y comparable. Por ejemplo, un modo de falla se relaciona con la unidad de equipo, mientras que un mecanismo de falla se relaciona con el nivel alcanzable más bajo de la jerarquía de posiciones La Tabla 15 proporciona orientación sobre esto.

**Tabla 15. Fiabilidad y mantenimiento, parámetros en relación con los niveles de taxonomía.**

RMI datos registrados	Jerarquía de Nivel a				
	4 Planta / Unidad	5 Sección / Sistema	6 Equipo de Unidad	7 Sub-Unidad	8 Componente/ elemento mantenible
Impacto del fracaso en la seguridad	X b				
Impacto de mantenimiento en la seguridad	X				
Impacto del fracaso en las operaciones	X	(X)c			
Impacto de mantenimiento con respecto a las operaciones	X	(X)			
La falta de impacto en el equipo			X	(X)	(X)
Modo de fallo		(X)	X	(X)	(X)
Mecanismo de fallo			(X)	(X)	X
Causa del fallo				(X)	X
Método de detección		(X)	X	(X)	(X)
Subunidad falló				X	
Componente / artículo no mantenible					X
El tiempo de inactividad	(X)	(X)	X		
El tiempo de mantenimiento activo			X	(X)	(X)

a Véase la Figura 3.  
b X = por defecto.  
c (X) = posibles alternativas.

Fuente: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION NORMA ISO 14224 Industrias de petróleo y gas natural -Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos [en línea] disponible en: <https://es.scribd.com/doc/45285559/ISO-14224>

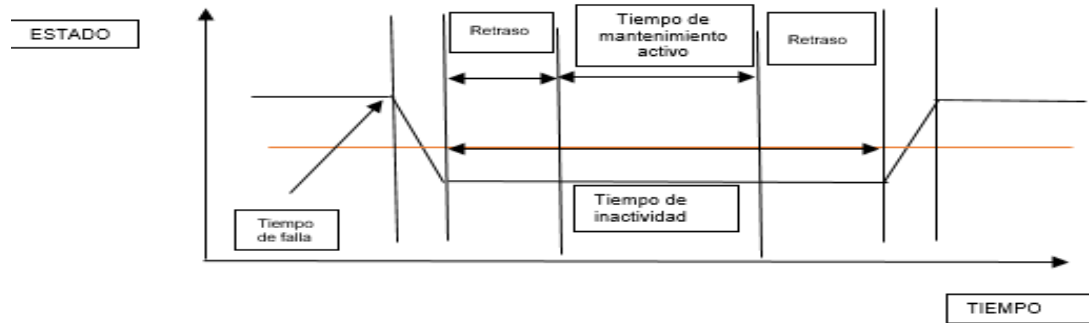
Por lo tanto, a menudo es necesario estimar el tiempo de funcionamiento basado en el conocimiento del personal operativo de mantenimiento.

## 5.5 LOS TIEMPOS DE MANTENIMIENTO

En el calendario es importante definir dos tiempos<sup>11</sup> para realizar mantenimiento los cuales son: tiempos de inactividad y tiempo de reparación activa, los cuales se ilustran en la siguiente figura.

<sup>11</sup> Ibid.

**Figura 12. Tiempo de Inactividad y Tiempo de Reparación Activa**



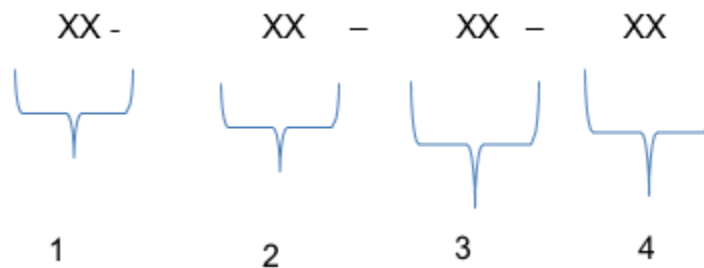
Fuente: Norma ISO 14224

### 5.6 CODIFICACIÓN DE MAQUINAS Y EQUIPOS

Antes de realizar la codificación de los equipos fue necesario hacer una clasificación del área de producción, identificada dentro de las dos seccionales, para poder dividir de una mejor manera los datos que se almacenaron en la base de datos y poder seguir las instrucciones dadas por la norma ISO 14224.

Esta codificación es importante porque permite llevar un registro de las diferentes modificaciones hechas en las máquinas y empezar a tener un análisis de indicadores de gestión, análisis de criticidad y relaciones de costo. Este código es alfanumérico, realizado para la empresa GARCÍA VEGA S.A.S. se describe en la siguiente figura.

**Figura 13. Codificación de Máquinas**

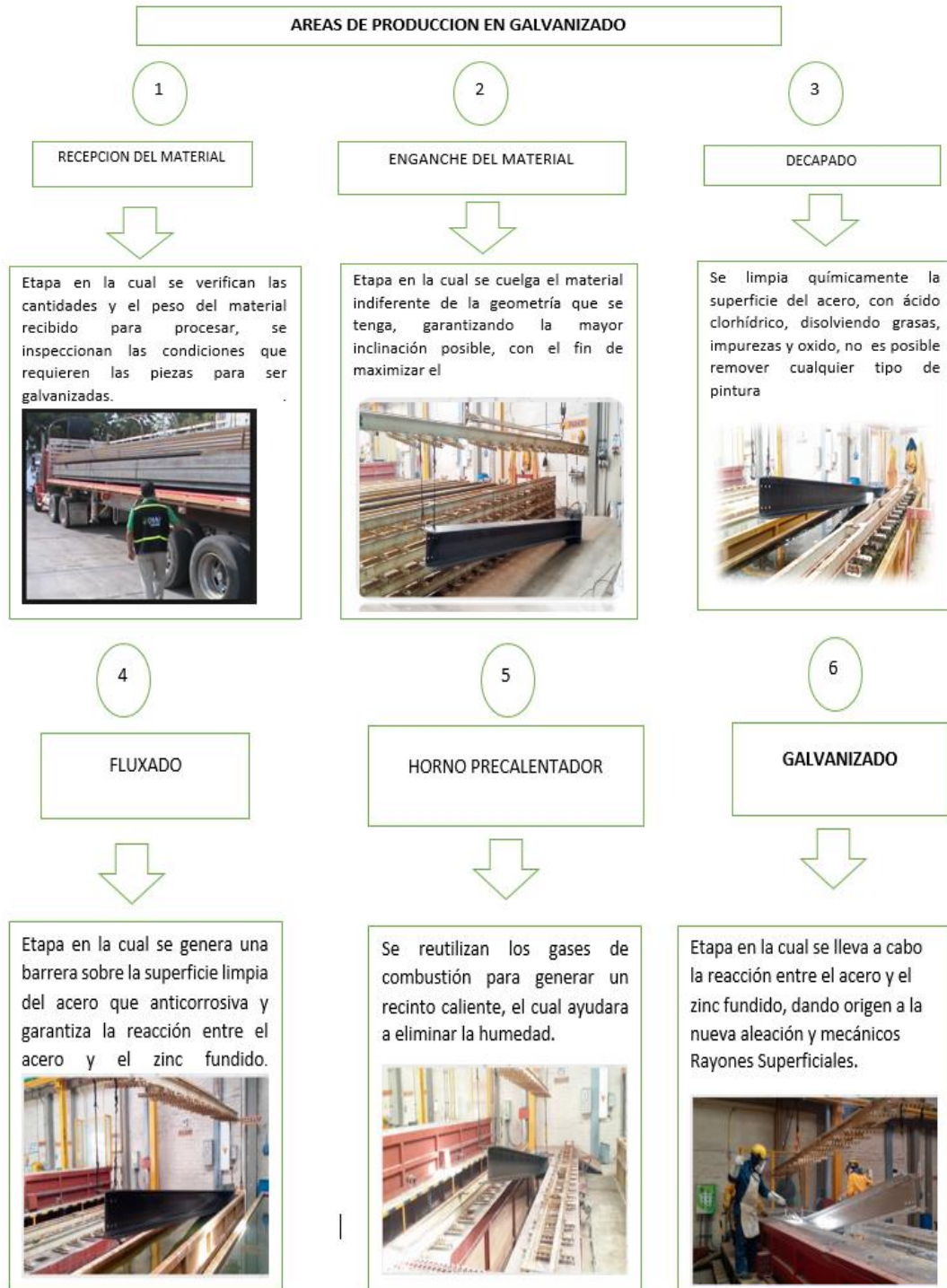


Dónde:

1. Sucursal.
2. Área de producción
3. Clase de equipo
4. Número consecutivo

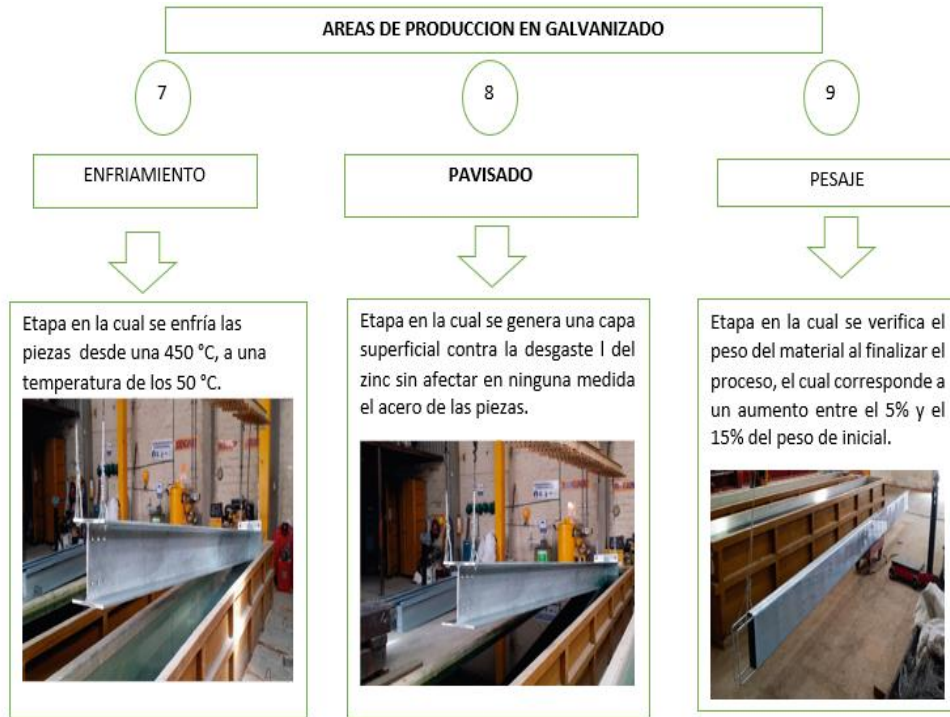
Donde las áreas de producción para cada sucursal se exponen por medio de las siguientes dos figuras.

**Figura 14. Áreas de Producción en Galvanizado 1**



Fuente: GARCÍA VEGA SAS

**Figura 15. Áreas de Producción en Galvanizado 2**



Fuente: GARCÍA VEGA SAS

**Figura 16. Áreas de Producción en Galvanizado 3**



Fuente: GARCÍA VEGA S.A.S.

Las siguientes tablas muestran la codificación específica usada para describir el área de producción de cada seccional.

**Tabla 16. Áreas de producción en seccional Girón.**

<b>ÁREA DE PRODUCCIÓN</b>	
<b>NOMBRE</b>	<b>CÓDIGO</b>
ASERRÍO	AS
CARGA	CG
COMPRESORES	CP
CORTE Y DOBLEZ	CD
MECANIZADO	ME
SOLDADURA	SD

**Tabla 17. Clasificación área de producción galvanizado**

<b>CLASIFICACIÓN ÁREA DE PRODUCCIÓN</b>	
<b>NOMBRE</b>	<b>CÓDIGO</b>
DECAPADO	DP
ENGANCHE	EN
GALVANIZADO	GA
HORNO DE FUNDIDO	HF
HORNO PRECALENTADOR	HPR
PESAJE	PE
TRANSPORTE Y MANIPULACIÓN DEL PRODUCTO	TM

## **5.7 INVENTARIO DE MAQUINAS Y EQUIPOS SECCIONAL GIRÓN**

Fue necesario identificar y dividir las áreas de producción en el departamento de galvanizado y girón con el fin de poder codificar las maquinas identificando plenamente el proceso que se realizaba en cada una de dichas seccionales.

Las siguientes tablas ilustran los equipos con su codificación y agrupados en cada una de las áreas de producción mencionadas previamente para la seccional Girón.

**Tabla 18. Área de Producción.**

<b>ÁREA DE PRODUCCIÓN</b>		
<b>NOMBRE DE LA MAQUINA</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MARCA</b>
PLANEADORA	01-AS-PL-02	HURTADO
SIERRA PARA MADERA	01-AS-SM-01	GARCÍA VEGA
SIERRA PARA MADERA	01-AS-SM-02	GARCÍA VEGA
SIERRA PARA MADERA	01-AS-SM-03	GARCÍA VEGA
SIERRA PARA MADERA	01-AS-SM-04	GARCÍA VEGA
SIERRA PARA MADERA	01-AS-SM-05	GARCÍA VEGA
PLANEADORA	01-AS-PL-01	OSMA
SIERRA SIN FIN MADERA	01-AS-SFM-01	FRANCO HNOS. BOGOTÁ

**Tabla 19. Área de Carga.**

<b>ÁREA DE CARGA</b>		
<b>NOMBRE DE LA MAQUINA</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MARCA</b>
PUENTE GRÚA	01-CG-PG-01	DAESAN

**Tabla 20. Área de Corte y Dobles.**

<b>ÁREA DE CORTE Y DOBLEZ</b>		
<b>NOMBRE DE LA MAQUINA</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MARCA</b>
PLASMA MEZA DE CORTE	01-CD-PM-01	STEEL TAILOR
EQUIPO DE CORTE DE PLASMA	01-CD-EP-01	HYPER THERM
EQUIPO DE CORTE DE PLASMA	01-CD-EP-02	HYPER THERM
EQUIPO DE CORTE DE PLASMA	01-CD-EP-03	MILLER
CIZALLA HIDRÁULICA	01-CD-CH-01	YAWEI
IZALLA HIDRÁULICA	01-CD-CH-02	COSEN
PLEGADORA ELÉCTRICA	01-CD-PE-01	WYSONG
SIERRA SIN FIN	01-CD-SF-01	COSEN
SIERRA SIN FIN	01-CD-SF-02	COSEN

**Tabla 21. Área de Soldadura.**

<b>ÁREA DE SOLDADURA</b>		
<b>NOMBRE DE LA MAQUINA</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MARCA</b>
EQUIPO DE SOLDADURA MIG	01-SD-EM-01	HOBART
EQUIPO DE SOLDADURA FLUX CORE	01-SD-FC-03	MILLER
EQUIPO DE SOLDADURA FLUX CORE	01-SD-FC-02	MILLER

<b>ÁREA DE SOLDADURA</b>		
<b>NOMBRE DE LA MAQUINA</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MARCA</b>
EQUIPO DE SOLDADURA FLUX CORE	01-SD-FC-01	MILLER
EQUIPO DE SOLDADURA MIG	01-SD-EM-04	MILLER
EQUIPO DE SOLDADURA MIG	01-SD-EM-05	MILLER
EQUIPO DE SOLDADURA MIG	01-SD-EM-06	MILLER
EQUIPO DE SOLDADURA MIG	01-SD-EM-07	MILLER
EQUIPO DE SOLDADURA MIG	01-SD-EM-08	MILLER
EQUIPO DE SOLDADURA MIG	01-SD-EM-09	MILLER
EQUIPO DE SOLDADURA MIG	01-SD-EM-10	MILLER
SOLDADOR ROBÓTICO	01-SD-SR-01	MILLER

## 5.8 EQUIPOS DE LA SECCIONAL GALVANIZADO

Las siguientes tablas ilustran los equipos con su codificación y agrupados en cada una de las áreas de producción mencionadas previamente para la seccional galvanizado.

**Tabla 22. Área de decapado.**

<b>ÁREA DE DECAPADO</b>		
<b>NOMBRE DE LA MAQUINA</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MARCA</b>
BOMBA DE ACIDO	02-DP-BA-01	FILTERS & PUMPS

**Tabla 23. Área de enganche.**

<b>ÁREA DE ENGANCHE</b>		
<b>NOMBRE DE LA MAQUINA</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MARCA</b>
TALADRO DE ÁRBOL	02-EN-TA-01	NEO

**Tabla 24. Área de galvanizado.**

<b>ÁREA DE GALVANIZADO</b>		
<b>NOMBRE DE LA MAQUINA</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MARCA</b>
CENTRIFUGADORA	02-GA-CF-01	GARCÍA VEGA SAS
QUEMADOR	02-GA-QM-02	PIROTEC BURNER

**Tabla 25. Área de horno fundido.**

<b>NOMBRE DE LA MAQUINA</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MARCA</b>
LÍNEA DE SUMINISTRO DE GAS PROPANO	02-HF-SG-01	HOMEAR
QUEMADOR	02-HF-QM-01	PIROTEC BURNER
TURBINA	02-HF-TB-01	TERMAL TEC

**Tabla 26. Área de horno pre calentador.**

<b>ÁREA DE HORNO PRECALENTADOR</b>		
<b>NOMBRE DE LA MAQUINA</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MARCA</b>
CAJA DE CONTROL	02-HPR-CC-05	SIEMENS
CAJA DE CONTROL	02-HPR-CC-04	SIEMENS
COMPUERTAS PRECALENTADOR	02-HPR-CP-01	GARCÍA VEGA
TURBINA	02-HPR-TB-02	TERMATEC
COMPUERTAS PRECALENTADOR	02-HPR-CP-02	GARCÍA VEGA
CAJA DE CONTROL (PUENTE GRÚA 1)	02-HPR-CC-03	PIROTEC BURNERS

**Tabla 27. Área de pesaje.**

<b>ÁREA DE PESAJE</b>		
<b>NOMBRE DE LA MAQUINA</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MARCA</b>
BASCULA	02-PE-BC-01	HOWC
BASCULA	02-PE-BC-02	HOWC

**Tabla 28. Área de transporte y manipulación del producto.**

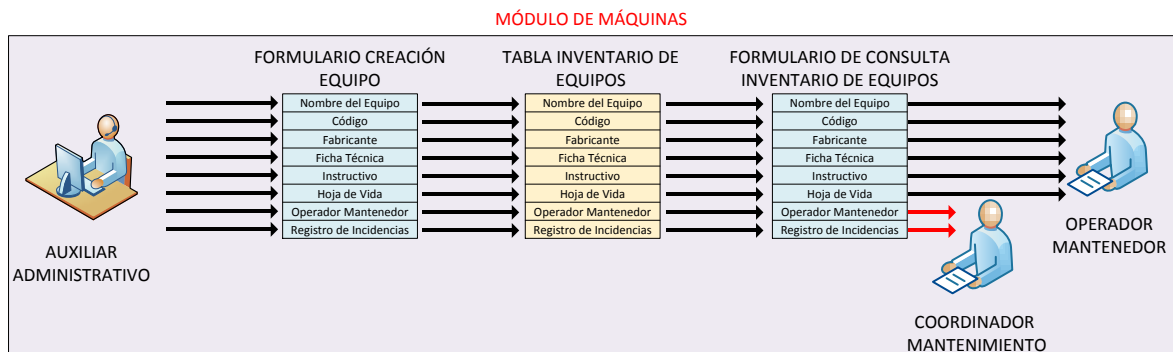
<b>ÁREA DE TRANSPORTE Y MANIPULACIÓN DEL PRODUCTO</b>		
<b>NOMBRE DE LA MAQUINA</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>MARCA</b>
Caja De Control	02-TM-CC-06	SIEMENS
Polipasto ( Puente Grúa 1 )	02-TM-PP-01	DAESAN
Polipasto (Puente Grúa 1)	02-TM-PP-02	DAESAN
Caja Control (Puente Grúa 1)	02-TM-CC-01	SIEMENS
Botonera De Mando (Puentre Grúa 1)	02-TM-BM-01	KUMANDA
Testero	02-TM-TT-01	COTRANSA
Testero	02-TM-TT-02	COTRANSA
Polipasto (Puente Grúa 2)	02-TM-PP-03	INDUCTION MOTOR INS
Botonera De Mando (Puente Grúa 2)	02-TM-BM-02	KUMANDA
Caja Control ( Puente Grúa 2 )	02-TM-CC-02	SIEMENS
Testero	02-TM-TT-03	COTRANSA
Testero	02-TM-TT-04	COTRANSA
Polipasto	02-TM-PP-05	INDUCTION MOTOR INS
Polipasto	02-TM-PP-04	ANSECOL
Trolley	02-TM-TR-04	HANSECOL
Estibadora Eléctrica	02-TM-EE-01	HU-LIFT
Trolley	02-TM-TR-01	DAESAN
Trolley	02-TM-TR-02	DAESAN
Trolley	02-TM-TR-03	HANSECOL

## 6. SISTEMA DE INFORMACIÓN.

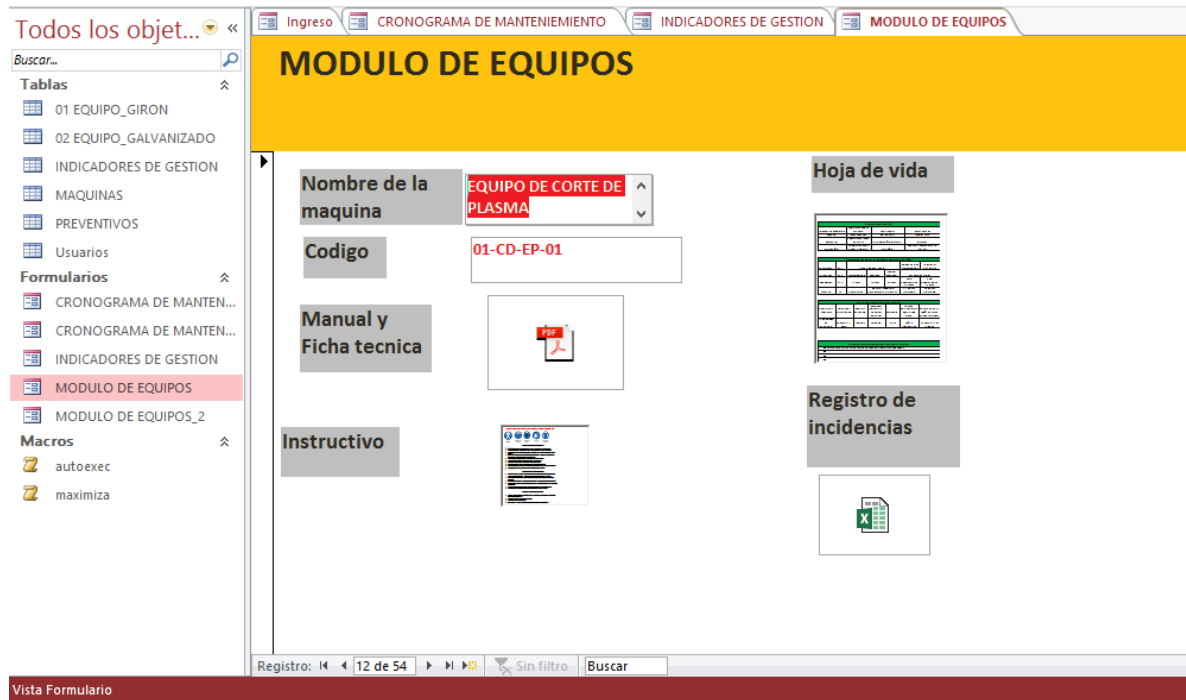
El presente capítulo está dedicado, a la descripción detallada del diseño y estructuración del sistema de información desarrollado. Se irá describiendo el diseño de cada módulo en específico y el tipo de documentos y datos que cada uno puede albergar.

### 6.1 MÓDULO DE EQUIPOS.

Figura 17. Módulo de Equipos



**Figura 18. Interfaz Gráfica del Módulo de Equipos**



El módulo de máquinas es básicamente una tabla que alberga la base de datos con la información tomada en la etapa de adquisición de datos. Los accesos de lectura y escritura a dicha base de datos se dan por medio de dos formularios cuyas acciones ingresan o toman información. El formulario de creación de equipo será accesible sólo para el auxiliar administrativo, quién será también el encargado de recopilar en planta la información sobre nuevos equipos que arriben a la planta.

A continuación se describirá cada uno de los campos que componen la tabla principal del módulo en cuestión.

**6.1.1 Nombre del equipo.** Éste campo será destinado a un dato de tipo cadena de caracteres que especifica el nombre del equipo.

**6.1.2 Código** Destinado al código del respectivo equipo, generado como se indica en el capítulo de adquisición de datos y de acuerdo a la norma ISO 14224 mencionada con anterioridad.


**6.1.3 Fabricante.** Destinado a un dato de tipo cadena de caracteres que especifica el fabricante del equipo (información proporcionada por el departamento de compras).

**6.1.4 Ficha Técnica.** Almacenará un archivo adjunto que contenga la ficha técnica del fabricante. Un ejemplo del tipo de documento albergado en éste campo para un equipo de soldadura marca MILLER BOBCAT 250 se muestra en la siguiente figura.

**Figura 19. Ejemplo Ficha Técnica**

Especificaciones (sujetas a cambios sin previo aviso.)								
Modelo	Módulo de soldadura	Proceso	Gamas de Amp./Vol.	Salida nominal de soldadura tasada a 100% de ciclo de trabajo (a 104°F/40°C)*	Energía de generador monofásica	Niveles de sonido a salida de corriente nominal 7 m (23 pies)	Dimensiones (la altura es hasta arriba del escape)	Peso neto**
Bobcat 225	VC/CD	MIG/FCAW	19–28 V	200 A a 20 V	Pico: 10.000 vatios Continuo: 9.500 vatios 120/240 VCA, 84/42 A, 60 Hz	81,5 dB (106,5 Lwa)	Al: 33 pulg. (838 mm) An: 20 pulg. (508 mm) Pr: 45-½ pulg. (1156 mm)	530 lbs (240 kgs)
	CC/CD	Stick/TIG	50–210 A	210 A a 25 V				
	CC/CA	Stick/TIG	50–225 A	225 A a 25 V				
Bobcat 250	VC/CD	MIG/FCAW	17–28 V	250 A a 28 V (275 A a 25 V, 60% Ciclo de trabajo)	Pico: 10.500 vatios Continuo: 9.500 vatios 120/240 VCA, 88/44 A, 60 Hz	Kohler: 75,5 dB (100,5 Lwa) Robin: 76,5 dB (101,5 Lwa) Kubota: 80,5 dB (105,5 Lwa)	Modelo a Gas./LP: Al: 33 pulg. (838 mm) An: 20 pulg. (508 mm) Pr: 45-½ pulg. (1156 mm) Modelo a Diésel: Al: 34-¼ pulg. (870 mm) An: 20 pulg. (508 mm) Pr: 52 pulg. (1321 mm)	Modelo a Gas./LP: 560 lbs (254 kgs) Modelo a Diésel: 700 lbs (318 kgs)
	CC/CD	Stick/TIG	40–250 A	250 A a 25 V				
	CC/CA	TIG/Stick	40–250 A	250 A a 25 V				

**Nota:** Rebajar salida de corriente nominal hasta 5% al usar combustible LP.

 Certificado ante normas de Canadá y Estados Unidos como equipo de soldadura disponible. Ver información para pedidos en anverso. \*Clasificada la corriente nominal a nivel del mar. \*\*Peso neto sin combustible.

Fuente: GARCÍA VEGA S.A.S

**6.1.5 Instructivo.** Almacenará un archivo adjunto que contenga el instructivo para uso del equipo específico. Dicho documento deberá componerse de las instrucciones para encender, manejar y apagar el equipo. Un ejemplo del tipo de documento albergado en éste campo para una planeadora eléctrica se muestra en la siguiente figura.

Figura 20. Ejemplo Instructivo




Fuente: GARCÍA VEGA S.A.S

Como podemos observar en la figura previa el formato creado para los instructivos es acorde con los lineamientos del Mantenimiento Autónomo, metodología que es

básicamente la prevención del deterioro de los equipos y componentes de los mismos. El mantenimiento llevado a cabo por los operadores y mantenedores del equipo, puede y debe contribuir significativamente a la eficacia del equipo.

**6.1.6 Hoja de vida.** Almacena un archivo adjunto que contiene un registro donde se introducen las diversas características técnicas pertenecientes de cada máquina. Dicho formato fue creado hace unos años por la empresa GARCÍA VEGA S.A.S. En la siguiente figura se muestra como ejemplo la hoja de vida para una turbina ubicada en la planta de galvanizado.

Figura 21. Ejemplo Hoja de Vida

	HOJA DE VIDA DE EQUIPOS		Código: F-MTO-06	
			FECHA:	VERSION 1
	Página 1 de 2			

REGISTRO DEL EQUIPO			
NOMBRE DE MÁQUINA	TURBINA	FABRICANTE	TERMAL TEC
TIPO	-----	No. DE SERIE	TVR 22000
FECHA	09-05-13	DESIGNACIÓN INTERNA	02-TB-01
UBICACION	GALVANIZADO	FUNCIÓN	SUMINISTRO DE AIRE PARA LA COMBUSTION

DATOS DIMENSIONALES	
LARGO (cm)	38
ALTO (cm)	94
ANCHO(cm)	83

ESPECIFICACIONES DEL MOTOR WEB,LR 38324												
KW	HP	RPM	V	A	FECHA	AMBIENTE	SF	PH	H Z	PICO	ITEM MOTOR	
2.20	3.0	3480	110/220	30.80/15.4	20/11/12	40°C	1.0	1	60	70	10035299	

CAPACITOR DE ARRANQUE				CAPACITOR DE MARCHA			
μF	un	up	MARCA	μF	Un	up	MARCA
430-516	110v	127v	LORENZETTI	340/408	110v	120v	LORENZETTI

Diagnóstico de inventario semestral	
FECHA	Observación sobre el estado de la maquina
21/10/2014	POLVO IN=12.2A IP=70A

Fuente: GARCÍA VEGA S.A.S

**6.1.7 Operador.** Campo de tipo cadena de caracteres en el cual se almacena el nombre del operador encargado del mantenimiento del equipo. Es usado

generalmente por el jefe de mantenimiento en orden de que éste asocie las órdenes de trabajo al operario indicado.

**6.1.8 Registro de incidencias.** Almacena un archivo adjunto que contiene un registro que debe ser llenado por el técnico de mantenimiento cuando interviene una máquina por falla. Dicho registro tiene información relevante utilizada por el módulo de indicadores de gestión. El operario debe también consignar información concerniente a las anomalías que encontró en el equipo, las recomendaciones que propone, el origen de la posible falla y las actividades que está realizando. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de registro de incidencias llenado durante la intervención de una sierra sin fin.


**Figura 22. Ejemplo Registro de Incidencias**

	<h1 style="margin: 0;">REGISTRO DE INCIDENCIAS</h1>		Codigo: FMTO_03	
			FECHA: 21-10-13	VERSION 3
			PAGINA 1 DE 1	
a. NOMBRE DE QUIEN REALIZA LA EJECUCION		b. FECHA	# OT	# ST
CARLOS ORDUZ		25-oct-13	111	81
c. CODIGO DEL EQUIPO REVISADO		d. TIEMPO IMPLEMENTADO(HORAS)	e. TIPO DE MANTTO	
01-SF-02		3 HORAS	Correctivo <input checked="" type="radio"/> Preventivo <input type="radio"/>	
<b>INSPECCION REALIZADA</b>				
LA MANGUERA QUE VA A LA ENTRADA INFERIOR DEL ACTUADOR HIDRAULICO QUE SOSTIENE EL BRAZO DE LA SIERRA SIN TIENE UNA PERFORACION Y HUBO PERDIDA DE ACEITE.				
<b>ANOMALIAS ENCONTRADAS</b>	<b>ORIGEN</b>		<b>CONSECUENCIAS</b>	
MANGUERA PERFORADA.	LA MANGUERA FUE PERFORADA POR CAUSA DE UNA BIRUTA.		EL ACTUADOR HIDRAULICO YA NO SOSTIENE EL BRAZO DE LA SIERRA--PERDIDA DE ACEITE.	
<b>MEDIDAS ADOPTADAS Y RECOMENDACIONES</b>				
SE RECORTO UN PEDAZO DE LA MANGUERA Y SE VOLVIO A CONECTAR AL RACOR DEL ACTUADOR HOIDRAULICO--SE APLICO NUEVAMENTE ACEITE HIDRAULICO ISO 68 TERPEL (300 ml)--SE DESPRESURISO EL ACTUADOR HIDRAULICO Y SE REALIZARON PRUEBAS FINALES DE FUNCIONAMIENTO--EL EQUIPO QUEDA TRABAJANDO CORRECTAMENTE--CUALQUIER ANOMALIA DEBE SER REPORTADA POR EL OPERARIO AL TECNICO ENCARGADO PARA SU DEBIDA REISION.				
<b>FIRMA JEFE DE MANTENIMIENTO</b>				

Fuente: GARCIA VEGA S.A.S.

**6.1.9 Inspección Eléctrica.** En este campo se almacenan los formatos llenados de inspecciones eléctricas realizadas por el operario y ordenadas por el coordinador de mantenimiento. La siguiente figura muestra un ejemplo del formato utilizado.


**Figura 23. Formato de Inspección Eléctrica**

 <p><b>GARCÍA VEGA SAS</b></p>										
<b>MÁQUINA:</b> Torno Paralelo		<b>FABRICANTE:</b> SHENYANG			<b>MODELO:</b> SHENYANG			<b>CÓDIGO:</b> 01-ME-TO-02		
<b>TIPO DE INSPECCIÓN: ELÉCTRICA</b>						<b>FRECUENCIA: TRIMESTRAL</b>				
<b>ESTADO: B: BUENO R: REGULAR M: MALO</b>		<b>ASIGNADA POR:</b>				<b>ASIGNADA A:</b>				<b>FECHA D/M/A:</b>
<b>ELEMENTO CONSTRUCTIVO</b>	<b>EQUIPO EN MOVIMIENTO</b>		<b>ESTADO</b>			<b>SE CORRIGIÓ</b>		<b>GENERA SOLICITUD TRABAJO</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
	SI	NO	B	R	M	SI	NO	SI	NO	
Verificar estado de contactores, interruptores, relés, fusibles y cableado eléctrico	x	x								
Verificar correcto funcionamiento de los interruptores de parada del motor principal.	x	x								
Medir y registrar el valor de la corriente de consumo del motor principal.	x									
Verificar estado del sistema de alumbrado.		x								
<b>REALIZADO POR:</b> FIRMA: NOMBRE: FECHA:						<b>REVISADO POR:</b> FIRMA: NOMBRE: FECHA:				

Fuente: GARCIA VEGA S.A.S.

**6.1.10 Inspección Mecánica.** En este campo se almacenan los formatos llenados de inspecciones mecánicas realizadas por el operario y ordenadas por el coordinador de mantenimiento. La siguiente figura muestra un ejemplo del formato utilizado.

**Figura 24. Formato de Inspección Mecánica**

 <b>GARCÍA VEGA SAS</b>										
<b>MÁQUINA:</b> TORNO PARALELO			<b>FABRICANTE:</b> SHENYANG				<b>MODELO:</b> CA-624-0B			<b>CÓDIGO :</b> 01-ME-TO-02
<b>TIPO DE INSPECCIÓN:</b> MECÁNICA						<b>FRECUENCIA:</b> TRIMESTRAL				
<b>ESTADO:</b> B: BUENO R: REGULAR M: MALO			<b>ASIGNADA POR:</b>			<b>ASIGNADA A:</b>			<b>FECHA D/M/A:</b>	
ELEMENTO CONSTRUCTIVO	EQUIPO EN MOVIMIENTO		ESTADO			SE CORRIGIÓ		GENERA SOLICITUD TRABAJO		OBSERVACIONES
	SI	NO	B	R	M	SI	NO	SI	NO	
<b>BANCADA</b>										
Verificar estado de la bancada.		X								
Verificar estado de las guías de la bancada.		X								
Verificar estado del escote		X								
Revisar sujeción del motor principal.		X								
<b>CABEZAL FIJO</b>										
Verificar estado de guardas de poleas y engranajes.		X								
Revisar el sistema de fijación de la copa.		X								
Revisar el husillo de		X								

ELEMENTO CONSTRUCTIVO	EQUIPO EN MOVIMIENTO		ESTADO			SE CORRIGIÓ		GENERA SOLICITUD TRABAJO		OBSERVACIONES
	SI	NO	B	R	M	SI	NO	SI	NO	
trabajo.										
Verificar estado de la copa y mordazas.		X								
Verificar estado de los indicadores de nivel de aceite.		X								
<b>CABEZAL MÓVIL</b>		X								
Verificar estado del cuerpo.		X								
Verificar estado del husillo.		X								
Verificar estado del tornillo de fijación.		X								
<b>CARROS Y ACCIONAMIENTOS</b>										
Verificar estado de la barra de roscar.		X								
Verificar estado de la barra de cilindrar.		X								
Verificar estado del carro longitudinal.		X								
Verificar estado del carro transversal.		X								
Verificar estado de la torre porta herramienta.		X								
<b>OBSERVACIONES:</b>										
<b>REALIZADO POR:</b> FIRMA: NOMBRE: FECHA:						<b>REVISADO POR:</b> FIRMA: NOMBRE: FECHA:				

Fuente: GARCIA VEGA S.A.S.

## 6.2 MÓDULO DE INDICADORES DE GESTIÓN.

Figura 25. Módulo de Indicadores de Gestión

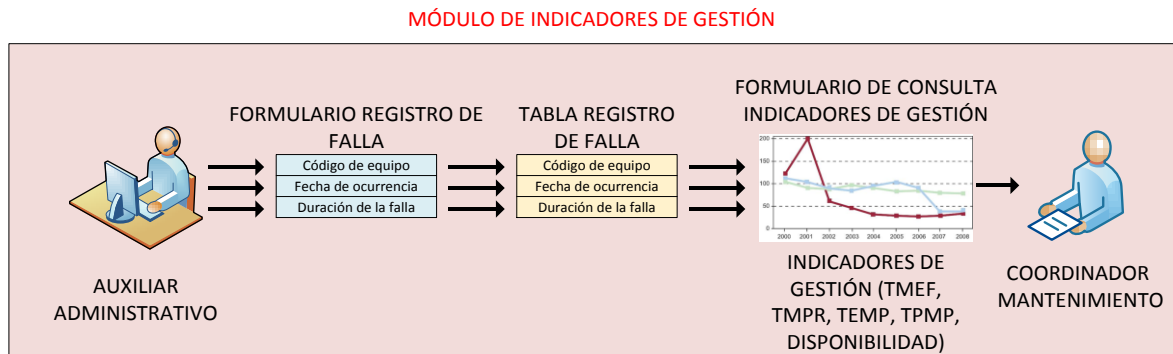
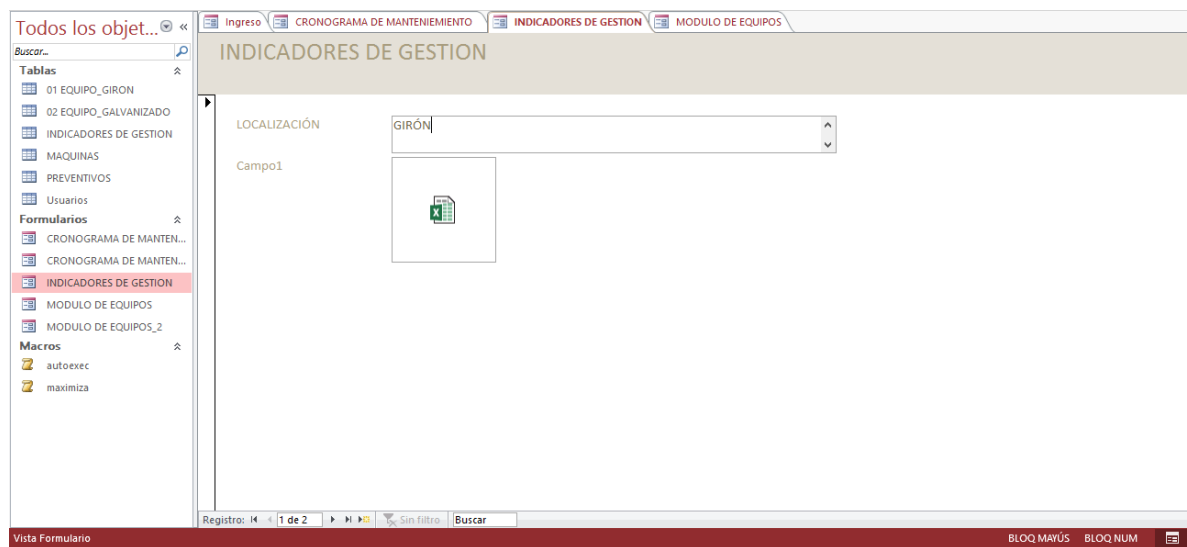


Figura 26. Interfaz Gráfica del Módulo de Indicadores de Gestión



El módulo de indicadores de gestión fue incluido dentro del sistema de información para brindar información clara sobre el desempeño del departamento de mantenimiento a la alta gerencia de la compañía. Dicha información es utilizada para controlar las tendencias nocivas e incrementar la rentabilidad y se encuentra sintetizada. Para el cálculo de los mencionados indicadores se hace necesaria la previa definición de tres tipos de datos.

$t_{Operación}$ : *Periodo de tiempo de operación de la máquina*

$N_{Correctivos}$ : *Cantidad de mantenimientos correctivos dentro de  $t_{Operación}$*

$N_{preventivos}$ : *Cantidad de mantenimientos preventivos dentro de  $t_{Operación}$*

$t_{correctivo}$ : *Tiempo de duración contabilizado de un mantenimiento correctivo*

$t_{preventivo}$ : *Tiempo de duración contabilizado de un mantenimiento preventivo*

**6.2.1 TEMC: Tiempo medio entre mantenimientos correctivos** Es el periodo de tiempo promedio en el cual determinado equipo funciona sin fallar. Dicho indicador se puede tomar por año, semestre, trimestre o cualquier periodo de tiempo que se quiera seleccionar, en este indicador no se deben contabilizar las paradas preventivas. La expresión para el cálculo de dicho indicador se muestra a continuación.

$$TEMC = \frac{t_{operación}}{N_{Correctivos}}$$

Para el caso particular de GARCÍA VEGA S.A.S., el tiempo de operación de los equipos depende del tipo de proyecto en que la empresa esté trabajando. Debido a que los equipos no cuentan con odómetro y no hay personal destinado a cronometrar dichos tiempos, se considera la recopilación oral de la información como la manera más adecuada y precisa de calcular éste indicador.

**6.2.2 TMMC: Tiempo medio de mantenimiento correctivo.** El segundo indicador planteado en éste documento tiene por objetivo la medición del tiempo medio de reparación de un equipo, cronometrando la cantidad de tiempo total que invierten los técnicos en reparaciones e intervenciones de dicha máquina. Para el cálculo

de éste indicador con un número de mantenimientos correctivos  $N_{correctivos}$  se usa la siguiente expresión.

$$TMMC = \frac{\sum_{i=1}^{i=N_{correctivos}} t_{correctivo}}{N_{correctivos}}$$

Las acciones que impactan directamente sobre este indicador son básicamente, tener instructivos organizados y de fácil acceso, contar con los insumos y herramientas adecuadas (lo cual implica una buena gestión del departamento de compras) y una excelente capacitación del personal técnico u operador-mantenedor.

**6.2.3 Disponibilidad** La disponibilidad indica el porcentaje de tiempo que el equipo está disponible para el departamento de producción, para el cual se hace imprescindible la revisión de la tendencia en orden de planificar acciones de mejora y realizar reparaciones en tiempo de receso. La siguiente expresión es utilizada para calcular la disponibilidad en función de los dos indicadores analizados previamente.

$$Disponibilidad = \frac{TEM C}{TEM C + TMMC}$$

**6.2.4 TEMP: Tiempo medio entre mantenimientos preventivos.** El tiempo entre mantenimientos preventivos tiene por objetivo distanciar correctamente la frecuencia de paradas para ejecución de mantenimientos preventivos, asegurando que no exista inconvenientes y por lo tanto no se generen mayor cantidad de mantenimientos correctivos. De esta manera es posible aumentar la disponibilidad, generando una mayor rentabilidad a la empresa.

Esta última condición es valedera si los equipos son de uso continuo, pero si son de uso discontinuo, con mucho tiempo en reserva, no resulta en un incremento de la rentabilidad de forma directa, pero sí resulta rentable por el hecho de disminuir las intervenciones y evitar las fallas auto-inducidas, que resultan de desarmar innecesariamente un equipo. El indicador es calculado por medio de la siguiente expresión.

$$TEMP = \frac{t_{operación}}{N_{preventivos}}$$

**6.2.5 TMMP: Tiempo medio de mantenimiento preventivo** Por último, el indicador de tiempo medio de mantenimientos preventivos mide el tiempo medio de la ejecución de un mantenimiento preventivo a un equipo, cronometrando la cantidad de tiempo total que invierten los técnicos en mantenimientos programados a dicha máquina. Para el cálculo de éste indicador se utiliza la siguiente expresión.

$$TMMP = \frac{\sum_{i=1}^{i=N_{preventivos}} t_{preventivo}}{N_{preventivos}}$$

Los medios comúnmente utilizados para reducir el TMMP son:

- Disponer de equipos o partes de recambio.
- Incrementar el tiempo de trabajo sobre el equipo, utilizando horas hombre extras o trabajando en horario nocturno.
- Incrementar la cantidad de mano de obra sobre el equipo.
- Planificar bien las actividades para disminuir los tiempos improductivos.
- Agilizar el alistamiento del equipo para la intervención.
- Contar con la herramienta suficiente.
- Capacitar al personal.
- Evitar realizar tareas innecesarias.

**6.2.6 Caso de estudio indicadores de gestión** En este apartado se realizará un proceso de cálculo en específico para ejemplificar el proceso de cómputo de los indicadores de gestión, en orden de dar a conocer el funcionamiento interno del módulo de indicadores de gestión. Dicho proceso tiene como punto de partida la realización de un filtro en la tabla de registro de fallas, obteniendo las fallas registradas para un equipo en cuestión (para efectos de éste ejemplo el equipo será la sierra sin fin con código 01-SF-01. Las siguientes tablas muestran la información filtrada tanto para los mantenimientos correctivos como para los mantenimientos preventivos.

**Tabla 29. Registro Mantenimientos correctivos para Equipo Ejemplo.**

#Registro	Fecha	$t_{correctivo}$ [Horas]	Encargado
206	31/07/2015	2	Freddy Díaz
213	03/08/2015	2	Freddy Díaz
701	04/08/2015	3	Carlos Orduz
217	05/08/2015	2	Freddy Díaz
223	11/08/2015	1	Freddy Díaz
237	14/08/2015	6,5	Carlos Orduz
254	26/08/2015	2,5	Freddy Díaz
270	31/08/2015	5	Freddy Díaz
275	04/09/2015	3	Freddy Díaz
291	14/09/2015	0,5	Carlos Orduz
297	16/09/2015	0,5	Carlos Orduz
724	29/09/2015	2,5	Carlos Orduz
456	24/10/2015	2	Carlos Orduz
457	26/10/2015	4	Carlos Orduz
458	26/10/2015	2	Freddy Díaz
462	29/10/2015	2	Carlos Orduz
469	30/10/2015	2	Freddy Díaz
484	06/11/2015	2	Freddy Díaz
494	11/11/2015	1	Carlos Orduz
497	13/11/2015	7	Carlos Orduz
902	17/11/2015	3	Carlos Orduz
933	30/11/2015	0,5	Freddy Díaz
970	22/12/2015	3	Carlos Orduz

#Registro	Fecha	$t_{correctivo}$ [Horas]	Encargado
982	28/12/2015	3,5	Carlos Orduz
992	07/01/2016	1,5	Carlos Orduz
803	20/01/2016	4	Carlos Orduz
855	20/02/2016	3	Aristóbulo Núñez
1119	02/03/2016	0,5	Carlos Orduz
1120	03/03/2016	1	Carlos Orduz
1121	04/03/2016	1	Aristóbulo Núñez
1121	04/03/2016	2,45	Carlos Orduz
1122	07/03/2016	1,4	Carlos Orduz
1125	09/03/2016	1,3	Carlos Orduz
1130	11/03/2016	3	Aristóbulo Núñez
1139	15/03/2016	1,15	Aristóbulo Núñez
1150	19/03/2016	1,5	Oscar Blanco
1224	09/04/2016	1	Carlos Orduz
1923	18/05/2016	1	Carlos Orduz
1927	21/05/2016	1,5	Aristóbulo Núñez
1983	14/06/2016	6,5	Oscar Blanco

Fuente: GARCÍA VEGA S.A.S

**Tabla 30. Registro Mantenimientos Preventivos para Equipo Ejemplo.**

#Registro	Fecha	$t_{preventivo}$	Encargado
197	25/07/2015	2	Carlos Orduz
275	04/09/2015	3	Freddy Díaz
297	16/09/2015	1	Carlos Orduz
490	10/11/2015	3	Carlos Orduz
497	13/11/2015	7	Carlos Orduz
902	17/11/2015	2	Carlos Orduz
919	23/11/2015	2	Carlos Orduz
1000	15/01/2016	6,5	Carlos Orduz
1208	16/04/2016	2	Aristóbulo Núñez
1283	06/05/2016	8	Carlos Orduz
2120	14/06/2016	3	Carlos Orduz

Fuente: GARCÍA VEGA S.A.S

El periodo de tiempo contemplado en las tablas expuestas anteriormente comprende desde el mes 07-2015 hasta el mes 06-2016, para un total de 12 meses.

Se decide realizar la visualización gráfica de los indicadores para éste equipo de manera bimestral, con un  $t_{operación} = 2 [mes] = 480[h]$ .

De las tablas anteriores se deben clasificar los datos según sea el bimestre al que pertenezca cada mantenimiento preventivo o correctivo realizado. De este modo obtenemos la tabla mostrada a continuación.

**Tabla 31. Resumen de número y tiempo total de mantenimientos para Equipo Ejemplo.**

Bimestre	$\sum_{i=1}^{i-N_{correctivos}} t_{correctivo}$	$N_{correctivos}$	$\sum_{i=1}^{i-N_{preventivos}} t_{preventivo}$	$N_{preventivos}$
1	24	8	2	1
2	18.5	9	4	2
3	20	7	14	4
4	8.5	3	6.5	1
5	14.3	10	2	1
6	9	3	11	2

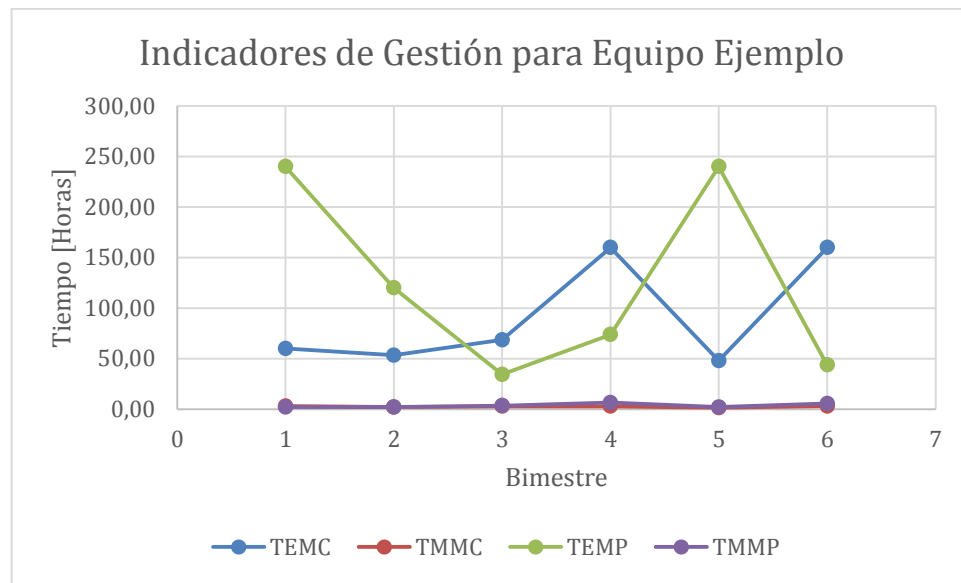
A partir de la tabla mencionada y utilizando las ecuaciones que determinan cada uno de los indicadores de gestión, es posible calcular los valores a partir de los cuales se visualizará la tendencia en el periodo de tiempo analizado.

**Tabla 32. Indicadores de gestión bimestrales para Equipo Ejemplo.**

Bimestre	TEMC	TMMC	TEMP	TMMP	DISPONIBILIDAD
1	60,00	3,00	240,00	2,00	0,95
2	53,33	2,06	120,00	2,00	0,96
3	68,57	2,86	34,29	3,50	0,96
4	160,00	2,83	73,85	6,50	0,98
5	48,00	1,43	240,00	2,00	0,97
6	160,00	3,00	43,64	5,50	0,98

Dicha tabla se resume entonces en la siguiente gráfica que es la salida principal del módulo de indicadores de gestión para un equipo en cuestión.

**Figura 27. Indicadores de Gestión para Equipo Ejemplo**



**6.2.7 Indicadores de gestión promedio.** Este apartado tiene por objetivo exponer los valores obtenidos de indicadores de gestión tanto en la planta seccional Girón como en la planta galvanizado. Los indicadores mostrados en las siguientes tablas fueron calculados tal y como se muestra en el caso de estudio pero para un  $t_{operación} = 1 [año] = 2880[h]$ ,

**Tabla 33. Indicadores de gestión seccional Girón**

PRINCIPAL	CORRECTIVOS		PREVENTIVOS		INDICADOR
CÓDIGO DE LA MAQUINA	TEMC (DÍAS)	TMMC (HORAS)	TEMP (DÍAS)	TMMP (HORAS)	DISPONIBILIDAD
<a href="#">01-CD-CH-01</a>	28,93	2,9	34,31	3,31	0,91
<a href="#">01-CD-CH-02</a>	53,88	1,15	61,29	3,14	0,98
<a href="#">01-CD-PE-01</a>	76,75	2,63	64,6	3,88	0,97
<a href="#">01-CD-SF-01</a>	8,21	2,37	33,25	3,59	0,78
<a href="#">01-CD-SF-02</a>	21,1	2,65	31,5	2,4	0,89
<b>PROMEDIO</b>	37,77	2,34	44,99	3,26	0,91
<b>DESVIACIÓN</b>	24,53	0,62	14,72	0,50	
<a href="#">01-CP-CO-01</a>	38,13	2,4	76,83	3,5	0,94
<a href="#">01-CP-CO-03</a>	84	2	87,8	4,9	0,98
<b>PROMEDIO</b>	61,065	2,2	82,315	4,2	0,96
<b>DESVIACIÓN</b>	22,935	0,2	5,485	0,7	
<a href="#">01-SD-FC-01</a>	66,17	1,63	50,13	1,625	0,98
<a href="#">01-SD-FC-02</a>	25,11	3,27	30,29	2,64	0,88
<a href="#">01-SD-FC-03</a>	25	1,14	56	2,63	0,96
<a href="#">01-SD-FC-04</a>	32,33	2,06	126	2,5	0,94
<a href="#">01-SD-FC-05</a>	47,5	1	78	2,75	0,98
<a href="#">01-SD-SR-01</a>	141	1,75	59,5	4	0,99
<b>PROMEDIO</b>	56,19	1,81	66,65	2,69	0,96
<b>DESVIACIÓN</b>	40,57	0,75	30,03	0,69	
<a href="#">01-ME-FR-01</a>	59,4	1,9	80,6	4,1	0,97
<a href="#">01-ME-PH-01</a>	97,33	1,72	47,2	3,19	0,98
<a href="#">01-ME-PH-02</a>	137	2	60,5	3,29	0,99
<a href="#">01-ME-TF-01</a>	49	1,66	83,6	6,3	0,97
<a href="#">01-ME-TF-02</a>	30,92	3,27	42,4	3,55	0,9
<a href="#">01-ME-TO-01</a>	30,25	3,39	43,22	4,52	0,9
<a href="#">01-ME-TO-02</a>	167	1,5	50,29	3,96	0,99
<a href="#">01-ME-TQ-01</a>	21,63	2,78	114,33	3	0,89
<b>PROMEDIO</b>	74,07	2,28	65,27	3,99	0,95
<b>DESVIACIÓN</b>	50,64	0,71	23,88	1,00	
<a href="#">01-AS-PL-01</a>	132	2,5	78	2,17	0,98
<a href="#">01-AS-PL-02</a>	65	1,75	97	2,5	0,97

PRINCIPAL	CORRECTIVOS		PREVENTIVOS		INDICADOR
CÓDIGO DE LA MAQUINA	TEMC (DÍAS)	TMMC (HORAS)	TEMP (DÍAS)	TMMP (HORAS)	DISPONIBILIDAD
<a href="#">01-AS-SM-01</a>	104,33	1,5	58,67	2,33	0,99
<a href="#">01-AS-SM-03</a>	162	1,5	97,25	3,1	0,99
<b>PROMEDIO</b>	115,83	1,81	82,73	2,53	0,98
<b>DESVIACIÓN</b>	35,74	0,41	15,94	0,35	
<a href="#">01-CG-PG-01</a>	15	2,71	66,43	7,64	0,85

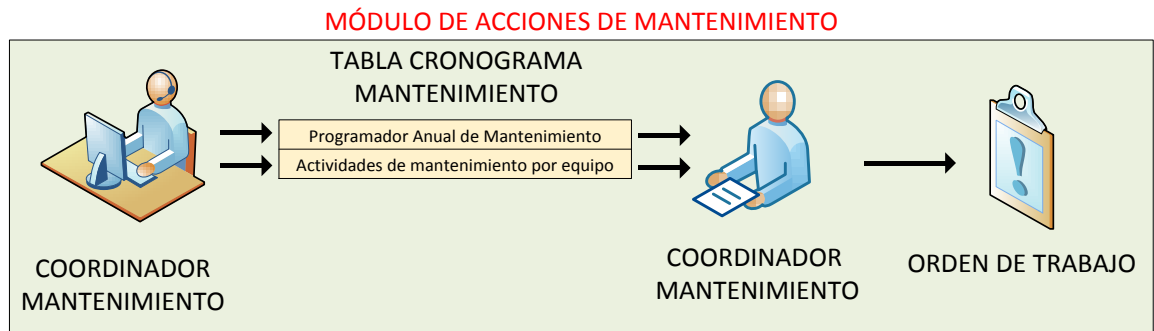
Tabla 34. Indicadores de gestión seccional Galvanizado

INVENTARIO		CORRECTIVOS		PREVENTIVOS		% DISPONIBILIDAD
MÁQUINA	CÓDIGO	TEMC (DÍAS)	TMMC (HORAS)	TEMP (DÍAS)	TMMP (HORAS)	
<a href="#">POLIPASTO</a>	<a href="#">02-TM-PP-01</a>	29,00	2,25	60	1,29	0,99
<a href="#">POLIPASTO</a>	<a href="#">02-TM-PP-02</a>	414,00	2	58,6	2,17	0,99
<a href="#">BOTONERA DE MANDO</a>	<a href="#">02-TM-BM-01</a>	342,00	0,5	67,2	0,67	0,99
<a href="#">CAJA DE CONTROL</a>	<a href="#">02-TM-CC-01</a>	85,75	5,13	59,6	1	0,94
<a href="#">POLIPASTO</a>	<a href="#">02-TM-PP-04</a>	353,00	1,5	76	1,83	0,99
<a href="#">BOTONERA DE MANDO</a>	<a href="#">02-TM-BM-02</a>	194,00	1	56	1,71	0,99
<a href="#">CAJA DE CONTROL</a>	<a href="#">02-TM-CC-02</a>	344,00	1	95	1,8	0,99
<a href="#">CAJA DE CONTROL</a>	<a href="#">02-TM-CC-06</a>	379,00	0,5	62	0,67	0,99
<a href="#">ESTIBADORA ELÉCTRICA</a>	<a href="#">02-TM-EE-01</a>	233,00	1	89,5	1,13	0,99
<a href="#">POLIPASTO</a>	<a href="#">02-TM-PP-05</a>	297,00	2	71,6	1,8	0,99
	<b>PROMEDIO</b>	267,08	1,69	69,55	1,41	0,99
	<b>DESVIACIÓN</b>	122,47	1,29	12,84	0,50	
<a href="#">BOMBA DE ÁCIDO</a>	<a href="#">02-DP-BA-01</a>	87,67	14	69,67	22,33	0,86
<a href="#">COMPUERTAS PARA EL RECALENTADOR</a>	<a href="#">02-HPR-CP-01</a>	95,25	4	37,78	6,5	0,95
<a href="#">TURBINA</a>	<a href="#">02-HPR-TB-02</a>	186,50	5	61,6	2,5	0,99
<a href="#">CAJA DE CONTROL</a>	<a href="#">02-HPR-CC-05</a>	379,00	1	65	1,5	0,99
	<b>PROMEDIO</b>	220,25	3,33	54,79	3,50	0,98

INVENTARIO		CORRECTIVOS		PREVENTIVOS		% DISPONIBILIDAD
MÁQUINA	CÓDIGO	TEMC (DÍAS)	TMMC (HORAS)	TEMP (DÍAS)	TMMP (HORAS)	
	<b>DESVIACIÓN</b>	118,27	1,70	12,11	2,16	
<a href="#">CENTRIFUGADORA</a>	<a href="#">02-GA-CF-01</a>	312,00	0,6	60,6	1,08	0,99
<a href="#">BÁSCULA</a>	<a href="#">02-PE-BC-01</a>	170,25	1,38	61,2	1	0,99
<a href="#">PLANTA ELÉCTRICA</a>	<a href="#">02-EM-PE-01</a>	121,00	1	62,6	1,92	0,99
	<b>PROMEDIO</b>					0,97

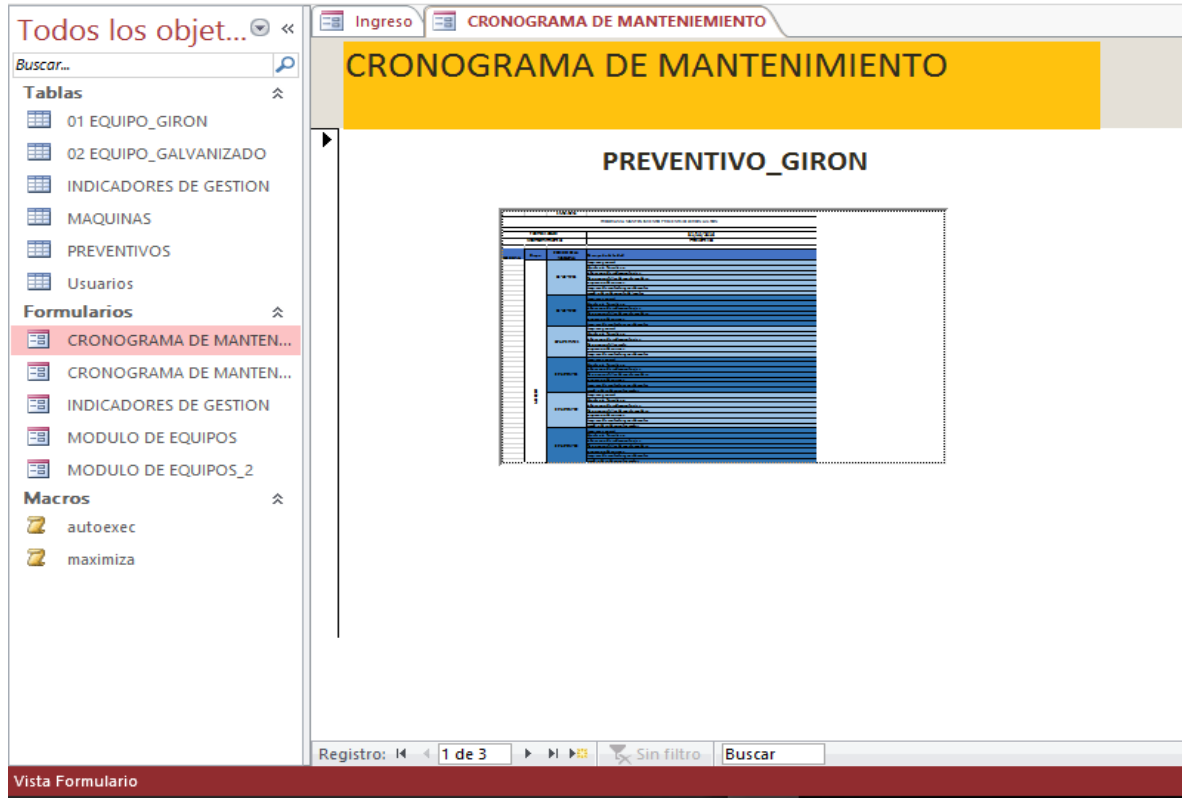
### 6.3 MÓDULO DE ACCIONES DE MANTENIMIENTO.

Figura 28. Módulo de Acciones de Mantenimiento



El módulo de acciones de mantenimiento es básicamente una base de datos que almacena la información que tendrá que estar revisando y modificando el coordinador de mantenimiento durante la ejecución normal de sus labores. En ella es posible almacenar el programador anual de mantenimiento y las actividades de mantenimiento por equipo. En la siguiente figura se muestra la interfaz del módulo de acciones de mantenimiento, específicamente el cronograma de mantenimiento.

**Figura 29. Interfaz Gráfica del Módulo de Acciones de Mantenimiento**



**6.3.1 Actividades de mantenimiento por equipo.** Uno de los campos de los cuales se compone la tabla cronograma mantenimiento es el de actividades de mantenimiento por equipo, en el cual el coordinador de mantenimiento almacena un documento con las actividades que comúnmente se realizan a cada equipo en orden de que funcione correctamente y no presente paradas imprevistas.

La siguiente tabla ilustra los datos que comúnmente introduce el coordinador de mantenimiento en el archivo adjunto previamente mencionado. Éste es el encargado de seleccionar las actividades más relevantes ejecutadas por los técnicos y definir para cada actividad una periodicidad de ejecución.

**Tabla 35. Actividades de Mantenimiento por Equipo**

02-LO-PP-03	Lubricacion de la cadena de carga	bimestral	60	01/08/2016	30/09/2016
	revisión de los sensores limitadores de subida y bajada	bimestral	60	01/08/2016	30/09/2016
	revisión del gancho de carga	bimestral	60	01/08/2016	30/09/2016
	revisión y ajuste de tornillería	bimestral	60	01/08/2016	30/09/2016
	revisión de las terminales del cable	bimestral	60	01/08/2016	30/09/2016
	revisión del resorte de la cadena	bimestral	60	01/08/2016	30/09/2016
	revisión del rodamiento del gancho	bimestral	60	01/08/2016	30/09/2016
	cambio de tornillos de la cadena	bimestral	60	01/08/2016	30/09/2016
	cambio de aceite a la caja de engranaje	semestral	180	01/08/2016	28/01/2017
	revisión general del motor	anual	360	04/03/2016	27/02/2017

El criterio para definir dicha periodicidad será definido por el coordinador de producción en conjunto con los operarios y técnicos de mantenimiento, quienes tomarán la decisión más adecuada de acuerdo a su experticia.

Con la periodicidad y la última fecha de mantenimiento registrada, será posible calcular las fechas en las cuales deberán realizarse las próximas intervenciones. La tabla de actividades de mantenimiento de todos los equipos podrá visualizarse en los archivos digitales para cada una de las seccionales.

**6.3.2 Programador anual de mantenimiento.** Las fechas generadas y registradas en el campo actividades de mantenimiento por equipo serán trasladadas, organizadas e integradas en un documento adjunto y almacenadas en el campo programador anual de mantenimiento. Dicho documento contiene una de las herramientas más importantes desarrolladas en éste documento, pues ésta permitirá al coordinador de mantenimiento ver un panorama general de las actividades que debe desarrollar en todo el año y así garantizar que todas las herramientas se encuentren disponibles a la hora de generar una orden de trabajo.

En las siguientes tablas se muestra una pequeña parte de los programadores anuales de mantenimiento de las dos seccionales. Para visualizar el programador anual completo de cualquier seccional remitirse al anexo digital correspondiente.





El programa de mantenimiento preventivo, maestro mostrado en las figuras previas para las dos seccionales, fue diseñado y propuesto junto con el (Ingeniero Hilton Ramírez), los técnicos y el ingeniero electrónico, con el fin de mejorar Y continuar una buena ejecución del programa, nos dimos en la tarea de observar que labores de mantenimiento que serían más pertinentes para cada equipo, para ello fue necesaria la experticia de los operarios, fichas técnicas y recomendaciones de los diferentes fabricantes con el fin de realizar una clasificación y llevar dichas tareas, que consisten en los siguientes parámetros tales como:

- Ajustes de cremalleras y tornillos.
- Alineación de polipastos.
- Cambios: de aceite, filtros, rodamientos, refrigerante.
- Control de: corriente de arranque, nominal y temperatura del motor.
- Inspección y calibración de los equipos de medición.
- Limpieza de motor y barraje.
- Lubricación de: Caja de carga, ruedas, rodamientos, caja de engranajes, de los ganchos de polipastos, de piezas móviles, ejes y cadenas.
- Inspección de: pintura, conexiones eléctricas, motor, rieles, funcionamiento de la bomba de ácido, ganchos, pulsadores, continuidad, resortes de las cadenas, anclajes, correas, filtros, corriente , nivel de refrigerantes, fugas, electrodos, electro frenos, tarjetas electrónicas.
- Ajuste de: sensores.
- Revisiones similares a la inspección con la diferencia que en esta parte de la clasificación solo se toma en forma de visualización y en la inspección se debe corregir dicha actividad que se está proponiendo.

Todo esto va planificado para un año con el fin de cumplir el cronograma y así poder evitar con el fin de que la producción este integrada con estas tareas para

no perjudicar a dicho departamento y poder llevar una labor más eficiente y que dichas maquinas no sigan expuestas, solo a un mantenimiento correctivo.

El plan de mantenimiento preventivo que se propuso a la empresa GARCIA VEGA SAS, está basada en la filosofía del mantenimiento autónomo implementada en el departamento de producción, dando lugar a espacios de trabajo agradables y productos de calidad. Las claves para que el mantenimiento autónomo se lleve a cabo son:

- Profundidad y continuidad.
- Mejora orientada, adiestramiento y formación.

Los objetivos del mantenimiento autónomo son:

- Evitar el deterioro del equipo, por medio de la realización de chequeos diarios.
- Llevar el equipo a su estado ideal, a través de una gestión apropiada.

Es necesario establecer condiciones básicas para tener el equipo bien mantenido permanentemente, en orden de no tener el síndrome: “Yo hago funcionar el equipo, tú lo reparas”, los operarios que están en contacto con las maquinas son los más adecuados para realizar este tipo de mantenimiento, es por esto que el mantenimiento y la producción son inseparables, deben trabajar de la mano para poder crear un lugar libre de fallas sin dificultades y poder cubrir áreas en términos de: prevención, medición y restauración. Las actividades que debe realizar el departamento de producción son:

- Evitar el deterioro, de los equipos.
- Evitar errores humanos.
- Evitar errores de proceso.
- Establecimiento de condiciones básicas del equipo.
- Prontas predicciones y detección de anomalías
- Registro de mantenimiento para hacer la retroalimentación.

- Medición del deterioro por medio de inspecciones diarias y periódicas.
- Predicción y restauración de deterioros por medio de chequeo con los cinco sentidos.

Toda esta actividad del mantenimiento autónomo sirve para facilitar la instrucción técnica, la formación en lubricación y la organización de las actividades de rutina. Según Suzuki<sup>12</sup>, Es importante reconocer la prevención del deterioro natural y el deterioro acelerado, éste último es debido a tener un entorno nocivo. Según la literatura de mantenimiento autónomo, las averías son daños intencionales por omisión del personal y/o por actos deliberados que llevan al equipo a no tener condiciones óptimas y básicas.

Si se permite que el equipo falle constantemente, más se apartará de su estado ideal. Es muy importante reconocer dentro del mantenimiento la limpieza, pues la ausencia de ésta puede causar:

- Pérdidas de precisión, disfunciones, fallas, desgastes, obstrucciones y resistencia por fricción.
- Defectos de mala calidad, materias extrañas y disfunción del equipo.
- Difícil rectificación de figuras, holguras y lubricación insuficiente.
- Desgaste, fricción y bajo rendimiento.

El empleado, debe preguntarse: ¿De dónde viene la contaminación? Este concepto de limpieza como inspección hace posible:

- Detectar defectos visibles e invisibles, como vibraciones y sobrecalentamiento.
- Buscar cuidadosamente poleas y correas desgastadas, cadenas de mando sucias y filtros bloqueados.
- Identificar malos posicionamientos.

---

<sup>12</sup> SUZUKI, Tokutaru. TPM en Industrias de Proceso. 1ra Edición. Págs 105-465.

- Investigar problemas de corrosión interior.

Para la implementación del mantenimiento autónomo es necesario acabar con la mentalidad de “yo lo hago - tú lo reparas”<sup>13</sup>, en la siguiente tabla se exponen los siete pasos del mantenimiento autónomo.

---

<sup>13</sup> Ibid

**Tabla 38. Siete Pasos del Mantenimiento Autónomo**

<p><b>1. Realizar limpieza inicial</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminar el polvo y la suciedad del equipo</li> <li>• Descubrir las irregularidades tales como los ligeros defectos, fuentes de contaminación, lugares inaccesibles, y fuentes de defectos de calidad</li> <li>• Eliminar los elementos innecesarios y raramente usados, y simplificar el equipo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar el deterioro acelerado eliminando el entorno nocivo de polvo y suciedad</li> <li>• Elevar la calidad de trabajo de inspección y reparación y reducir los tiempos de inspección eliminando el polvo y la suciedad</li> <li>• Establecer las condiciones básicas del equipo</li> <li>• Descubrir y reparar los defectos ocultos</li> </ul>
<p><b>2. Eliminar las fuentes de contaminación y lugares inaccesibles</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir el tiempo dedicado a dejar en orden el equipo, eliminando las fuentes de polvo y suciedad, evitando la dispersión, y mejorando las partes que sean de limpieza, chequeo, lubricación, apretado o manipulación difíciles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incrementar la fiabilidad intrínseca del equipo impidiendo la adhesión de polvo y suciedad y controlando esto en su fuente</li> <li>• Incrementar la mantenibilidad mejorando la limpieza, inspección y lubricación</li> <li>• Crear equipos que no requieran trabajo manual</li> </ul>
<p><b>3. Establecer estándares de limpieza, lubricación y apretado de pernos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formular estándares de trabajo que ayuden a mantener la limpieza, lubricación y apretado de pernos a niveles adecuados con mínimos tiempo y esfuerzo</li> <li>• Mejorar la eficiencia del trabajo de inspección introduciendo controles visuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustener las tres condiciones básicas para mantener adecuadamente el equipo y prevenir su deterioro (limpieza, lubricación, y apretado de pernos)</li> <li>• Realizar inspecciones precisas por medio de controles visuales tales como placas de identificación y especificaciones y de gamas de operación correcta (colocadas sobre equipos e indicadores)</li> </ul>
<p><b>4. Realizar la inspección general del equipo</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilitar formación sobre técnicas de inspección con base en manuales</li> <li>• Poner en condición óptima a elementos individuales del equipo mediante la inspección general</li> <li>• Modificar el equipo para facilitar el chequeo. Hacer un uso extenso de los controles visuales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar la fiabilidad realizando inspecciones generales y revertir el deterioro en cada parte del equipo (tuercas y pernos, sistemas de mando, etc.)</li> <li>• Adiestrar a todos los operarios para inspeccionar fielmente, introduciendo controles visuales tales como placas de máquinas, placas de especificaciones de correas en V, placas de tipos y cantidades de lubricantes, placas sobre indicadores con las gamas correctas de operación, indicadores «on-off» sobre válvulas, indicadores de dirección de giro, cinta termocrómica, etc.</li> </ul>
<p><b>5. Realizar inspecciones generales de los procesos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilitar instrucción sobre los rendimientos de procesos, operaciones y ajustes, adiestrar sobre el manejo de anomalías con el fin de mejorar la fiabilidad operacional y tener operarios competentes</li> <li>• Impedir las duplicidades u omisiones en la inspección, incorporando a la inspección periódica de cada equipo estándares provisionales de inspección, limpieza y reposición del proceso entero o del área</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar la fiabilidad y seguridad globales de los procesos mediante una operación correcta</li> <li>• Afinar la precisión de la inspección de los procesos extendiendo y mejorando los controles visuales, pe., indicadores de contenidos de tubos y direcciones de flujo</li> <li>• Modificar el equipo para facilitar su funcionamiento</li> </ul>
<p><b>6. Mantenimiento autónomo sistemático</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instaurar el mantenimiento de calidad y de seguridad estableciendo claros procedimientos y estándares.</li> <li>• Mejorar los procedimientos de preparación y reducir el trabajo en proceso</li> <li>• Establecer un sistema de auto-gestión para mejorar el flujo en el lugar de trabajo, las piezas de repuesto, herramientas, trabajo en curso, productos finales, datos, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisar las relaciones entre los equipos y la calidad del producto y establecer un sistema de mantenimiento de calidad</li> <li>• Estandarizar el mantenimiento y control del equipo de transporte, piezas de repuesto, herramientas, trabajos en proceso, productos finales, datos, rutas de paso, equipos de limpieza, y otros, e introducir controles visuales para todo en los lugares de trabajo</li> </ul>
<p><b>7. Práctica plena de la auto-gestión</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar actividades de mejora y estandarizarlas de acuerdo con los objetivos y políticas, y reducir costes eliminando el desperdicio en los lugares de trabajo</li> <li>• Mejorar continuamente los equipos llevando registros precisos del mantenimiento (p.e., MTBF) y analizando los datos sistemáticamente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar sistemáticamente los datos para mejorar los equipos, y elevar la fiabilidad, seguridad, mantenibilidad, calidad y operabilidad de los procesos</li> <li>• Priorizar las mejoras del equipo: ampliar su período de vida y los intervalos de chequeo, usando datos firmes para identificar debilidades</li> </ul>

Fuente: SUZUKI, Tokutaru. TPM en Industrias de Proceso

En los pasos 1-3 se busca:

- Suprimir el deterioro acelerado.
- Despertar el Interés del operario por el equipo.

En los pasos 4-5 se busca:

- Enseñar procedimientos de inspección.
- Reducir averías para que el operario comprenda y domine los equipos y procesos.

En los pasos del 6-7 se busca:

- Reformar y elevar las actividades del mantenimiento autónomo con el fin de estandarizar, organizar y tener una cultura de organización robusta y de autogestión.

Al aplicar estos 7 pasos del mantenimiento autónomo estamos formando un operario con una capacidad crítica, definida como un sensor humano que detecte, prevenga y tenga una formación en procedimientos e inspección de averías. Por estas razones el plan de mantenimiento preventivo propuesto a la empresa GARCIA VEGA S.A.S. está basado en una filosofía de mantenimiento autónomo.

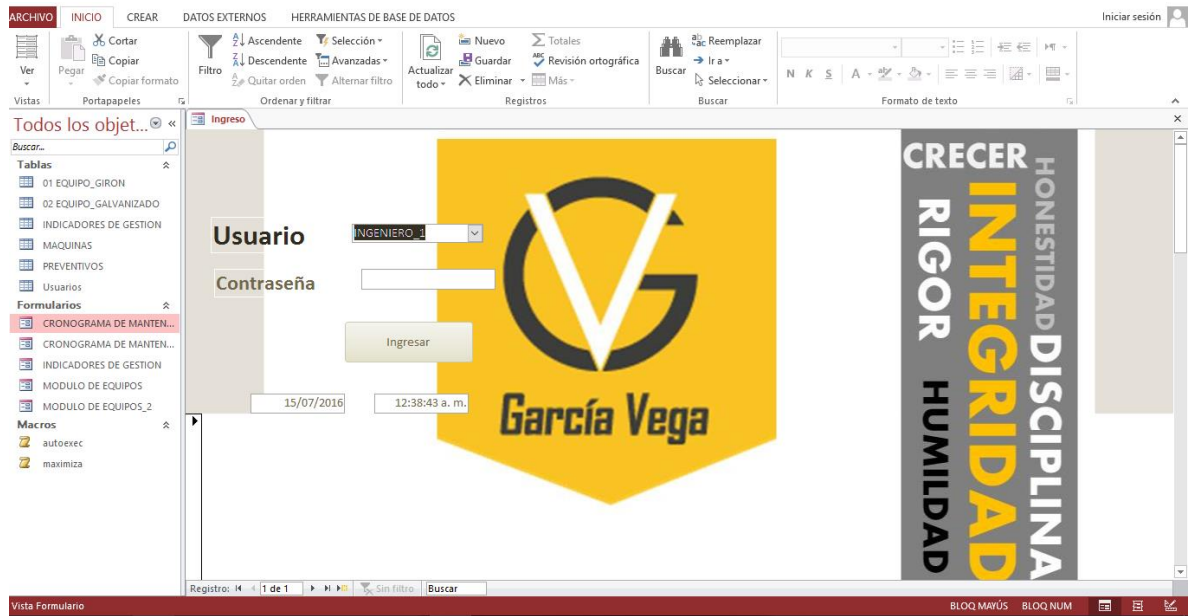
## **6.4 MÉTODO DE ACCESO Y SEGURIDAD**

Para ingresar al sistema de información desarrollado, es necesario disponer de un computador en el cual se encuentre instalado el software MICROSOFT ACCESS, y almacenada la base de datos adjunta digitalmente. Dicha base de datos podrá ser sincronizada en las terminales que correspondan tanto al coordinador de mantenimiento como al auxiliar de mantenimiento, quienes serán los únicos que podrán ingresar información al sistema. La misma base de datos se empleará en las dos seccionales pero la información estará disponible sólo para las personas autorizadas en cada una.

Cuando cualquiera de los empleados autorizados ingresa a la base de datos, la primera pantalla que deberán visualizar será un formulario de Log-In en el cual

deberán seleccionar el usuario correspondiente y digitar la clave de acceso. Dicho formulario se muestra en la siguiente figura.

**Figura 30. Pantalla de Log-In**



## **7. ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO**

El análisis de costo-beneficio es herramienta financiera a utilizarse para evaluar la viabilidad de la implementación de un proyecto o propuesta. El proceso involucra, ya sea explícita o implícitamente, un peso total de los gastos previstos en contra del total de los beneficios previstos por la implementación de dicha propuesta con el fin de seleccionar la opción más rentable. Otros análisis disponibles dentro de la literatura son los de costo-eficacia y el análisis de la eficacia del beneficio. En el caso específico de la empresa GARCÍA VEGA S.A.S, al ser una empresa mediana con intereses económicos enfocados en otros aspectos, es éste análisis el que más se adecua a los intereses de la alta gerencia.

El objetivo principal será entonces determinar la conveniencia del proyecto mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de todos los costos y beneficios derivados directa e indirecta mente de dicho proyecto. Al no poderse estimar con exactitud qué porcentaje del total de actividades de mantenimiento contempladas en cada equipo ocurrirán en un periodo de tiempo analizado, se hace necesaria la evaluación de tres escenarios por separado. El modelo matemático utilizado para el cálculo de la relación costo-beneficio se muestra a continuación.

### **7.1 MODELO MATEMÁTICO DEL ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO**

Para realizar una comparación acertada entre la inversión que tendría que proyectar la empresa en caso de implementar lo propuesto en éste documento y la representación económica de no realizarlo, se hace necesario definir un modelo matemático.

El cálculo del costo parte del supuesto de que cada equipo inventariado será sometido a todas las actividades de mantenimiento planteadas durante un tiempo escogido de un bimestre (debido a que la periodicidad de la mayoría de actividades es ésta). El tiempo que conlleva cada actividad se verá modificado según sea la probabilidad de que dicha actividad tenga que ser ejecutada. La siguiente tabla ejemplo muestra un equipo con sus respectivas actividades, tiempos de ejecución, costo de mano de obra, probabilidad de realización y costo de repuesto, teniendo en cuenta que el costo de mano de obra se calcula multiplicando el tiempo de ejecución (en minutos) por el costo del minuto de mano de obra (54.4\$ para este ejemplo).

**Tabla 39. Cálculo de costo del mantenimiento preventivo del equipo**

Código	Actividad	Periodicidad	Tiempo de ejecución	Costo Mano Obra	Probabilidad de Realización	Costo de Repuesto
02-PP-02	Lubricacion de la cadena de carga	bimestral	5	\$ 272	100%	\$ 50.000
	revisión de los sensores limitadores de subida y bajada	bimestral	5	\$ 272	5%	\$ 5.000
	revisión del gancho de carga	bimestral	10	\$ 544	7%	\$ 50.000
	revisión y ajuste de tornillería	bimestral	120	\$ 6.528	25%	\$ 500.000
	revisión de las terminales del cable	bimestral	15	\$ 816	100%	\$ -
	alineación de polipasto	bimestral	10	\$ 544	25%	\$ 30.000
	revisión del resorte de la cadena	bimestral	60	\$ 3.264	90%	\$ -
	revisión del rodamiento del gancho	bimestral	120	\$ 6.528	1%	\$ 30.000
	cambio de tornillos de la cadena	bimestral	120	\$ 6.528	1%	\$ 60.000
	cambio de aceite a la caja de engranaje	trimestral	180	\$ 9.792	100%	\$ 40.000
revisión general del motor y cambio de rodamientos	anual	15	\$ 816	20%	\$ 10.000	

El costo de mantenimiento para el equipo ejemplificado (02-PP-02), para un número  $I$  de actividades será calculado de la siguiente manera:

*CostoMantenimiento*

$$= \sum_{i=0}^I (CostoManoObra_i * ProbabilidadRealización_i + CostoRepuesto_i)$$

Para un número definido de equipos  $J$  (en una de las plantas), el cálculo del costo total de la ejecución del plan de mantenimiento preventivo en un bimestre se calculará de la siguiente manera.

$$CostoTotal = \sum_{j=0}^J CostoMantenimiento_j$$

La computación previamente descrita deberá realizarse para cada una de las plantas de la empresa GARCÍA VEGA S.A.S. (seccional Girón y galvanizado).

El concepto de beneficio se supondrá como la consecuencia económica por avería de equipos y paradas imprevistas en el mismo periodo de tiempo seleccionado en el cómputo del costo (un bimestre). El modelo matemático para el cálculo del beneficio parte de los siguientes datos suministrados por el departamento administrativo de la empresa.

*UnidadesEnProceso: Promedio de unidades en proceso*

*UnidadesVendidas: Promedio de unidades vendidas en un bimestre*

*Ganancias: Promedio de ganancias en un bimestre*

Por medio de estos datos suministrados y la siguiente formula, será posible calcular la representación económica del 100% del producto en proceso en un instante de tiempo.

$$BeneficioTotal = UnidadesEnProceso * \left( \frac{Ganancias}{UnidadesVendidas} \right)$$

Se considerarán entonces tres escenarios en los cuales se contemplará un porcentaje de ocurrencia de imprevistos y se planteará la comparación de la siguiente manera:

$$\text{Comparativo} = \overbrace{\text{BeneficioTotal} * \%_{\text{imprevistos}}}^{\text{Beneficio}} - \overbrace{\text{Costo Total} * (1 + \%_{\text{imprevistos}})}^{\text{Costo}}$$

Donde para cada uno de los escenarios planteados se contemplará el siguiente porcentaje de ocurrencia de imprevistos:

- Escenario Optimista:  $\%_{\text{imprevistos}} = 10\%$
- Escenario Moderado:  $\%_{\text{imprevistos}} = 15\%$
- Escenario Pesimista:  $\%_{\text{imprevistos}} = 70\%$

## 7.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO

En las siguientes dos tablas se muestran los resultados obtenidos al aplicar el modelo matemático mencionado en cada una de las plantas. Como se puede observar, en un escenario pesimista la empresa podría ahorrarse una cantidad considerable de dinero.

**Tabla 40. Resultados Costo-Beneficio Galvanizado**

Unidades En Proceso	400			
Unidades Vendidas	500			
Ganancias	\$ 139.940.128			
CostoTotal	\$ 2.638.571			
BeneficioTotal	\$ 111.952.102			
Escenario	% Imprevistos	Beneficio	Costo	Comparativo
Escenario Optimista	10%	\$ 11.195.210	\$ 2.902.428	\$ 8.292.782
Escenario Moderado	15%	\$ 16.792.815	\$ 3.034.357	\$13.758.459
Escenario Pesimista	70%	\$ 78.366.472	\$ 4.485.571	\$73.880.901

**Tabla 41. Resultados Costo-Beneficio Girón**

Unidades En Proceso	480			
Unidades Vendidas	580			
Ganancias	\$ 194.167.646			
CostoTotal	\$ 13.428.178			
BeneficioTotal	\$ 160.690.466			
Escenario	% Imprevistos	Beneficio	Costo	Comparativo
Escenario Optimista	10%	\$ 16.069.047	\$ 14.770.996	\$ 1.298.051
Escenario Moderado	15%	\$ 24.103.570	\$ 15.442.405	\$ 8.661.165
Escenario Pesimista	70%	\$ 112.483.326	\$ 22.827.903	\$89.655.423

### 7.3 VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.

La dirigencia de GARCÍA VEGA S.A.S. requerirá además un estudio de factibilidad o viabilidad sobre la implementación del departamento de mantenimiento. Para esto se parte de una información suministrada por el departamento administrativo de la empresa y expuesta en la siguiente tabla.

**Tabla 42. Costos de Mantenimiento Correctivo**

MANTENIMIENTO CORRECTIVO					
		mayo	junio	julio	agosto
Costos	Descripción	Valor \$	Valor \$	Valor \$	Valor \$
	Mano de obra	\$10.500.000	\$10.500.000	\$10.500.000	\$10.500.000
<b>Fijos</b>	Materiales	\$ 2.400.000	\$ 2.400.000	\$ 2.400.000	\$ 2.400.000
<b>Variables</b>	Paradas imprevistas	\$15.000.000	\$15.000.000	\$15.000.000	\$15.000.000
<b>Financieros</b>	Inventario de repuestos	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000	\$ 2.100.000
<b>Penalización</b>	Producto no conforme	\$ 3.600.000	\$ 3.900.000	\$ 4.000.000	\$ 4.300.000
<b>TOTAL \$</b>		\$33.600.000	\$33.900.000	\$34.000.000	\$34.300.000

Fuente: GARCÍA VEGA S.A.S

Dicha tabla describe los costos en materia de mantenimiento que la empresa ha tenido que afrontar en los últimos meses. Como se expresó en el capítulo de auditoría de valoración inicial, la empresa realizaba mantenimiento correctivo a toda la maquinaria y hasta hace poco planteó la creación del departamento de mantenimiento preventivo.

Los costos asociados al mantenimiento correctivo, a los cuales ha venido siendo sometida la empresa pueden ser fijos, variables, financieros y de penalización. La siguiente tabla describe los tipos de costos en los que se incurre con un mantenimiento de tipo correctivo.

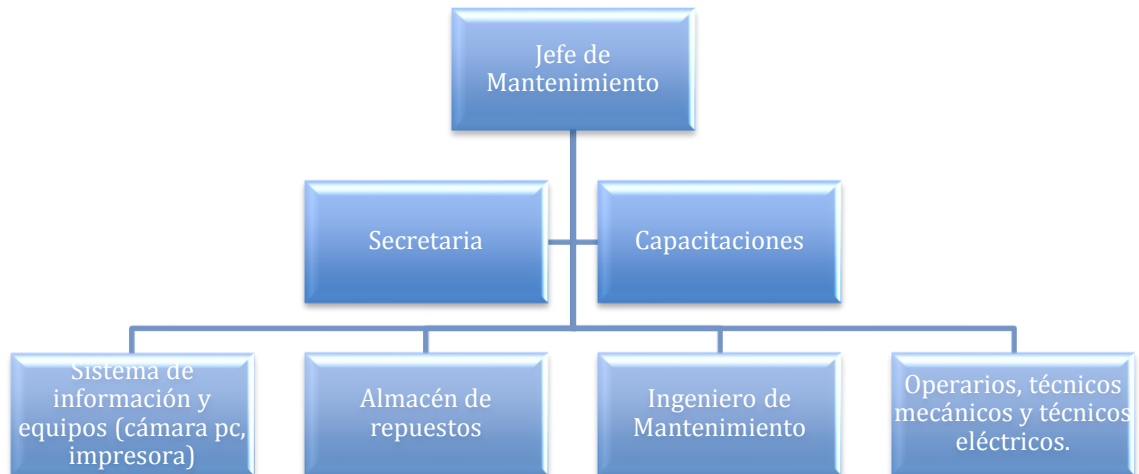
**Tabla 43. Costos de Mantenimiento**

Costos	Descripción
<b>Fijos</b>	Representado por los recursos humanos, materiales y equipos necesarios para realizar el mantenimiento
<b>Variables</b>	Representado por los recursos humanos materiales y equipos asociados a la variación de la producción, paradas de planta
<b>Financieros</b>	Representado por el valor de repuestos en almacén y el valor total de repuestos (control de inventarios)
<b>Penalización</b>	Representado los costos asociados a la pérdida de beneficios que la empresa sufre a consecuencia de fallas atribuibles a mantenimiento y pueden derivar de: <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Productos rechazados por mala calidad</li> <li><input type="checkbox"/> Pérdida de materia prima o reprocesamiento</li> <li><input type="checkbox"/> Producción paralizada o a bajo ritmo</li> <li><input type="checkbox"/> Uso ineficiente de la energía</li> <li><input type="checkbox"/> Accidentes laborales</li> <li><input type="checkbox"/> Daños del medio ambiente</li> </ul>

Fuente: PERTÚZ, Alberto. Costos de Mantenimiento

**7.3.1 Costos de la implementación del departamento de mantenimiento.** El organigrama propuesto a la empresa y considerado como el más adecuado según las necesidades de ésta, se muestra en la siguiente figura.

**Figura 31. Organigrama Propuesto para el Departamento de Mantenimiento**



Según el organigrama planteado, la inversión que tendría que realizar la empresa en materia de contratación e infraestructura para que el departamento de mantenimiento funcione adecuadamente, se describe en la siguiente tabla, considerando también un 20% de gastos adicionales en los cuales se podría llegar a incurrir.

**Tabla 44. Inversión para la implementación del Departamento de Mantenimiento**

<b>INVERSIÓN DE IMPLEMENTACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO</b>	
<b>Costos</b>	<b>VALOR \$</b>
Jefe de mantenimiento	6.000.000
Ingeniero de mantenimiento	4.000.000
2 mecánicos	3.000.000
1 Eléctrico	1.500.000
Secretaria	1.200.000
Equipos (computador, cámara, impresora)	12.000.000
Sistema de información	20.000.000
Materiales del almacén de repuestos	10.000.000
Capacitaciones	4.000.000
Servicios (internet, luz)	5.000.000
Otros (20%)	8.000.000
<b>TOTAL</b>	<b>74.700.000</b>

**7.3.2 Modelo matemático para el análisis de la viabilidad de la implementación del departamento de mantenimiento.** Con el objetivo de que la dirigencia de la empresa vea en la implementación del proyecto propuesto en éste documento, una inversión verdaderamente rentable, será necesaria la utilización y aplicación de ciertos conceptos de la ingeniería económica.

**VALOR ACTUAL NETO (VAN):** Indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto<sup>14</sup>, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, nos quedaría alguna ganancia. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable. La fórmula para el cálculo del VAN es la siguiente:

---

<sup>14</sup> TARQUÍN, Anthony. Ingeniería Económica. Sexta Edición. McGRAW-HILL. Pags 288-324

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+i)^n}$$

Siendo:

*I: inversión inicial*

*Q<sub>n</sub>: Flujo de caja en el mes n*

*i: Tasa de interés*

*N: Número de meses incluidos en el análisis*

El resultado obtenido debe considerarse de la siguiente manera:

Si VAN > 0, el proyecto es aceptable

Si VAN < 0, el proyecto es rechazable

Si VAN = 0, el proyecto resulta indiferente.

**TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)** La tasa interna de retorno, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto (VAN) es igual a cero<sup>15</sup>. Estos valores VAN son calculados a partir del flujo de caja mensual, trayendo todas las cantidades futuras (flujos negativos y positivos) al presente. También es conocida como la tasa de rentabilidad producto de la inversión de los flujos netos de efectivo dentro de la operación propia del negocio y se expresa en porcentaje.

La tasa interna de retorno es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, que se lee a mayor TIR, mayor rentabilidad. Por esta razón, se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión.

El criterio de decisión consiste en comparar la TIR del proyecto con la tasa de interés mínima deseada para el proyecto (i).

---

<sup>15</sup> Ibid

TIR = i, la inversión es indiferente  
TIR > i, la inversión es aceptable  
TIR < i, la inversión es rechazable.

Si tomamos la expresión para el cálculo del valor actual neto y lo igualamos a cero, será posible despejar el valor del interés para el cual el valor actual neto será nulo.

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1 * TIR)^n} = 0$$

Siendo:

*TIR: Tasa interna de retorno*

**PLAZO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PAY-BACK)** Este método de análisis, se basa en calcular el tiempo que vamos a tardar en recuperar la inversión inicial, es decir, el tiempo necesario para que las entradas de caja generadas por la inversión<sup>16</sup>, cubran todas las salidas originadas por la misma.

El número de meses que se tarda en recuperar la inversión es crucial a la hora de decidir si se ejecuta un proyecto o no. Este puede observarse en una gráfica donde se contrasten los ingresos, egresos y valor acumulado a lo largo de una línea de tiempo.

**7.3.3 Resultados del análisis de la viabilidad de la implementación del departamento de mantenimiento.** Para obtener resultados válidos del modelo matemático planteado, deberá alimentarse el modelo con:

---

<sup>16</sup> Ibid

- El costo de la inversión calculado previamente por medio de un presupuesto estimado de las adquisiciones en materia de infraestructura y personal que permitirán la implementación del organigrama propuesto.
- Un promedio de los ingresos estimados por ventas.
- Un promedio de los egresos estimados por gastos de mano de obra, insumos, mantenimiento y demás.

El tiempo máximo de análisis será de 12 meses, la tasa de interés será del 2% mensual, la inflación de cobros del 3% y la inflación de pagos del 1,2%. Estos datos son tomados considerando los valores de inflación actual en Colombia. El departamento administrativo de la empresa GARCÍA VEGA S.A.S ha suministrado el P&G correspondiente al primer semestre del año 2016 tal y como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 45. P&G GARCIA VEGA S.A.S. 1er Semestre 2016**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Semestre
<b>Estructuras</b>	\$ 54.151.124	\$ 46.578.954	\$ 175.729.982	\$ 167.576.794	\$ 173.910.475	\$ 25.489.889	\$ <b>643.437.218</b>
<b>Venta de Equipos</b>	\$ 72.399.104	\$ 31.780.882	\$ 11.089.718	\$ 81.482.832	\$ 99.931.375	\$ 56.350.002	\$ <b>353.033.913</b>
<b>Mantenimiento</b>	\$ 7.856.850	\$ 5.180.800	\$ 434.400	\$ 8.651.500	\$ 20.467.300	\$ 16.821.850	\$ <b>59.412.700</b>
<b>Total</b>	\$ 134.407.078	\$ 83.540.636	\$ 187.254.100	\$ 257.711.126	\$ 294.309.150	\$ 98.661.741	\$ <b>1.055.883.831</b>

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Semestre
<b>Nómina</b>	\$ 155.701.309	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 104.844.430	\$ 48.096.715	\$ <b>308.642.454</b>
<b>Planta Física</b>	\$ 49.000.000	\$ 49.000.000	\$ 49.000.000	\$ 49.000.000	\$ 40.000.000	\$ 40.000.000	\$ <b>276.000.000</b>
<b>Consumibles</b>	\$ 31.052.778	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 40.941.674	\$ 18.631.155	\$ <b>90.625.607</b>
<b>Materia Prima</b>	\$ 85.040.131	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 45.151.835	\$ -	\$ <b>130.191.966</b>
<b>Otros</b>	\$ 18.768.413	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 9.153.864	\$ -	\$ <b>27.922.277</b>
<b>Total</b>	\$ 339.562.631	\$ 49.000.000	\$ 49.000.000	\$ 49.000.000	\$ 240.091.803	\$ 106.727.870	\$ <b>833.382.304</b>

Fuente: GARCÍA VEGA S.A.S.

A partir de la tabla mostrada con anterioridad, es posible calcular un valor promedio de ingresos y un valor promedio de egresos, en orden de alimentar el modelo matemático. En la siguiente tabla se exponen todos los cálculos realizados para un análisis de 11 meses en los cuales se supone un ingreso promedio y un egreso promedio durante todos los meses, se posiciona el costo de la inversión en el mes inicial y se analiza en qué momento se recupera.

**Tabla 46. Flujos de Caja, VAN y TIR**

ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN							
Capital	\$	74.700.000	Tasa	2%			
Ingresos	\$	175.980.638	Inflación de cobros	3%			
Egresos	\$	138.897.050	Inflación de pagos	1%			
			Meses	12			
Mes	Inversión	Ingresos	Egresos	Flujos de caja	Valor Actual	Acumulado	
0	\$ 74.700.000	\$ 175.980.638	\$ 138.897.050	-\$ 37.616.412	-\$ 36.878.835	-\$ 36.878.835	
1		\$ 181.260.057	\$ 131.952.198	\$ 49.307.860	\$ 47.393.175	\$ 10.514.340	
2		\$ 186.697.859	\$ 125.354.588	\$ 61.343.271	\$ 57.805.135	\$ 68.319.475	
3		\$ 192.298.795	\$ 119.086.858	\$ 73.211.936	\$ 67.636.513	\$ 135.955.987	
4		\$ 198.067.758	\$ 113.132.515	\$ 84.935.243	\$ 76.928.467	\$ 212.884.454	
5		\$ 204.009.791	\$ 107.475.890	\$ 96.533.902	\$ 85.719.342	\$ 298.603.796	
6		\$ 210.130.085	\$ 102.102.095	\$ 108.027.990	\$ 94.044.866	\$ 392.648.662	
7		\$ 216.433.987	\$ 96.996.990	\$ 119.436.997	\$ 101.938.327	\$ 494.586.989	
8		\$ 222.927.007	\$ 92.147.141	\$ 130.779.866	\$ 109.430.742	\$ 604.017.731	
9		\$ 229.614.817	\$ 87.539.784	\$ 142.075.034	\$ 116.551.012	\$ 720.568.743	
10		\$ 236.503.262	\$ 83.162.795	\$ 153.340.467	\$ 123.326.070	\$ 843.894.813	

Los valores calculados de VAN, TIR y PAYBACK son respectivamente:

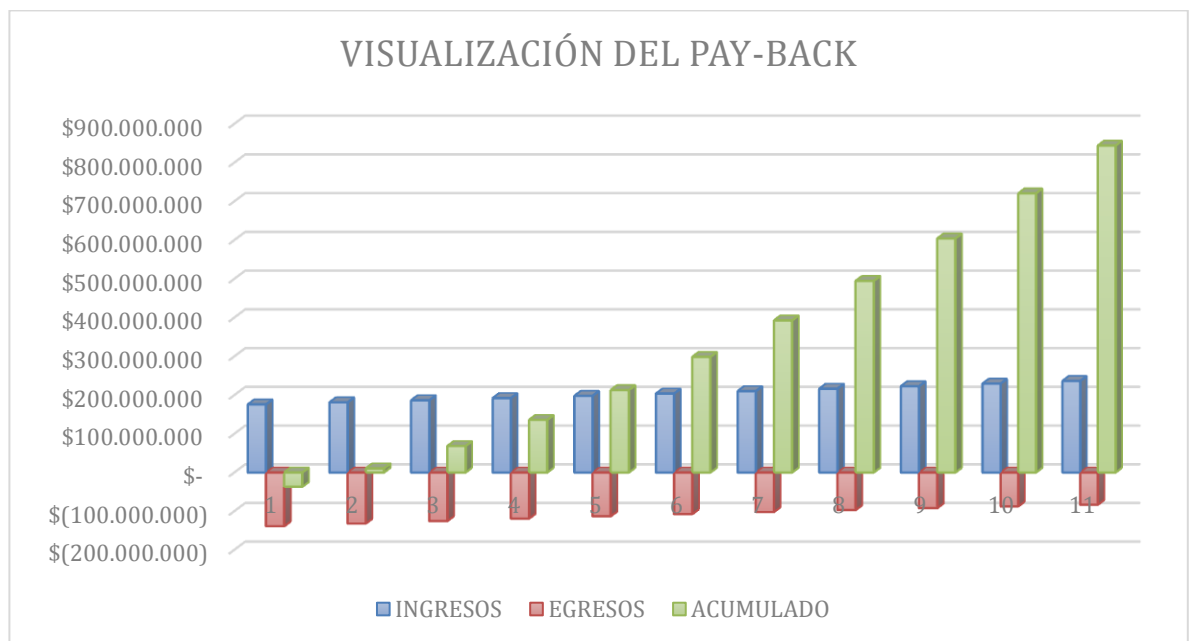
$$VAN = \$843.894.813$$

$$TIR = 71\%$$

$$PAYBACK = 2 [MES]$$

La siguiente figura se presentará con el objetivo de visualizar el punto en el cual la empresa recuperaría la inversión. Puede observarse con claridad, que en el segundo mes la empresa cubriría ya la inversión, haciendo mucho más atractiva la opción de llevar a cabo la implementación del sistema de información.

**Figura 32. Visualización del PAY-BACK**



Otros análisis que se pueden realizar a partir de los resultados obtenidos. La inversión resultará bastante atractiva para la empresa teniendo en cuenta que el valor actual neto resulta ser mayor de cero.

La tasa de rentabilidad  $TIR = 71\% > \text{interés de la empresa}$ . Lo que nos indica que la inversión es viable ya que la tasa de interés de la empresa no sobre pasa el 20 %.

El tiempo de recuperación de la inversión establecido por el PAY-BACK es de 2 meses corridos a partir de la inversión inicial en el mes cero. Lo que indica que la implementación del departamento de mantenimiento en la empresa GARCÍA VEGA SAS es viable y su inversión se recuperaría en muy poco tiempo.

## 8. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 8.1 DEFINICIONES DEL MANTENIMIENTO

**8.1.1 Mantenimiento.** Actividad científica cuyo desarrollo permite la más alta disponibilidad con calidad de todos los bienes. Mantener es obtener utilidades, porque es la única forma de conservar los equipos y las plantas en el más alto grado de productividad y competencia.

Retarda la compra de bienes nuevos, prolongando la vida útil de los actuales, sin descartar la utilización de tecnologías más eficaces y rentables.

Conjunto de acciones, operaciones y actitudes encaminadas a poner o reestablecer un bien a un estado específico, que le permitan asegurar un servicio de terminado.

Mantener bien o mantener con calidad es: utilizar inteligentemente la planeación, la programación y el control, de manera que mejoren la efectividad y la productividad, disminuyan las paradas y los costos de mantenimiento sean mínimos logrando una rentabilidad óptima de la función del mantenimiento.

Mantener bien es: ejercer un estricto control sobre los siguientes factores:

- Las Reparaciones de emergencia se deben minimizarlas.
- Los Tiempo muerto en producción imputable a mantenimiento: se deben minimizar.
- Las Reparaciones y modificaciones de equipo: se deben optimizar.
- Los Desperdicio de materiales de producción imputable a mantenimiento: se deben minimizar.

- Los Materiales empleados en las reparaciones y modificaciones: se deben optimizar.
- La mano de obra de mantenimiento, conforme al volumen de mantenimiento: se deben optimizar.
- La depreciación del equipo y edificios: se deben retardar, incrementando su vida.

Mantener es obtener utilidades, porque es la única forma de conservar los equipos y las plantas en el más alto grado de productividad y competencia. Retarda la compra de bienes nuevos, prolongando la vida útil de los actuales, sin descartar la utilización de tecnologías más eficaces y rentables

**8.1.2 Importancia del Mantenimiento.** El mantenimiento es algo inherente a la industria, se encuentra irremediablemente ligado a la existencia de las máquinas. La vida de una maquina implica la necesidad del mantenimiento. El mantenimiento dirigido, organizado; el mantenimiento de alto nivel; el grupo de ingeniería de mantenimiento se justifica en la medida en que:

- Mantenga los equipos en una alta disponibilidad.
- Logren un alto rendimiento las tareas de mantenimiento.
- Optimice los costos de mantenimiento.
- incremente o sostenga la productividad.
- Sea activo en los programas de calidad.

El grupo de mantenimiento, debe ser una parte integral de la organización y más aún cuando la empresa crece, cuando aumenta su complejidad, cuando se incrementa la automatización de las plantas y se debe tomar la importancia de su papel. Cuando la edad de los equipos aumenta y los costos de mantenimiento. se van convirtiendo en los costos más importantes de los costos de producción numerosos los datos estadísticos que resaltan la importancia del mantenimiento. En la industria. Valga la pena mencionar los siguientes:

El personal utilizado en labores de mantenimiento sin incluir los contratistas, va del 6 % al 50 % del total de empleados, siendo el mayor en las industrias más automatizadas.

El costo del mantenimiento representa entre el 10 % al 35 % del valor agregado al producto.

En algunos países industrializados como Francia el mantenimiento representa:

- El 5.7 % del valor total de los negocios.
- El costo del mantenimiento es el 5 % de los costos de fabricación.
- El costo del mantenimiento es del orden del 15 % del producto nacional bruto.
- Más de medio millón de personas trabajan en labores de mantenimiento.

La función mantenimiento existe en la industria porque es una necesidad para garantizar el éxito de las operaciones de la planta

Todas las máquinas, equipos e instalaciones, están sujetas en mayor o menor grado, a la acción deteriorante de agentes climáticos (externos) o a la acción dañina de los agentes propios (internos). Aun cuando son muy numerosos, pueden mencionarse los siguientes:

Agentes Externos:

- El aire, según su humedad y contaminación.
- La sal, produce corrosión química o electroquímica.
- El calor solar produce dilataciones, contracciones, choque térmico y rotura.
- Polvo produce corrosión, abrasión, atascamientos, suciedad.
- Gases corrosivos, que producen corrosión.
- Otras sustancias, tóxicas, combustibles o explosivos.
- Agentes internos:

- Movimiento de fluidos que producen cavitación, erosión.
- Temperaturas que produce fatiga térmica, choque térmico y cambio de dimensiones.
- Vibraciones mecánicas, producen inestabilidad y daños.
- Fricción, produce desgastes.
- Presión, incremento de tensión y roturas.

**8.1.3 Elementos de un sistema de Mantenimiento Para tener éxito en la aplicación de las metodologías de la Ingeniería de Mantenimiento.** Es importante que la ejecución de sus actividades involucre y beneficie a los tres elementos que conforman el denominado sistema de mantenimiento (personas, máquinas y entorno) pues es conocido que la evolución de las ciencias tiene el noble fin de mejorar el bienestar de las personas, y además son las personas que interactúan con las máquinas, más conocidos como operarios los primeros en conocer los principios del mantenimiento, y quienes deben aplicarlo, ejemplo de ello es el mantenimiento autónomo que cada operario debe hacer a su máquina con la que labora diariamente, así también es importante saber cuál va ser el impacto que nuestra actividad va producir al entorno, ojalá dicho impacto sea positivo, pero en ningún caso permitamos que sea negativo; Por ejemplo, también es función del operario velar porque su máquina no vierta lubricantes fuera de los depósitos destinados para ello, pues podrían llegar a fuentes hídricas, pero también es función de directivos garantizar que las maquinas tengan una gestión del mantenimiento adecuada que permitan que el operario pueda hacer su labor .

**8.1.4 Mantenimiento Preventivo (M.P.)** Es el Mantenimiento. que se realiza a los equipos de una planta en forma planificada y programada anticipadamente, con base en inspecciones periódicas y debidamente establecidas según la naturaleza de cada máquina y encaminada a descubrir posibles defectos que

puedan ocasionar paradas intempestivas de los equipos o daños mayores que afecten la vida útil de los equipos.

El M.P. Más que una técnica específica de mantenimiento. es una filosofía o estado de ánimo que comienza desde el mismo momento en que se diseña el equipo, ya que allí se piensa en la facilidad de mantenimiento. Y montaje, en la confiabilidad, duración y cuidados de cada una de sus partes. M.P. no es limpiar un equipo, es mantenerlo totalmente cubierto en lugares contaminados.

El M.P. es el mantenimiento. Moderno, utilizado hoy en día en la mayoría de las empresas industriales. El capítulo sobre Gestión se dedica a este tipo de mantenimiento.

**8.1.5 Mantenimiento Predictivo.** Producto del desarrollo del M.P. a través de “La investigación Preventiva”. Se ha logrado determinar que el 99 % de todas las fallas de los equipos están precedidas de ciertos signos o condiciones indicadoras de que ellas se van producir; por tanto, medir esos signos específicamente para un equipo, determinaría el momento preciso en el cual la falla se presentará y aplicando el M.P. se evitaría su ocurrencia.

El Mantenimiento. Predictivo es aquel que se realiza mediante la utilización de indicadores y/o registradores, con alarma o sin ella, para medir los parámetros fundamentales de funcionamiento pueden ser:

Óptimo de las maquinas. Estos aparatos de control Vibro metros, manómetros, termómetros, termógrafos, niveles de ruido, analizadores de gases, aceites, medidores de espesores, aislamientos eléctricos, etc.

El Mantenimiento Predictivo es el futuro del mantenimiento. ya que muchos equipos se están construyendo hoy en día con sensores de diversas clases, que puedan enviar señales a indicadores y registradores cada vez más sofisticados, conectados a micro-procesadores.

**8.1.6 Mantenimiento Productivo.** Cuando en la década de los 80 comienza a hablarse de la excelencia en el proceso productivo, el cambio de mentalidad sobre el control de la calidad, el acaparamiento a través de inventarios y las discrepancias entre el operador y el mantenedor, se hace imperiosa la necesidad de modificar la estructura, el ambiente y la política de la empresa. En la década de los 80, los japoneses a través de su filosofía del control total de la calidad y la excelencia en la manufactura irradian este influjo sobre el mantenimiento; creando las bases del mantenimiento Productivo Total, el cual puede definirse por los 5 elementos que lo componen:

- Lograr la máxima efectividad del equipo por medio del mantenimiento Preventivo económico.
- Un programa de M.P. para toda la vida del equipo.
- El mantenimiento. Es realizado por todas las dependencias de la empresa. Los operarios se encargan de prestar los primeros auxilios. Se acaba el “Yo opero, tu reparas”.
- Todos los miembros de la organización tienen participación y responsabilidad. Se realiza un programa autónomo por parte de operarios.
- Se crean pequeños responsables de las actividades del mantenimiento. La existencia de estos grupos hace la diferencia entre Mantenimiento Productivo y Mantenimiento Productivo Total.

También se puede hablar de una evolución del mantenimiento por generaciones:

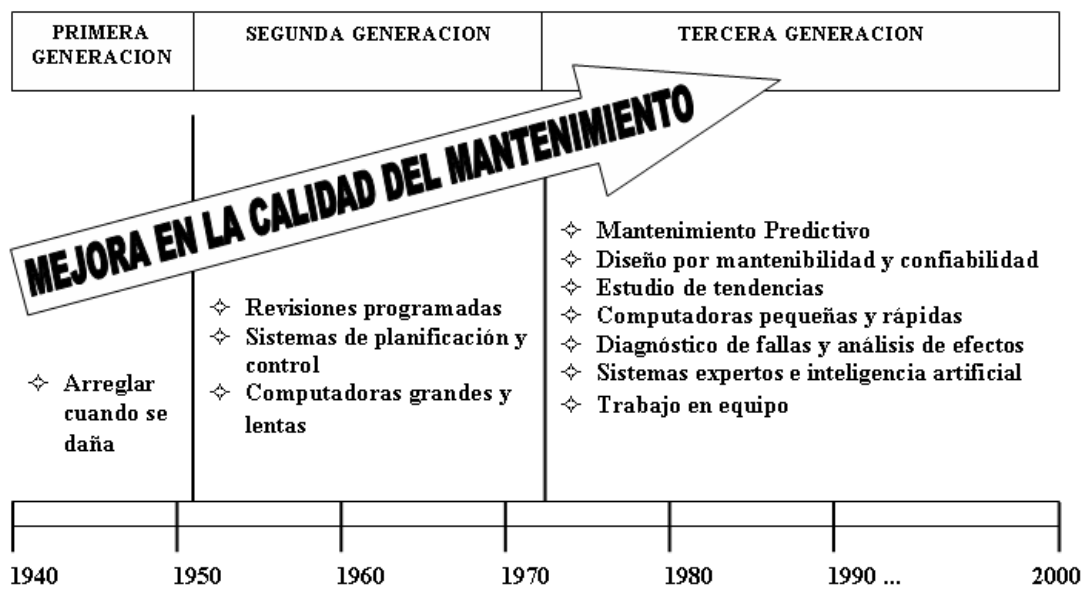
- Primera Generación: (1940 - 1950)- Nacimiento de la Industria
- Segunda Generación: (décadas 60-70-80) - Post II Guerra Mundial
- Tercera Generación: (1990 - Hoy) - Concepto de Confiabilidad

En la figura se puede apreciar gráficamente esta evolución del mantenimiento por generaciones

**8.1.7 Actividades.** La Ingeniería de Mantenimiento es ubicada dentro de la Ingeniería de fábricas cuyo objetivo es la obtención, transformación y explotación de los recursos naturales para servicio de las personas.

La ingeniería de Mantenimiento está presente en todas las etapas de la organización de producción que se pueden enunciar así

**Figura 33. Evolución Tecnológica del Mantenimiento**



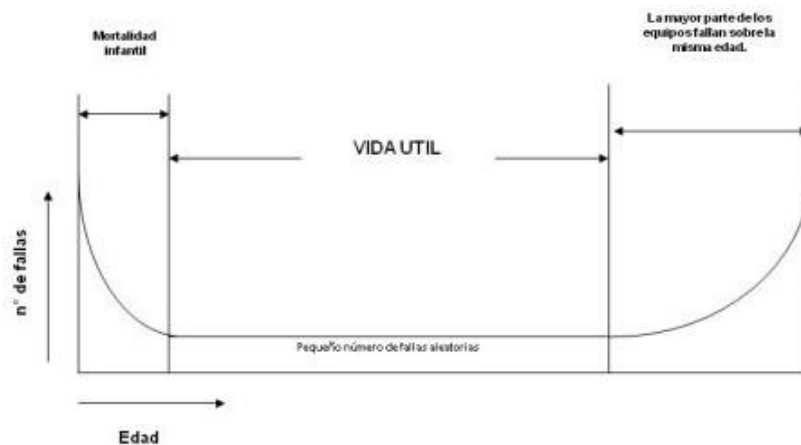
Fuente: BORRÁS PINILLA, Carlos. Ingeniería de Mantenimiento.

**8.1.8 Mantenimiento Preventivo Sistemático.** El mantenimiento sistemático es el mantenimiento preventivo realizado de acuerdo a una variable independiente, usualmente el tiempo, el kilometraje recorrido, unidades de piezas producidas,

etc.<sup>17</sup> . Es indudable que siempre se puede mejorar, y el mantenimiento preventivo sistemático, en la medida que se adquiera un mayor conocimiento de los procesos productivos y evolución del estado de los activos, el mantenimiento debe evolucionar hacia un mantenimiento basado más por su condición y estado actual. Es importante notar que el Departamento de Mantenimiento puede obtener resultados interesantes en cuanto a eficacia y rentabilidad si se plantea la posibilidad de reemplazar el mantenimiento sistemático por un mantenimiento basado en el conocimiento del estado actual del elemento a mantener.

1. Mantenimiento Periódico. Al hablar de mantenimiento periódico es necesario hacer referencia a la curva de la bañera, en la figura 45, la cual representa en un equipo, la probabilidad de falla a un determinado tiempo de funcionamiento del mismo. Esta curva establece tres etapas principales típicas en cualquier

**Figura 34. Curva de la Bañera**



Fuente: BORRÁS PINILLA, Carlos. Ingeniería de Mantenimiento.

<sup>17</sup> BORRAS PINILLA, Carlos. Ingeniería de mantenimiento Material Docente Profesor Asociado- septiembre 12 del 2011.

Equipo, la primera de ellas denominada mortalidad infantil, debida a que está caracterizada por un número de fallas superior a la presentada durante la marcha, luego encontramos la etapa de vida útil, en ella las fallas ocurren de modo aleatorio, de manera que el departamento de mantenimiento poco puede hacer para predecirlas. Finalmente, y después de cierto periodo de operación, en los elementos surgen desgastes, deterioros por fatiga, envejecimientos mecánicos, etc., lo que hace que se presente un aumento progresivo en el número de fallas a la misma edad, momento en el cual, si se tuviese conocimiento previo del comportamiento del material o del equipo se debería llevar a cabo una revisión preventiva sistemática posicionándose nuevamente en la segunda etapa, lo que supondría el comienzo de un ciclo, similar a cuando el equipo era nuevo.

En este tipo de Mantenimiento todo el equipo en su conjunto se desarmaba, inspeccionaba y reparaba en forma periódica, cada vez que había cumplido un tiempo calendario, o un tiempo de servicio o producido una cierta cantidad.

En el caso del motor, cada 1000 horas de servicio desarmado, limpiado, e inspeccionado y reparado si era el caso. La principal desventaja de ese método es que no protege contra fallas prematuras.

Los dos sistemas anteriores tienen el inconveniente de que el excesivo desarme origina funcionamiento defectuoso, propiciando fallas prematuras.

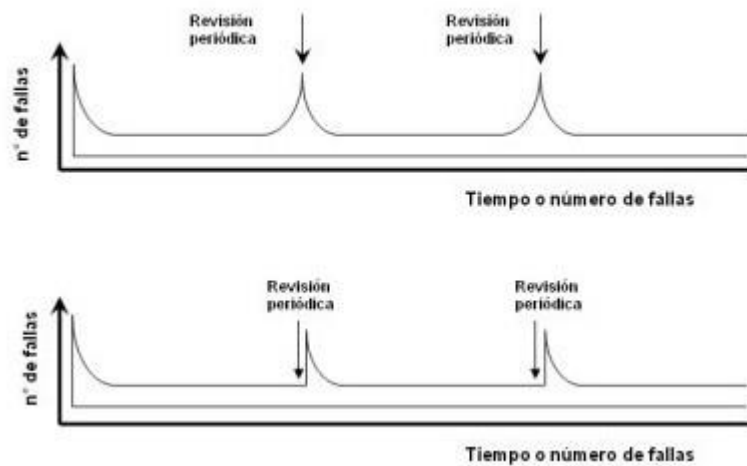
Esta clase de programas tiene muy poca elasticidad, dificulta la determinación de la vida útil del equipo y generalmente presenta reemplazos prematuros de piezas del equipo, incrementando los costos de mantenimiento.

Lamentablemente se ha demostrado que en la actualidad la etapa final no es tan confiable, en ella el tipo de intervención a realizar ya no es preventiva sino más bien modificativa, debido a que no se tienen componentes netamente

mecánicos, hidráulicos o neumáticos, como era el caso de hace dos o tres décadas. Para definir un plan de mantenimiento eficiente que optimice los niveles de preventivo y correctivo, y la relación resultado-costo el Departamento de mantenimiento debe tener presente algunos aspectos relacionados con el funcionamiento del equipo, como las recomendaciones del fabricante en la etapa inicial, la experiencia propia en el contacto durante la operación o en la reparación propiamente dicha, teniendo en cuenta el estudio histórico del mismo, finalmente debe ser cuidadoso de los cambios que se presentan a medida que pasa el tiempo y el equipo envejece, ya que las fallas sistemáticas pueden no ser las mismas. La no aplicabilidad de los parámetros anteriormente mencionados puede llevarnos en nuestra actividad a situaciones como las que vemos en la siguiente figura.

2. Lubricación. Por medio de la lubricación podemos hacer que dos superficies solidas puedan deslizarse relativamente entre sí, partiendo del hecho de que la fricción es mucho menor en solido-líquido que en solido-solido. Podemos hablar de lubricación límite como aquella que se presenta debido al deterioro del líquido lubricante, o por sobrecargas, en procesos de arranque. Para explicarnos

**Figura 35. Posibilidad de Ocurrencia**



Fuente: BORRÁS PINILLA, Carlos. Ingeniería de Mantenimiento.

Si mantenemos el flujo  $q$  la  $P_e$  debe compensar las variaciones de  $h$  garantizando la altura adecuada, y consiguiendo una lubricación efectiva dentro de las fluctuaciones de temperatura en las que tendrá que trabajar el sistema. Es necesario reemplazar el lubricante cuando este haya perdido sus propiedades, principalmente la viscosidad, si existen pérdidas o consumos este debe reponerse a fin de garantizar el correcto funcionamiento del equipo

3. Mantenimiento reglamentario o legal. Actualmente en la parte reglamentaria o legal existe más conocimiento, de las normas que rigen las instalaciones, inspecciones y operaciones de mantenimiento, so pena de sanciones o suspensión de las actividades si se llegase a comprobar el inminente peligro de las personas o cosas que hacen parte de la actividad. La ISO International Organization for Standardization (Organización Internacional para la estandarización) hace parte de las instituciones de normas nacionales de 157 países que produce las normas para certificar y mejorar los estándares de calidad. Haciendo un recorrido por las normas encontramos sus aplicaciones.

**8.1.9 Mantenimiento correctivo.** El mantenimiento correctivo es una intervención necesaria para poder solucionar un defecto o falla ya ocurrida. Es la actividad de reparar averías a medida que estas se van produciendo en máquinas o equipos, el personal encargado de notificar la avería es el mismo operador y el encargado de realizar la reparación es el personal de mantenimiento.

La mayor parte de los ingenieros de mantenimiento están familiarizados con el mantenimiento por avería. Desde luego supone que se permite que el equipo siga en servicio hasta que no pueda desempeñar su función normal y el departamento de producción se vea obligado a llamar a los ingenieros de mantenimiento no atienden de nuevo el equipo hasta que vuelva a tener algún fallo.

Las actividades del mantenimiento correctivo son:

- Detención del fallo
- Localización del fallo
- Desmontaje
- Recuperación o sustitución
- Montaje y Pruebas
- Verificación

Las desventajas:

- Altos tiempos improductivos de los equipos
- Baja confiabilidad
- Bajo nivel de organización
- Tiene gran incidencia en los costos de mantenimiento
- Está basada en intervenciones rápidas y pasajeras

Procedimiento a seguir luego de una avería:

- Realizar una inspección para determinar cuáles piezas han sido afectadas y cuales se necesitan cambiar
- Determinar el tiempo necesario para la reparación total o parcial
- Gestionar repuestos
- Realizar la reparación, ajustar e inspeccionar

**8.1.10 Mantenimiento autónomo.** El mantenimiento autónomo es una de las etapas de la preparación de las condiciones de implantación del TPM por parte del comité de implantación. Posteriormente en la etapa de implantación, en la formación del personal en la metodología del TPM es una actividad importante. Esto nos indica que se fija en el principio y se corrige más tarde.

Estas actividades comprenden: metodología de las cinco S, y el mantenimiento autónomo, promoción y soporte total de los siete pasos del mantenimiento

autónomo y establecimiento de diagnóstico de habilidades (capacitación y adiestramiento en multi-habilidades) y procedimientos de trabajo.<sup>18</sup>

El mantenimiento autónomo en cinco pasos:

- Limpieza Inicial.
- Proponer medidas y señalar las causas y efectos de las basuras y el polvo
- Estándares de Limpieza y Lubricación
- Inspección General
- Inspección Autónoma

## **8.2 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.**

Este mantenimiento se conforma por varias actividades que debe realizar los operarios día a día, como: limpieza, cambio de herramientas y piezas, lubricación, e inspección visual, de acá la importancia que el operario haya colaborado en los estándares para el cuidado de los equipos. Es necesario la capacitación del operario para que pueda conocer el equipo

Los objetivos del mantenimiento autónomo son:

- El equipo se debe emplear como una herramienta para el aprendizaje y el conocimiento
- Desarrollar destrezas para resolver problemas y estructurar el pensamiento sobre las actividades del trabajo
- EL deterioro del equipo se debe evitar con una óptima operación y corroborando los estándares mencionados.

---

<sup>18</sup> MANTENIMIENTO PLANIFICADO [en línea] Disponible en:  
<http://www.mantenimientoplanificado.com/>

- Mantener condiciones óptimas para el equipo, evitando las fallas y mejorando el rendimiento.
- Mejorar la seguridad en el lugar de trabajo.

**8.2.1 Inspecciones periódicas programadas.** Se trata de inspeccionar en intervalos de tiempo fijados, sin importar el estado original, las piezas y demás parte de las maquinas, necesarias en el proceso de producción. Esto se hace con el fin de tener registro útil, del estado de los equipos, esta información sirve para planear mantenimiento y predecir fallas.

Inspecciones de rutina: Son las actividades que realiza el operario al inicio y durante el funcionamiento de la máquina, como: fallas, ajustes aseo del equipo y lubricación

Inspecciones Periódicas Menores: estas se hacen con el objetivo de identificar de forma rápida el comienzo de anomalías, y generalmente son actividades de tipo mecánico y eléctrico.

Inspecciones periódicas Mayores: estas, generalmente están enfocadas a elementos estructurales, subconjuntos y zonas especiales, las cuales son lubricación y ajustes

### **8.3 NIVELES DE INFORMACIÓN.**

El manejo de la información del plan debe clasificarse, de acuerdo a la identificación de niveles, para saber a quién se dirige y que tipos de datos, es necesario obtener.

Entre los niveles más importantes están:

**8.3.1 Información para la dirección.** El contenido son los costos de mantenimiento repuestos y datos que permitan el análisis y la evaluación para de saber qué acciones hay que tomar.

**8.3.2 Información para las operaciones.** Debe contener los parámetros para la ejecución de trabajo en las maquinas, historiales, fichas técnicas ordenes de trabajo y el predominio de las maquinas en determinado proceso.

**8.3.3 Información para el puesto de trabajo.** Debe contener que debe saber el personal de mantenimiento frente a la implementación del programa.

## 9. CONCLUSIONES

- Se hizo un diagnóstico del área de mantenimiento dentro de la empresa teniendo en cuenta ciertos factores, con el cual se identificaron las falencias en materia de gestión del mantenimiento en orden de corregir los ítems considerados como críticos (por debajo de 50). Los resultados obtenidos muestran la mala gestión que viene realizando la compañía, pues solo se evidencian fortalezas en materia de contratación de personal competente (puntuación de 68). Las áreas de organización general, métodos de trabajo, control técnico de instalaciones, gestión de la carga de trabajo, compra de repuestos, sistemas informáticos, herramientas de prueba, contratación y control de actividad presentaron puntuaciones que oscilan entre 25 y 40.
- Mediante el método de los factores ponderados, se realizó un análisis de criticidad de las máquinas con las que cuenta actualmente la empresa GARCIA VEGA S.A.S. tanto en la seccional centro como en la seccional Girón, con el fin de identificar las máquinas críticas y medianamente críticas a las cuales tendría sentido incluir dentro del sistema de información propuesto. Aproximadamente el 95% de las máquinas fueron clasificadas dentro de estos dos rangos, por lo que sólo un pequeño porcentaje de equipos fueron excluidos.
- En la planta de galvanizado se elaboró un inventario del 85.5% de los equipos ( 81% críticos y 4.5% medianamente críticos), mientras que en la planta de Girón el inventario se realizó al 92.6% de los equipos (83% críticos y 9.6% medianamente críticos). Todo esto se realizó con el objetivo de llevar la información necesaria para cada una de las máquinas de manera ordenada y

con el respaldo de la norma ISO 14224. Lo anterior permitió categorizar la información dentro de una base de datos y encontrarla de manera rápida.

- Se desarrolló un sistema de información para el almacenamiento seguro y la visualización ordenada de los registros y datos concernientes a los equipos, cronogramas de mantenimiento e indicadores de gestión. Los datos necesarios para el mantenimiento operativo de los 80 equipos analizados, son accesibles por medio del módulo de equipos, en el cual se puede encontrar información acerca de hojas de vida, registros de incidencias, fichas técnicas, protocolos de mantenimiento entre otros. En este sistema de información encontramos enlazado en Excel un cronograma maestro del mantenimiento llevado a cada equipo, donde podemos observar la frecuencia de una de las actividades propuestas en el departamento, el tiempo y una categorización de estas, como por ejemplo: ajustes, cambios, controles, limpieza, revisiones, inspecciones, elaboradas con la ayuda de los encargados del área de mantenimiento. Por último será posible que el departamento administrativo de la empresa analice la gestión del mantenimiento, en el módulo de indicadores de gestión.
- Fue necesario dividir el proceso de producción de las dos seccionales en orden de computar los diferentes indicadores de gestión planteados. Para cada equipo se calculó el respectivo indicador, teniendo en cuenta el registro de las fallas ocurridas durante un año y su respectiva duración. Para las áreas con más de un equipo, se calculó un promedio y una desviación estándar con el objetivo de tener una visión general de todas las plantas. Por ejemplo, en el área de transporte y manipulación del producto (TM) correspondiente a la planta de galvanizado, se obtuvo un tiempo promedio entre mantenimientos correctivos de 267 días con una desviación estándar de 122 días, lo que nos indica que para esta área, la dispersión de éste indicador es bastante alta pues en algunos equipos el indicador puede llegar a tomar un valor de más de un año mientras que para otros puede ser de tan sólo un trimestre. Dicho indicador

presenta un comportamiento similar en otras áreas tales como: horno precalentador (perteneciente a galvanizado) y compresores de pintura (perteneciente a Girón). Los demás indicadores tienen un promedio y una desviación estándar típica (los cuales pueden ser observados en la tabla tal).

- Al ser la planta de galvanizado una línea de producción cuyas áreas funcionan en serie (dependientes una de la otra) es posible calcular una disponibilidad total multiplicando la disponibilidad obtenida en cada equipo, la cual es de 97%. Caso contrario tenemos en la planta de Girón, donde todas las áreas identificadas en el proceso de codificación son independientes y funcionan como líneas de producción en paralelo, por lo cual se hace necesario el cálculo de una disponibilidad total en cada área (mostrada en la tabla tal).
- Se hicieron las pruebas del sistema de información, se capacitó al personal de la empresa en la accesibilidad y seguridad del sistema y se concientizó de su importancia para empezar a generar una cultura de mantenimiento, que solo hasta hace 3 años inició en la empresa.
- se hizo un Análisis costo beneficio, para saber qué tan viable es realizar el proyecto en la empresa, calculando los costos en cuestión de mantenimiento preventivo y los beneficios económicos con respecto al producto en proceso, observando que la frecuencia que más se repite es bimensual y en este periodo podemos ahorrar para un escenario optimista 8.292.782 millones de pesos, en un escenario moderado nos ahorramos 13.758.459 millones de pesos y en un escenario pesimista nos ahorramos 73.880.901 millones de pesos, con respecto a estos datos, podemos afirmar que el proyecto es completamente viable y bueno para la compañía.

## 10. RECOMENDACIONES

- Para un adecuado manejo y realización del sistema de información, se requiere de una persona calificada en la planeación y programación de actividades de mantenimiento, que este encargada de llevar la información de manera digital para poder tener la base de datos al día de forma periódica.
- En la base de datos se debe llevar información confiable que permita tomar las decisiones correctas.
- Un plan de mantenimiento debe estar en mejora continua y es pertinente para poder tomar decisiones con producción y llegar a múltiples acuerdos.
- Este programa en ACCESS es una herramienta inicial para llevar una correcta planificación del mantenimiento y la evaluación de su gestión, en donde se hace necesario continuar con su desarrollo y poder seguir con un sistema de información más robusto que le permita a la empresa hacer más medible los indicadores en todas las áreas de la compañía.
- Es necesario que la empresa haga una inversión en la compra de odómetros para las diferentes máquinas, y así poder optimizar los tiempos muertos poder saber realmente las horas trabajadas por cada equipo, llevando informes y teniendo análisis estadísticos confiables que me ayuden a evaluar criticidad, disponibilidad y análisis costo beneficio, para poder tomar decisiones con respecto a compra de más máquinas.

## BIBLIOGRAFÍA

BORRAS PINILLA, Carlos. Ingeniería de mantenimiento Material Docente Profesor Asociado-septiembre 12 del 2011.

HIRANO, Hiroyuki. Five Pillars of the Visual on the Visual Workplace. Pags 54-68.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION NORMA ISO 14224 Industrias de petróleo y gas natural -Recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos [en línea] disponible en: <https://es.scribd.com/doc/45285559/ISO-14224>.

MANTENIMIENTO PLANIFICADO [en línea] Disponible en: <http://www.mantenimientoplanificado.com/>.

MOBLEY, Keith. Manteinance Engineering Handbook. 7th Edition. McGRAW-HILL. Págs 184-207.

SUZUKI, Tokutaru. TPM en industrias de Proceso. 1ra Edition. Pags 105-165.

TARQUÍN, Anthony. Ingeniería Económica. Sexta Edición. McGRAW-HILL. Pags 288-324.