

**MAESTRÍA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

Cotitulada y en modalidad semipresencial



**TEMA DE TESIS:**

**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTION DEL  
MANTENIMIENTO EN PLANTA INDUSTRIAL DE INGENIO EL ÁNGEL**

**UNIVERSIDAD DON BOSCO, UDB**

VICERRECTORÍA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA JOSÉ SIMEÓN CAÑAS, UCA

DECANATO DE POSTGRADOS

**PERFIL DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

PARA OPTAR AL GRADO DE MAESTRO EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
INDUSTRIAL

**Modalidad: Proyecto de Investigación**

**Presentado por:**

German Atilio Molina Ortiz

Eduardo Josué Sandoval Flores

Víctor Hernán Tenorio Garay

**Junio 2019**

## INDICE

<b>I.</b>	<b>RESUMEN.....</b>	<b>5</b>
<b>II.</b>	<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>9</b>
<b>III.</b>	<b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>10</b>
<b>IV.</b>	<b>HIPOTESIS QUE RESPONDER A LA INVESTIGACION.....</b>	<b>10</b>
<b>V.</b>	<b>CONTENIDO DE CADA CAPITULO.....</b>	<b>12</b>
<b>VI.</b>	<b>DEFINICIONES .....</b>	<b>13</b>
<b>VII.</b>	<b>ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>15</b>
	<b>CAPITULO 1. ANÁLISIS DE CRITICIDAD (AC) DE EQUIPOS, BASE DEL PLAN ESTRATÉGICO DE MANTENIMIENTO .....</b>	<b>22</b>
1.1	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	22
1.2	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LA PLANTA .....	24
1.3	SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO .....	29
1.4	ORGANIGRAMA.....	30
1.5	ESTRUCTURA DE ACTIVOS (DINÁMICOS, ESTÁTICOS Y AUTOMATISMO) .....	30
1.5.1	<i>Planificación, ejecución y control existente del mantenimiento.....</i>	<i>32</i>
1.5.2	<i>Políticas de gestión de activos, necesidad de enfoque estructurado ISO 55001.....</i>	<i>33</i>
1.6	DESCRIPCIÓN DE METODOLOGÍA ANÁLISIS DE CRITICIDAD. ....	39
1.6.1	<i>Matriz de Criticidad.....</i>	<i>39</i>
1.6.2	<i>Ponderación por niveles de criticidad.....</i>	<i>39</i>
1.7	JUSTIFICACIÓN Y APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SELECCIONADA DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD.....	40
1.7.1	<i>Definición de Variables.....</i>	<i>40</i>
1.7.2	<i>Ponderación de las alternativas.....</i>	<i>42</i>
1.8	JERARQUIZACIÓN FINAL DE LOS EQUIPOS POR ÁREAS DEL PROCESO.....	43
	<b>CAPITULO 2. ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO, BASE DEL PLAN TÁCTICO DE MANTENIMIENTO.....</b>	<b>44</b>
2.1	PLANTEAMIENTO DE LOS OBJETIVOS ESTRATÉGICOS DE LA ORGANIZACIÓN.....	45
2.2	PLANTEAMIENTO DE LOS OBJETIVOS OPERACIONALES DEL MANTENIMIENTO. ....	45
2.3	DEFINICIÓN DEL ALINEAMIENTO DE OBJETIVOS ORGANIZACIONALES CON OBJETIVOS OPERACIONALES DE MANTENIMIENTO EN BASE A UN CUADRO DE MANDO INTEGRAL. ....	46
2.4	DEFINICIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO EN ACTIVOS CRÍTICOS .....	47
2.5	DEFINICIÓN DE INDICADORES QUE PERMITAN EVALUAR EL DESEMPEÑO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO .....	48
2.6	ESTABLECER AUDITORIAS DE EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.....	49
2.7	ESTABLECER PLANES DE MEJORA CONTINUA. ....	52
	<b>CAPITULO 3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA GMAO , COMO HERRAMIENTA DE REGISTRO Y CONTROL.....</b>	<b>59</b>
3.1	SISTEMAS INFORMÁTICOS SOFTWARE PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO .....	59
3.2	CRONOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO EN LA PLANTA .....	62
3.3	RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	65

3.3.1	<i>Metodología de la recopilación de datos</i>	65
3.3.2	<i>Inventario y codificación de activos</i>	66
3.3.3	<i>Definición de la conexión de información entre procesos de mantenimiento</i>	67
3.4	CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL SOFTWARE	68
3.5	ARQUITECTURA DEL SOFTWARE	68
3.5.1	<i>Catálogos</i>	69
3.5.2	<i>Procesos</i>	69
3.5.3	<i>Reportes</i>	70
3.6	RESULTADOS Y BENEFICIOS DE LA GMAO	71
<b>CAPITULO 4. INFLUENCIA DEL MANTENIMIENTO EN LA RENTABILIDAD DE LA EMPRESA.</b>		<b>72</b>
4.1	COSTOS Y AHORRO ANUAL DEL MANTENIMIENTO	73
4.1.1	<i>Costos directos o variables (visibles)</i>	77
4.1.2	<i>Costos indirectos o fijos (rechazos, reprocesos, horas-hombre no directas)</i>	77
4.1.3	<i>Costos ocultos (perdida de contribución). para identificar costos ocultos, se debe identificar algún tipo de normalización, criterio o medición, que establezca un patrón para el adecuado beneficio de todos los recursos.</i>	85
4.1.4	<i>Costos de oportunidad (mejoras, ahorros, mejor productividad).</i>	85
4.1.5	<i>Presupuesto de mantenimiento.</i>	86
4.2	VALOR DEL CICLO DE VIDA (LCC) DE LOS EQUIPOS CRÍTICOS Y EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PROBABILIDAD DE FALLA.	89
4.3	EVALUANDO LA CONTRATACIÓN O TERCERIZACIÓN.	92
4.3.1	<b><i>Requisitos mínimos para contratistas externos</i></b>	93
4.3.2	<i>Análisis de los procesos susceptibles de ser tercerizados.</i>	94
4.4	AFECTACIÓN EN EL ESTADO DE RESULTADOS ANUAL POR LOS COSTOS DE FALLA	96
4.5	EFFECTOS EN LA RENTABILIDAD CON LA MEJORA EN DISPONIBILIDAD, CONFIABILIDAD, OPERATIVIDAD DE LOS EQUIPOS Y EL MANEJO DE INVENTARIO DE MATERIALES Y REPUESTOS.	107
<b>CAPITULO 5. DESARROLLO CASO DE ANÁLISIS.</b>		<b>112</b>
5.1	JUSTIFICACIÓN ELECCIÓN DE EQUIPO CRÍTICO.	112
5.2	CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DE SGM.	113
5.3	EJEMPLO DE APLICACIÓN DEL RCM AL SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACIÓN DE UNA CALDERA BAGACERA DE ALTA PRESIÓN.	114
5.3.1	<b><i>Descripción</i></b>	114
5.3.2	<i>Contexto de Sistema de Bombeo.</i>	117
5.4	IMPLEMENTACIÓN DEL RCM EN SISTEMA DE BOMBEO DE ALTA PRESIÓN.	124
5.4.1	<i>Implementación de AMFE.</i>	127
5.5	COSTOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	131
5.6	INDICADORES	132
<b>VIII.</b>	<b>CONCLUSIONES.</b>	<b>133</b>
<b>IX.</b>	<b>REFERENCIAS.</b>	<b>135</b>
<b>X.</b>	<b>ANEXO I. NOMENCLATURA.</b>	<b>136</b>
<b>XI.</b>	<b>ANEXO II. TABLAS, GRAFICAS Y FIGURAS</b>	<b>138</b>

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Ingenio El Ángel**, por habernos financiado y brindado la oportunidad de completar el grado de Maestría en Gestión de Mantenimiento Industrial, así como la ayuda desinteresada que nos dieron varias personas del personal técnico y administrativo, con valiosa información durante el desarrollo de esta.

**A nuestro Director de Tesis Marc Gardella**, quien con su amplio conocimiento y experiencia en los temas de mantenimiento industrial supo orientarnos adecuadamente en el desarrollo de este trabajo.

**A nuestras esposas e hijos**, por la abnegación mostrada durante las largas jornadas presenciales y las horas dedicadas a cumplir con las exigencias de cada asignatura, que indudablemente restaron horas de convivio familiar, a pesar de ser tan pocas por las responsabilidades demandadas por nuestros empleos.

**A todo el personal docente y administrativo de esta maestría**, por su alto nivel profesional y de experiencia manejado, que nos encausaron, actualizaron y ayudaron para realizar una gestión efectiva en el vasto campo del mantenimiento industrial.

**A todas los parientes y amigos**, que de una u otra forma nos alentaron a concluir con el reto que representó el finalizar esta maestría.

## **I. RESUMEN**

El presente trabajo está enfocado en mostrar los avances alcanzados hasta la fecha del diseño e implementación de un sistema de mantenimiento, como también; establecer los lineamientos de las metodologías que aún no han sido implementadas para lograr la optimización de la disponibilidad de los equipos en la planta, tomando como base la estructura organizacional de la ISO 55001, donde se especifican las metodologías a cumplir para una gestión idónea del mantenimiento.

Los avances logrados en la empresa sobre la implementación de un sistema de gestión del mantenimiento han sido significativos, teniendo como base inicial la identificación de los activos bajo un patrón de codificación. De igual manera, el manejo de un software de mantenimiento “diseñado en casa” acoplado a las necesidades, con la funcionalidad de generar y dar seguimiento a las órdenes de trabajo de cada proceso y servicio de la planta, teniendo la capacidad de medir los costos de mano de obra, repuestos y consumibles utilizados en las intervenciones de mantenimiento, estructurado en planes de mantenimiento con actividades específicas, frecuencias, tiempos de ejecución y asignación de personal.

Es importante aclarar, que pese a los avances en la implementación del sistema de gestión del mantenimiento queda en evidencia que falta mucho por hacer, ya que no se cuenta con la data suficiente para el cálculo de indicadores claves; tiempo medio entre fallas, reparación y disponibilidad, análisis de causa raíz, costos, etc. Por lo que el siguiente documento servirá de guía, tomando como caso de estudio la aplicación de diferentes metodologías en un equipo que requiere de un análisis por su ponderación en criticidad.

El mejoramiento de la confiabilidad está ligado a una serie de factores importantes que inciden sobre todo en el funcionamiento de los equipos; lo que hace importante definir que equipos son más críticos que otros y cuáles son los criterios que se deben utilizar para dicha evaluación. El contenido de nuestra investigación inicia desde el desarrollo de una metodología de análisis de criticidad, con la finalidad de generar un listado ponderado numéricamente de equipos desde los menos críticos a los más críticos del total de tres áreas claves que conforman la planta: Alimentación de caña y molienda, cogeneración y fabrica. Las variables y criterios para realizar el análisis de criticidad fueron seleccionados en consenso por el personal técnico encargado de cada área en estudio, dichas variables se relacionan con una ecuación matemática que genera una

ponderación numérica para cada equipo evaluado. El resultado final está dividido por 5 rangos de ponderación. Baja, moderada, media, alta y crítica.

Definido cuales son los equipos críticos, se selecciona un componente del área de cogeneración “*Bomba de inyección #2 de caldera HPB*”, sistema de bombeo compuesto por un motor eléctrico y una bomba multi etapa de alta presión, vital para el funcionamiento constante de la caldera, y la que se tomara de referencia para aplicar la metodología AMFE (Análisis de Modos de Fallos y Efectos). Analizando el sistema hasta nivel de sus componentes, determinando las fallas, causas y efectos dependientes de los modos de fallo previstos en el análisis.

Los resultados de fallos más sobresalientes son la base fundamental para la estructuración de los planes de mantenimiento preventivo y predictivo que se componen de actividades de manutención definidas con frecuencia y tiempos de ejecución. Por tanto; la implementación de un mantenimiento detallado y con sustentación de análisis genera mejoras en la disponibilidad del sistema de bombeo, se presentan los costos involucrados de mano de obra, repuestos y consumibles necesarios para la manutención preventiva.

Por otra parte, se presenta un ejercicio con datos históricos retomados del Sistema de Control de Mantenimiento, para calcular los indicadores principales. Tiempo medio entre falla, tiempo medio de reparación y disponibilidad.

## **I. SUMMARY**

The present work is focused in showing the advances reached until the date of the design and implementation of a maintenance system, as well; establish the guidelines of the methodologies that have not yet been implemented to achieve the optimization of equipment availability in the plant, based on the organizational structure of ISO 55001, where the methodologies to be met are specified for proper management of maintenance .

The advances made in the company on the implementation of a maintenance management system have been significant, having as an initial basis the identification of assets under a coding pattern. Similarly, the management of maintenance software "designed at home" coupled with the needs, with the functionality to generate and monitor the work orders of each process and service of the plant, having the ability to measure costs of labor, spare parts and consumables used in maintenance interventions, structured into plans with specific activities, frequencies, execution times and personnel allocation.

It is important to clarify that, in spite of the advances in the implementation of the maintenance management system, it is evident that there is still a lot to do, since there is not enough data to calculate key indicators; Mean time between failures, repair and availability, root cause analysis, costs, etc. Therefore, the following document will serve as a guide, taking as a case study the application of different methodologies in an equipment that requires analysis due to its importance in criticality.

The improvement of reliability is linked to a series of important factors that mainly affect the operation of the equipment; what makes it important to define which equipment are more critical than others and what are the criteria that should be used for said evaluation. The content of our research starts from the development of a criticality analysis methodology, in order to generate a numerically weighted list of equipment from the least critical to the most critical of the total of three key areas that make up the plant: Feeding cane and grinding, cogeneration and sugar factory. The variables and criteria for carrying out the criticality analysis were selected in consensus by the technical personnel in charge of each area under study. These variables are related to a mathematical equation that generates a numerical weighting for each evaluated equipment. The result is divided by 5 weighting ranges. Low, moderate, medium, high and critical.

Once the critical equipment has been defined, a component of the cogeneration area "HPB boiler injection pump # 2" is selected, a pumping system consisting of an electric motor and a multi-stage high pressure pump, vital for the constant operation of the boiler, and the one that will be taken as reference to apply the AMFE methodology (Analysis of Fault and Effect Modes). Analyzing the system up to the level of its components, determining the faults, causes and effects dependent on the modes of failure foreseen in the analysis.

The most outstanding failure results are the fundamental basis for the structuring of preventive and predictive maintenance plans that are composed of frequently defined maintenance activities and execution times. So; the implementation of a detailed maintenance and analysis support generates improvements in the availability of the pumping system, the costs of labor, spare parts and consumables necessary for preventive maintenance are presented.

On the other hand, an exercise is presented with historical data taken from the Maintenance Control System, to calculate the main indicators. average time between failure, average repair time and availability.

## II. INTRODUCCION

Ingenio El Ángel es una empresa ubicada en el sector de Apopa, San Salvador. Es productora de 4 tipos de azúcares: cruda, blanco sulfitado, blanco superior y refino; y la melaza que es un producto residual del proceso de la fabricación del azúcar. Además, se genera energía eléctrica utilizando como materia prima el bagazo de la caña. El proceso dentro de la planta industrial inicia con la recepción de la caña y sigue a las siguientes áreas: Alimentación de caña y molienda, generación de energía (Sistema de Alta y Baja presión de vapor), proceso de fabricación de azúcar, jugo a sulfitación y encalado, clarificación, evaporación, cristalización y producto terminado.

En el transcurrir de los años, el ingenio ha tomado un rumbo de mejora continua, invirtiendo en la ejecución de proyectos de gran envergadura, cambiando y construyendo equipos para fábrica y generación (*Calderas y Turbogeneradores a vapor de alta presión*), activos con sistemas novedosos estableciendo estándares de competitividad en producción y calidad. En consecuencia, el crecimiento de molienda, producción de azúcar y energía es cada vez más demandante, volviéndose imprescindible la necesidad de una reingeniería en el mantenimiento ante dicho crecimiento.

El rápido e importante desarrollo que refleja nuestra industria nos indica que es de mucha importancia tomar metodologías como las sustentadas en el trabajo de tesis; que muestren los indicadores para la correcta implementación de un Sistema de Gestión del Mantenimiento.

Dentro de la investigación se plantean una serie de estrategias alineadas para incrementar la disponibilidad, a través del mantenimiento idóneo de los equipos de toda la planta compuesta por áreas que se caracterizan por un conjunto de activos que conforman un proceso de producción y generación. Por lo tanto; será necesario contar con la clasificación de los equipos según su criticidad, para crear el cuadro de mando y control para cada una de las metodologías de mantenimiento.

Hasta la fecha se han implementado diferentes pasos para la estructuración de un Sistema de Gestión del Mantenimiento, comenzando con la codificación de activos e implementando un software “IN HOUSE”.

### III. OBJETIVO GENERAL

*Nuestro objetivo está planteado bajo una estructura SMART. (Specific, Measurable, Attainable, Relevant and Timely).*

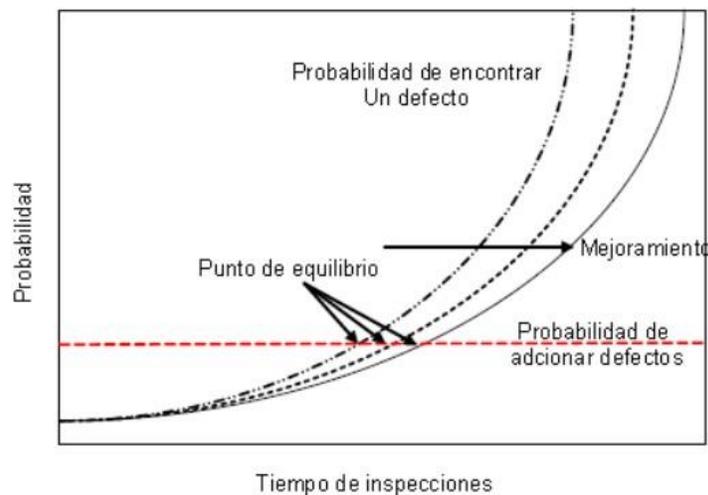
- Diseñar e implementar un Sistema de Gestión del Mantenimiento (SGM), basado en los lineamientos de la estructura ISO 55001. Permitiendo la optimización de la disponibilidad del conjunto de equipos en estudio.

### IV. HIPOTESIS QUE RESPONDER A LA INVESTIGACION

El diseño e implementación de un Sistema de Gestión del Mantenimiento pretende establecer metodologías para que los equipos operen bajo sus condiciones idóneas. Actualmente la metodología que hemos conservado es utilizar el mantenimiento para prevenir el fallo de los activos, pero no siempre se hacen análisis que evalúen la eficiencia y funcionalidad basados en indicadores claves que generen información estratégica para la debida intervención.

A continuación, se describen los supuestos de nuestra investigación.

- A una mejor implementación del mantenimiento preventivo, menor número de paradas en los equipos. Dando seguimiento a la cantidad de eventos de fallas presentados con sus respectivos ajustes en búsqueda del incremento en la confiabilidad, con el objetivo de alcanzar un mantenimiento de clase mundial, va perdiendo efectividad la estrategia del mantenimiento preventivo como parte de la mejora continua.



*Figura 1. Mantenimiento en la Práctica, como aplicar las teorías modernas del mantenimiento y lograr resultados, Pedro Eliseo Silva Ardila, pag. 146*

- Cuanto menos paradas se generen por fallos de equipos durante el periodo de zafra, mayor rentabilidad se genera para la empresa.
- Entre más organizado se ejecuten las actividades de mantenimiento, la eficiencia en tiempo aumenta significativamente.

**HIPOTESIS:**

- Con la disminución de los tiempos de reparación en el mantenimiento, aumentara la disponibilidad en mano de obra; disminuyendo contrataciones externas.
- La disminución de los tiempos perdidos por falla de equipos (MDT), aumentará la disponibilidad de los equipos de la planta.

## V. CONTENIDO DE CADA CAPITULO.

### **Capítulo I. Análisis de criticidad (ac) de equipos, base del plan estratégico de mantenimiento:**

Como parte inicial se describe el proceso de producción de la caña, desde el tratamiento en campo y recepción en el ingenio, hasta el producto final como tal. Así mismo, se muestra la estructura organizacional de la empresa para comprender como se conforma la jerarquía en cada uno de los departamentos en la empresa.

El punto de interés de este capítulo es el análisis de criticidad, elaborado bajo una plantilla de matriz compartido en las asignaturas impartidas en el transcurso de la maestría, que sirve de base para la definición de variables acordes a la industria, teniendo como resultado los equipos críticos que componen la planta.

### **Capítulo II. Estrategia para la Implementación del Plan de Mantenimiento, Base del Plan Táctico de Mantenimiento:**

En este capítulo se plantean los objetivos estratégicos y operacionales del mantenimiento en la organización, seguido del cuadro de mando integral conformado por los objetivos principales para el desarrollo del trabajo, estableciendo las metodologías de medición y los planes de mejora continua para lograr lo establecido.

### **Capítulo III. Diseño e implementación de una GMAO, como herramienta de registro y control:**

Se detalla la evolución de la implementación del software de mantenimiento en la empresa y se describe la arquitectura y logística diseñada para dar seguimiento a las órdenes de trabajo y almacenamiento de información idónea para la estructuración de indicadores claves como parte de la implementación del Sistema de Gestión del Mantenimiento.

### **Capítulo IV. Influencia del Mantenimiento en la Rentabilidad de la Empresa:**

En este capítulo se describen conceptos asociados a los costos de mantenimiento y los efectos en la rentabilidad producidos por una buena gestión del mantenimiento que mejora la disponibilidad, confiabilidad y operatividad de los equipos. También; se detallan los costos activos corriente, no corriente, pasivo y patrimonio, análisis y estado de resultados de la empresa.

### **Capítulo V. Desarrollo caso de análisis:**

El caso de análisis se basa en la selección de un equipo crítico resultado de la matriz de criticidad detallada en el Capítulo I. teniendo definido dicho activo se pondrán en práctica los indicadores claves detallados en el Capítulo II, donde se toma como referencia datos hipotéticos, ya que hasta la actualidad no contamos con data histórica de una zafra completa. Posteriormente se aplicará la metodología de análisis RCM, detallando a todos los componentes del equipo los modos de fallo, causas y efectos con el cuadro de análisis AMFE.

Con los resultados obtenidos se presentan los planes de mantenimiento para cada elemento, definiendo las actividades con frecuencias y tiempos de ejecución, asignando a cada actividad los costos por mano de obra, repuestos y consumibles.

## VI. DEFINICIONES

- **Costo de mantenimiento:** Es el precio pagado por concepto de las acciones realizadas para conservar o restaurar un bien o un producto a un estado específico.
- **Mantenimiento:** es preservar las funciones del equipo de una planta para los requerimientos de su actual contexto operacional.
- **Activos Dinámicos:** son los que imparten, reciben o transforman el movimiento en virtud de accionar distintos órganos de trabajo en las maquinas.
- **Equipo Giratorio:** Se caracterizan por el movimiento de rotación de los impulsores o rotores. La fuerza dinámica está en función del eje de masas, la velocidad de la rotación y la magnitud del desplazamiento.
- **Equipo Reciproco:** Son aquellos los cuales consisten en un pistón moviéndose en un cilindro que interactúa con un fluido a través de la rotación de un cigüeñal.
- **Activos Estáticos:** Son un elemento individual que forma parte de un sistema, el equipo estático puede estar estructurado por un conjunto de componentes, como, por ejemplo, recipientes de presión, dispositivos de alivio, tuberías, calentadores, tanques de almacenamiento, silos, entre otros.
- **Activos con Automatismo:** Son los equipos que su funcionamiento se basa en el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para fines industriales, que incluye sensores, transmisores de campo, sistemas de control y supervisión, sistemas de transmisión y recolección de datos y aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.
- **Mantenimiento Correctivo:** Es el conjunto de actividades de reparación y sustitución de elementos deteriorados por repuestos que se realizan cuando aparece el fallo.

- **Mantenimiento Preventivo:** Es un sistema de mantenimiento con un conjunto de actividades de revisión y reparación programadas en tiempo y mano de obra, como también inspecciones regulares y pruebas de funcionamiento.
- **Mantenimiento Predictivo:** es el conjunto de actividades programadas de seguimiento y diagnóstico continuo (monitorización) de un sistema, que permiten una intervención correctora inmediata como consecuencia de la detección de algún síntoma de fallo.
- **Mantenimiento Productivo Total TPM:** Es el sistema en la que el propio usuario realiza pequeñas tareas de mantenimiento como: implementación de reglas, inspección, sustitución de pequeñas cosas, etc., facilitando al jefe de mantenimiento la información necesaria para que luego las otras tareas se puedan hacer mejor y con mayor conocimiento de causa.
- **Mantenimiento RCM. (Reliability Centred Maintenance):** Es el mantenimiento centrado en la confiabilidad, donde se implementan metodologías para el desarrollo de un plan de mantenimiento basado en el análisis de falla.
- **Life Cycle Cost. LCC. (Costo de Ciclo de Vida):** es una herramienta sistemática que permite establecer de una manera estructurada los costos asociados con el diseño, instalación, operación, mantenimiento y disposición final de los sistemas, equipos y componentes.
- **Lean Manufacturing:** Es más bien una filosofía que busca la mejora continua y la eliminación de actividades que no aportan valor o despilfarros, involucrando a todo el personal para lograrlo.
- **Gestión de Activos:** Actividades coordinadas de una organización para generar valor desde sus activos (Mejorar la productividad y la Rentabilidad).
- **Sistema de Gestión de Activos:** Conjunto de elementos interrelacionados y que interactúan, para el establecimiento de la política y los objetivos de la Gestión de Activos, y los procesos para alcanzar o lograr dichos objetivos.

## **VII. ESTADO DEL ARTE**

El objetivo principal del estado del arte es presentar las metodologías utilizadas para la gestión del mantenimiento desde la perspectiva de otras fuentes que presentan casos de investigación novedosos y centrado en la disponibilidad de los equipos.

### **ANALISIS DE CRITICIDAD**

Como parte inicial se presenta el análisis de criticidad utilizando la plantilla matriz, promovido en uno de sus módulos de enseñanza por parte de PRUFTECHNICK.

Determinar cómo de crítico es una máquina es muy importante para definir el plan estratégico de mantenimiento, conocer los recursos humanos y materiales consumidos por dichas máquinas y calcular de forma correcta el ROI de la inversión y gasto en mantenimiento de dicha máquina. Dicho de otra forma, el análisis de criticidad son los cimientos de la edificación del curso, ya que se establece las etiquetas de poco crítico a muy crítico, dando una herramienta muy sólida al usuario del presente curso a tomar decisiones correctas en los siguientes pasos.

Como objetivo primordial es dar a conocer el cálculo de criticidad de máquinas por medio de variables intrínsecas y extrínsecas de la máquina, cómo afectan cada una de ellas y como se traduce en un valor de criticidad. El examen exhaustivo que pasan las máquinas para el cálculo de criticidad se traduce en una orientación cualitativa, ya que la gran cantidad de sectores y tipologías de máquinas ubicadas en entornos distintos hace inviable presentar una ponderación de las variables de criticidad para cada caso. Por tanto, en el presente módulo se escoge la modalidad de tabla guía ponderada que sirve para agrupar la mayoría de los sectores y tipologías de máquinas mencionadas para agrupar las variables más relevantes que se encuentran, siendo objeto del usuario escoger los tipos de variables que le afectan y mediante las tablas preparadas calcular la criticidad de las máquinas que gestiona.

## CUADRO DE MANDO INTEGRAL

El cuadro de mando integral que se toma de referencia es el (Balanced Scorecard – BSC), propuesto por (Kaplan y Norton, 1992) es un modelo que traduce la misión de una unidad de negocio y la estrategia en un conjunto de objetivos y medidas cuantificables en torno a cuatro perspectivas. Financiera, cliente, procesos internos y el aprendizaje y crecimiento.

	<b>Estrategia de Objetivos</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Metas</b>	<b>Planes de Acción</b>	<b>Perspectiva</b>
Misión y Estrategia					Financiero
					Cliente
					Procesos internos
					Aprendizaje y crecimiento

**Figura 3.2** Cuadro de mando integral (*The Balanced Scorecard – BSC*)

(Carlos Alberto Parra Márquez, Segunda Edición, 2015)

Cuando el enfoque BSC se aplica a la gestión del mantenimiento, esto requiere de un proceso que consta por lo general de los siguientes pasos (Tsang, 1998):

**Paso 1.** Formula la estrategia para la operación de mantenimiento. consideremos aquí opciones estratégicas como el desarrollo de cierta capacidad en la empresa, la contratación de servicios de mantenimiento, la potenciación de operadores de primera línea para el mantenimiento autónomo o la aplicación de mantenimiento basado en la condición.

**Paso 2.** Poner en práctica la estrategia. La estrategia de mantenimiento se traduce en objetivos de largo plazo. Los indicadores clave de rendimiento (KPI) que se consideren pertinentes se incluirán en el BSC estableciendo sus objetivos.

**Paso 3.** Desarrollar planes de acción. Estos son los medios para conseguir llegar a los fines estipulados en los objetivos establecidos en el paso (2), teniendo en cuenta los cambios en la

infraestructura de apoyo de la organización, tales como la estructuración de los trabajos de mantenimiento, los sistemas de gestión de la información, la recompensa y el reconocimiento, los mecanismos de asignación de recursos, etc;

**Paso 4.** Revisión periódica del rendimiento y la estrategia. Se realizará el seguimiento y se investigaran las relaciones casuales entre las medidas, que se validaran a intervalos definidos. (Carlos Alberto Parra Márquez, Segunda Edición, 2015)

## **INDICADORES.**

Es de mucha importancia la definición de indicadores claves para la toma de decisiones que generen mejoras significativas. En el siguiente apartado se describen algunas sugerencias:

- El papel de los indicadores clave de rendimiento debería ser la visión y predicción de futuro, en lugar del registro del pasado;
- Los indicadores deben utilizarse para proporcionar información, fomentar el entendimiento y la motivación, más que como una herramienta para el control de la gestión de arriba hacia abajo;
- Orientar esfuerzos hacia un pensamiento sistémico, hacia el cambio estructural fundamental y el aprendizaje organizacional, en lugar de hacia la fijación de objetivos sin sentido, la continua lucha contra los incendios o la rigurosa asignación de culpa;
- Asegurar que los indicadores clave de rendimiento son un marco para que todos entiendan y se alinean con los objetivos de máximo nivel de la organización y que puedan participar activamente y con entusiasmo en la mejora continua.

A continuación, se presentan el conjunto de indicadores claves a ser considerados dentro de un cuadro integral de mando del área de mantenimiento:

- **MTTF (TPO):** mean time to failure (tiempo promedio operativo hasta el fallo), unidad: tiempo (horas, días, semanas, meses etc.);
- **FF:** Frecuencia de fallos, unidad: fallos/tiempo (fallos/me, fallos/año, etc);
- **MDT (TPFS):** Mean down time (tiempo promedio fuera de servicio), unidad: tiempo (horas o días);
- **CIF:** Costes de indisponibilidad por fallos, unidad: dinero/tiempo (dólares/mes, dólares/año, etc.);
- **D:** Disponibilidad del proceso de producción, unidad: %
- **VEA:** Valor económico agregado anual (nivel de ganancias), unidad: dinero/tiempo (dólares/año).

## **AMFE (Análisis de modos de fallos y efectos):**

El análisis de los Modos de Fallo y Efecto es la herramienta principal del RCM para optimizar la gestión de mantenimiento en una organización determinada ya que ayuda a responder las primeras cinco preguntas básicas del RCM.

*(Woodhouse, 1996).*

El AMFE es un método sistemático que permite identificar los posibles modos de fallos en función a su contexto operacional. A partir del análisis realizado por los grupos de trabajo RCM a los distintos activos en su contexto operacional, se obtiene la información necesaria para prevenir las consecuencias y los efectos de los posibles fallos a partir de la selección adecuada de las actividades de mantenimiento. Estas actividades se eligen de forma que actúen sobre cada modelo de fallo y sus posibles consecuencias.

Es importante recalcar que el grupo de trabajo que realiza los modos de fallo debe buscar la siguiente información:

- Listas genéricas de modos de fallo
- Personal de operación y /o mantenimiento que haya tenido una larga asociación con el activo.
- Registro e historiales técnicos existentes del activo.
- Fabricantes y vendedores de activos.
- Otros usuarios del mismo activo

A continuación se detalla un ejemplo básico del proceso de definición de los modos de fallo:

### **Función:**

1. Transferir agua del tanque a la piscina a 800 litros por minuto (+/- 100 litros por minuto), a una presión de 45 psig. (+/- 5 psig.) y a una temperatura promedio de 28 grados centígrados (+/-2 grados centígrados).

- ***Fallos funcionales (totales y parciales):***

- 1.a. No ser capaz de transferir nada de agua (fallo funcional total)
- 1.b. Transferir agua a menos 700 litros por minuto (fallo funcional parcial).

- ***Modos de fallo:***

- 1.a.1. Motor eléctrico quemado (nivel de detalle: equipo).
- 1.a.2. Eje del impulsor fracturado (nivel de detalle: parte).
- 1.a.3. Impulsor trancado por entrada de objeto extraño (nivel de detalle: parte).
- 1.a.4. Línea de succión totalmente bloqueada (nivel de detalle: parte).
- 1.a.5. etc.

## **TIPOS DE MANTENIMIENTO**

### **Mantenimiento correctivo:**

Este sistema de mantenimiento resulta aplicable en todos los casos donde los fallos son inesperados o el daño del equipo no depende de el mismo, sino que ha sido afectado por el impacto de otro factor del entorno. También, para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad, tienen como inconvenientes, que el fallo puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces en el menos oportuno, debido justamente a que, en esos momentos se somete a una mayor exigencia, asimismo, fallos no detectados a tiempo, ocurridos en partes cuyo cambio hubiese resultado de escaso coste, pueden causar daños importantes en otros elementos o piezas conexos que se encontraban en buen estado de uso y conservación. Para este sistema de mantenimiento se debe disponer de un capital importante invertido en piezas de repuesto. Se debe mantener un stock con los repuestos de mayor movilidad para evitar costos innecesarios de compra de repuestos.

### **Mantenimiento preventivo:**

Este sistema de mantenimiento está encaminado a reducir el impacto de fallos durante el funcionamiento de los equipos; ya que durante este mantenimiento se procura revisar y solventar cualquier anomalía en los activos. dentro del procedimiento del mantenimiento preventivo, hay que tomar en cuenta el cuidado con realizar cambios innecesarios en las piezas de los equipos, también, saber evaluar y tomar decisión de cuando un equipo entregó su vida útil y es necesario reemplazarlo. De manera que, sino aplicamos estos criterios, podemos incurrir en costos elevados que se pueden evitar tomando las decisiones correctas.

La base de este mantenimiento es la buena planificación, que consiste en determinar las actividades a realizar para cada equipo, y agrupar dichas actividades en un lapso establecido como mantenimiento que, en nuestro caso en particular consta de 6 meses.

### **Mantenimiento predictivo:**

El mantenimiento predictivo tiene como base que, la mayoría de los fallos se producen lentamente, en algunos casos, arrojan indicios evidentes de un futuro fallo, a simple vista, o bien, mediante el monitoreo, es decir, mediante la elección, medición de algunos parámetros relevantes que representen el buen funcionamiento del equipo analizado. Por ejemplo, estos parámetros pueden ser: la temperatura, la presión, la velocidad lineal, la velocidad angular, la resistencia eléctrica, los

ruidos y vibraciones, la rigidez dieléctrica, la viscosidad, el contenido de humedad de impurezas y de cenizas en aceites aislantes, el espesor de chapas, el nivel de un fluido, etc. En otras palabras, con este método, tratamos de seguir la evolución de los futuros fallos. Este sistema tiene la ventaja que, el seguimiento nos permite contar con un registro de la historia de la característica en análisis, sumamente útil ante fallos repetitivos; puede programarse la reparación en algunos casos, junto con la parada programada del equipo y existen menos intervenciones de la mano de obra en mantenimiento.

### **Mantenimiento productivo total TPM:**

Este sistema de mantenimiento tiene como base la interacción del personal que opera un sistema y se compone de la siguiente manera:

- Mantenimiento: mantener los equipos en buen estado para una mejor eficiencia.
- Productivo: está enfocado a aumentar la productividad.
- Total: implica a la totalidad del personal (no solo al servicio de mantenimiento).

Este sistema coloca a todos los integrantes de la organización en la tarea de ejecutar un programa de mantenimiento preventivo con el objetivo de maximizar la efectividad de todas las partes. Centra el programa en el factor humano de toda la compañía, para lo cual se asignan tareas de mantenimiento que deben ser realizadas en pequeños grupos, mediante una dirección motivadora.

### **Mantenimiento centrado en la confiabilidad, RCM:**

El RCM muestra que muchas de los conceptos del mantenimiento que se consideraban correctos, son realmente equivocados. En muchos casos, estos conceptos pueden ser hasta peligrosos. Por ejemplo, la idea que la mayoría de las fallas se producen cuando el equipo envejece, ha demostrado ser falsa y los hemos vivido en ciertas ocasiones dentro de la planta. A continuación, se explican algunos conceptos derivados del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, muchos de los cuales aún no son completamente claros para algunos profesionales del mantenimiento industrial.

Es importante tener un claro conocimiento del contexto en que funciona el equipo a intervenir. Ya que en muchas situaciones nos encontramos con dos equipos con características idénticas, pero su función tiene variaciones y sus contextos de operación son totalmente diferentes. Por ello, se debe realizar, previo al análisis, un reporte con todas las condiciones de operación del equipo, disponibilidad de mano de obra y repuestos, objetivos de calidad y medio ambiente, entre otros.

### **Live Cycle Cost, lcc. (costo de ciclo de vida):**

En este proceso de optimización, existen muchas decisiones técnicas económicas que deben adoptarse, siendo de interés particular, aquellas acciones relacionadas con el mejoramiento de la confiabilidad y de la mantenibilidad de los activos. El análisis detallado de estos aspectos es muy importante, ya que tienen un gran impacto sobre el costo total del ciclo de vida del activo, e influyen en gran medida sobre las posibles expectativas para extender la vida útil de los activos a costos razonables.

Como tema de referencia muchas veces solo se considera como compra del equipo, y los costos de instalación. Es fundamental el criterio del comprador en este caso, ya que, si se considera el “costo de ciclo de vida” del equipo a comprar, podemos encontrar la mejor solución y obtener ahorros significativos a corto o largo plazo.

### **Lean manufacturing:**

El Lean se compone de una serie de principios, conceptos y técnicas diseñadas para eliminar el despilfarro y establecer un sistema de producción eficiente, justo a tiempo, que permite realizar entregas a los clientes de los productos requeridos, cuando son requeridos, en la cantidad requerida, en la secuencia requerida y sin defectos.

El lean se conforma de algunos conceptos:

**Valor añadido:** cualquier proceso capaz de cambiar la idoneidad, forma o función del producto o servicio, en línea con los requisitos del cliente.

**No valor añadido pero necesario:** actividad inevitable con la tecnología o los métodos actuales. Este tipo de tareas no incrementan el valor del producto, pero añaden coste o tiempo.

**Despilfarro:** El resto de las actividades sin sentido y no esenciales que no añaden valor al producto, y por las que el cliente no está dispuesto a pagar. Idealmente se pueden eliminar de inmediato.

## CAPITULO 1. ANÁLISIS DE CRITICIDAD (AC) DE EQUIPOS, BASE DEL PLAN ESTRATÉGICO DE MANTENIMIENTO



Ilustración 1. Zonificación Ingenio El Ángel

### 1.1 Descripción de la empresa

El Ingenio El Ángel S.A. de C.V. está ubicado en el municipio de Apopa del departamento de San Salvador, Kilometro 14.5 carretera a Quezaltepeque cantón Joya Galana, con un área de 975,532.94 m<sup>2</sup>.

En el Ingenio se producen 4 tipos de azúcares: cruda (a granel y embolsada), blanco sulfitado, blanco superior y refino, además de vender la azúcar, se vende la melaza, que es un producto residual del proceso de fabricación del azúcar. De todos los ingresos por ventas realizadas de los productos antes mencionados, el 54.5% corresponde al cañero y el 45.5% al Ingenio. El ingenio realizó muchas inversiones para la eficiencia energética, cambiando los equipos de generación (calderas y turbogeneradores a vapor de alta presión), y con ello se logró generar excedentes de energía que actualmente vende a la red nacional.

Ingenio El Ángel presenta dos épocas, la primera oscila de mayo a octubre, y la zafra de noviembre a abril. En el periodo de zafra (producción de azúcar), con un tiempo total de molienda de 150 días, se trabajan en tres turnos de 6:00 A.M. a 2:00 P.M de 2:00 P.M a 10:00 P.M. de 10:00 P.M. a 06:00 A.M, En época de zafra laboran 600 personas y en época de mantenimiento 450 personas.

Evolución de Ingenio El Angel

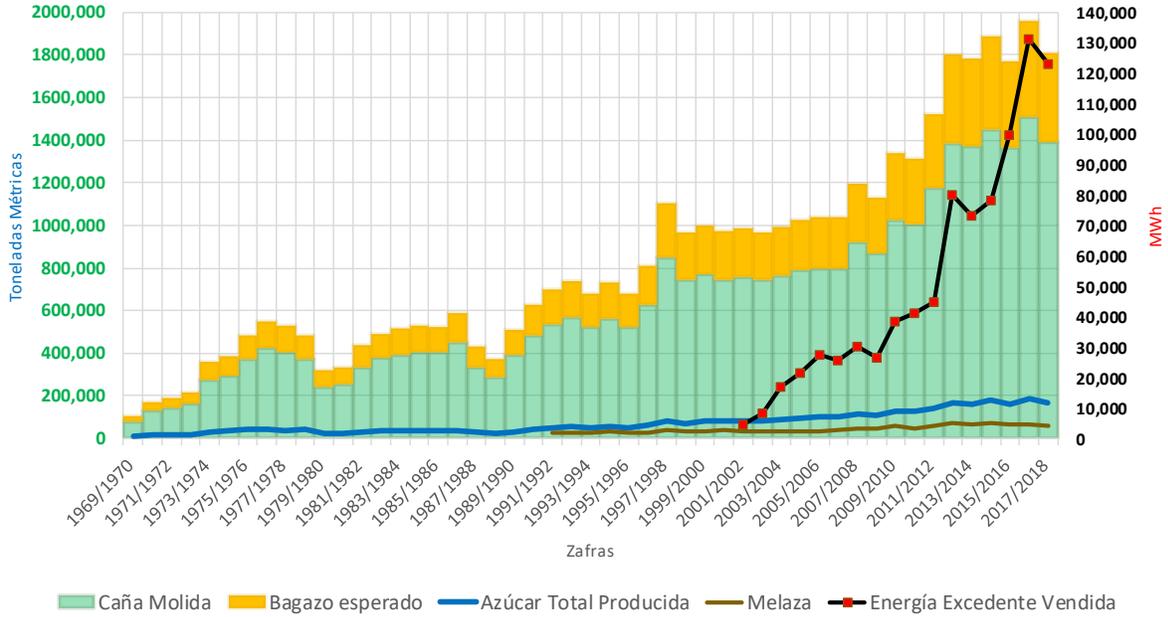


Ilustración 2. Evolución de Ingenio El Ángel, Autores de Tesis, (2018)

Tiempo Perdido por Zafras, Ingenio El Angel

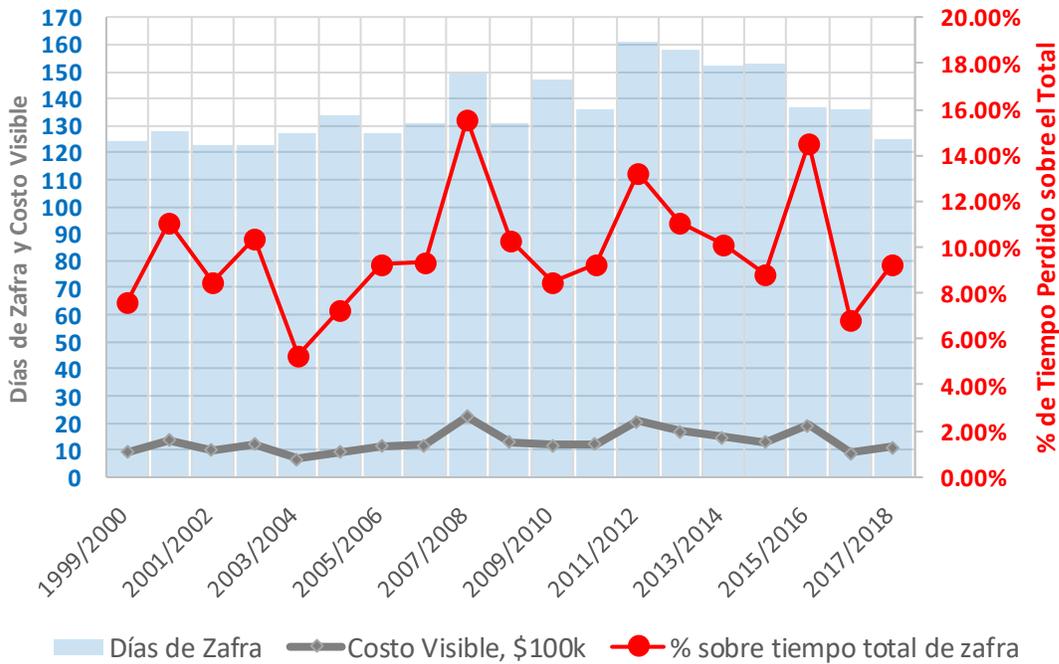


Ilustración 3. Tiempo Perdido por Zafras, Ingenio El Ángel, Autores de tesis, (2018)

## **1.2 Descripción del Proceso de la planta**

### **Recepción.**

El proceso de la fabricación del Azúcar inicia con la recepción de la caña. En ingenio El Ángel se procesan dos tipos de rozas, caña larga y caña corta, rozada manualmente y por medio de maquinaria agrícola que roza en tramos cortos y deposita la caña en los camiones transportadores. El primer paso al ingresar al ingenio es, el pesaje bruto de camiones en la báscula, para luego pasar por Core Sampler para obtener una muestra y verificación del contenido de azúcar que trae la misma.

### **Alimentación de caña y molienda.**

Consecuentemente, el camión se dirige hacia la mesa de caña, donde por medio de una “Grúa tipo Hilo”, es volcada hacia una mesa que la transporta hacia el conductor principal y la conduce hacia la picadora de caña. Posteriormente pasa la desmenuzadora para terminar de triturar la caña. Entre más desmenuzada este la caña se logrará un mejor trabajo de extracción en los molinos y se mejorará el rendimiento.

Durante este proceso solamente se realiza una fragmentación de la caña, pero sin extraer el jugo, pues no hay acción de compresión. La caña desmenuzada es transportada a través del “Conductor Principal” hacia los molinos para proceder por compresión a la extracción del jugo contenido en la caña. Este jugo mezclado, es un jugo con alto grado de suciedad, pues contiene cierta cantidad de materia extraña mineral y vegetal, por efecto del manejo sufrido por la caña durante los procesos de roza y demás manejo en campo. Contiene tierra, arena, residuos de caña y otras impurezas por lo que debe ser clarificado como parte del proceso.

### **Tratamiento de jugo.**

El Tratamiento del jugo se inicia en el sistema de sulfitación. Son equipos que trabajan mezclando el jugo de la caña con anhídrido sulfuroso mediante un sistema de eyectores, que incluye una cámara de mezcla del gas con el jugo a su paso, a alta velocidad. El anhídrido sulfuroso es obtenido mediante la combustión proveniente de un horno en el cual se quema azufre granulado. Al entrar en contacto el anhídrido con el jugo se produce la desinfección, destruyéndose los agentes patógenos, bacterias y microbios que pudiesen estar presentes en el jugo y se obtiene el enmascaramiento de sustancias que generan color en el producto final. Inmediato a la sulfitación,

se procede al ajuste del Ph del jugo, utilizando una mezcla de la miel saliendo de la fase de evaporación con lechada de cal a 10 grados baumé que se denomina sacarato de calcio. El Ph se ajusta a 6.4 a 7.00 dependiendo del tipo de azúcar que se esté produciendo, este ajuste de Ph es muy importante para evitar pérdidas de sacarosa por inversión, que es la descomposición de la sacarosa en azúcares reductores, glucosa y fructosa, dado que el Ph saliendo de los molinos es más bajo, propiciando dicha inversión.

### **Clarificación del jugo.**

Una vez que se ha desinfectado, se procede a separar la tierra, arena y demás impurezas sólidas en el jugo. Este proceso se realiza mediante sedimentación. La precipitación de las impurezas sólidas es más eficiente si es realizada en caliente, por ello, se calienta el jugo alcalizado hasta una temperatura no mayor a 221°F, pues por encima de esta temperatura se produce la destrucción de la molécula de sacarosa y simultáneamente una reacción irreversible de oscurecimiento del jugo, que originaría unos cristales de azúcar de alto color. En este proceso es importante controlar además de la temperatura, otros factores como el mencionado Ph del jugo, y el flujo que no deberá de presentar variaciones bruscas para lo cual existe un sistema de control de flujo, y la adición de un polímero floculante a base de poliacrílamida que favorece la formación de flóculos que precipitan formando la masa de cachaza.

### **Filtración de cachaza.**

La cachaza es la sedimentación extraída del jugo en el proceso de clarificación, y por estar en contacto directo, aún posee cantidades de jugo que deben ser extraídas. Este proceso se realiza en filtros de tela horizontales al vacío, donde perfectamente se separa el lodo del jugo obteniendo: Una “torta” sólida de cachaza, que por tener presencia de nutrientes de la caña es utilizada para enriquecer las tierras de los cultivos de caña.

### **Evaporación y jugo clarificado.**

El jugo clarificado pasa luego a la sección evaporación para eliminar gran parte del agua presente en el jugo. El jugo clarificado posee aproximadamente un 82-87% de agua, por efecto del trabajo de los evaporadores de múltiple efecto se logra reducir el contenido de agua al 33-40% (60-65 Brix), denominándose “meladura” a la miel concentrada que sale de los evaporadores.

## **Cristalización y Centrifugación.**

La presencia de sólidos insolubles en la meladura presenta un problema no deseado, razón por la cual, la meladura es alimentada a un equipo de filtración para minimizar este riesgo y obtener una meladura más clara que se constituya en un material que aporte significativamente a la consecución de un azúcar de buena calidad.

Para lograr la formación de los cristales de azúcar (sacarosa) se requiere eliminar el agua presente en la meladura, esto se realiza durante la cocción de las templeas en equipos llamados “tachos”, que son evaporadores de simple efecto, o cristalizadores que trabajan al vacío. En un sistema de tres templeas se producen tres tipos de masas cocida o templeas: las “A”, las “B” y las “C”. Las templeas A son las de azúcar comercial y los otros procesos internos para agotamiento que permiten recuperar la mayor cantidad posible de sacarosa, y obtener finalmente el azúcar comercial.

Para obtener las templeas C se alimenta una cierta cantidad de masilla (azúcar pulverizada) de una determinada granulometría a un tacho tipo batch, luego se alimenta miel B y se somete a concentración y crecimiento de los cristales, alimentándose continuamente miel B, hasta completar el volumen del tacho, dando como resultado el pie de semilla. Luego se completa el desarrollo de los cristales de la masa C en un tacho continuo alimentando de manera continua esta semilla, así como miel B, y descargando continuamente la masa cocida C a una concentración final de 96°Brix; esta masa C es bombeada hacia los cristalizadores verticales para terminar el proceso de agotamiento de las mieles mediante un enfriamiento lento de la misma. Para lograr la separación de los cristales presentes en la templa se emplean las centrifugas de tercera, que son del tipo continuo, equipos que permiten separar la miel de los cristales presentes en las templeas. Los cristales separados son llamados “azúcar C” y la miel separada “miel C, miel final o melaza”. Al azúcar C se adiciona agua, acompañada de agitación hasta formar una masa de 89° a 91° Brix este material recibe el nombre de magma de tercera o Magma C y es utilizado como semilla para la preparación de templeas de segunda o templeas B.

Para obtener las templeas B se alimenta una cierta cantidad de magma C o pie de magma, a un tacho tipo Batch, luego se alimenta miel A y se somete a evaporación hasta que la masa elaborada se concentra hasta aproximadamente 94-95 ° Brix.

Al llegar a esta concentración, se descarga la templa o masa cocida hacia los recibidores y alimentadores de las máquinas centrífugas. Para lograr la separación de los cristales de las mieles se emplean las centrifugas de segunda que son de tipo continuo.

Los cristales separados son llamados “azúcar B” y la miel separada “miel B”. el azúcar B es mezclado con una pequeña cantidad de agua para elaborar una mezcla llamada “magma B”, la cual es bombeada al piso de tachos para ser empleada en la elaboración de las templas A. Si hay exceso de magma, se procede a disolver el azúcar de segunda para obtener un “diluido de segunda”, el que es bombeado a los tachos para alimentar los tachos A, al mezclarse con la Meladura proveniente del proceso de evaporación, lo mismo ocurre en el caso del exceso del magma C.

Para elaborar las templas A se alimenta al tacho cierta cantidad de magma B, o pie de magma, luego se agrega meladura, y se concentra la masa hasta obtener 92-93° Brix. Al llegar a esta concentración, se descarga la templa o masa cocida hacia los recibidores y alimentadores de las máquinas centrífugas. Para lograr la separación de los cristales presentes en la templa, se emplean centrífugas de primera, que son de tipo Batch. Los cristales separados son denominados “azúcar A, que es el azúcar comercial, y la miel separada es llamada “miel A”.

### **Secado y Envasado.**

Una vez descargado de las centrifugas, se procede al secado del azúcar “A”, empleando una secadora rotativa. La humedad máxima permitida en el azúcar debe ser 0.03%. El azúcar seco es conducido hacia las tolvas de almacenamiento para su posterior envasado en sacos. Una vez envasado el producto se debe controlar el peso de los sacos para comprobar que se cumpla la norma de 50kg peso neto de azúcar por saco, luego se transportan los sacos hacia la bodega para su posterior distribución. El producto es embalado en diferentes presentaciones.



**ZAFRA**



**MANTENIMIENTO**

**Noviembre - Marzo**

**Abril - Octubre**

Ilustración 4. Periodos del Ingenio, (2018), Autores de tesis.

## ROZA, CARGADO, TRANSPORTE Y MUESTREO



### ALIMENTACION Y PREPARACION DE CAÑA



LA CAÑA ES ALIMENTADA HACIA EL MOLINO UTILIZANDO MESAS Y CONDUCTORES, QUE POSEEN UNA COMBINACION DE CUCHILLAS CORTADORAS, PICADORAS Y DESFIBRADORAS, QUE TIENEN COMO FINALIDAD ACONDICIONAR LA CAÑA PARA OBTENER MAYOR EXTRACCION DE SACAROSA EN LOS MOLINOS

### EXTRACCION DE JUGO (AREA DE MOLINOS)



LOS MOLINOS SON UNIDADES QUE CONSTAN DE 4 MASAS, POR LAS CUALES PASA LA CAÑA PARA SER EXPRIMIDA

JUGO MEZCLADO HACIA SATURACION



CALDERAS

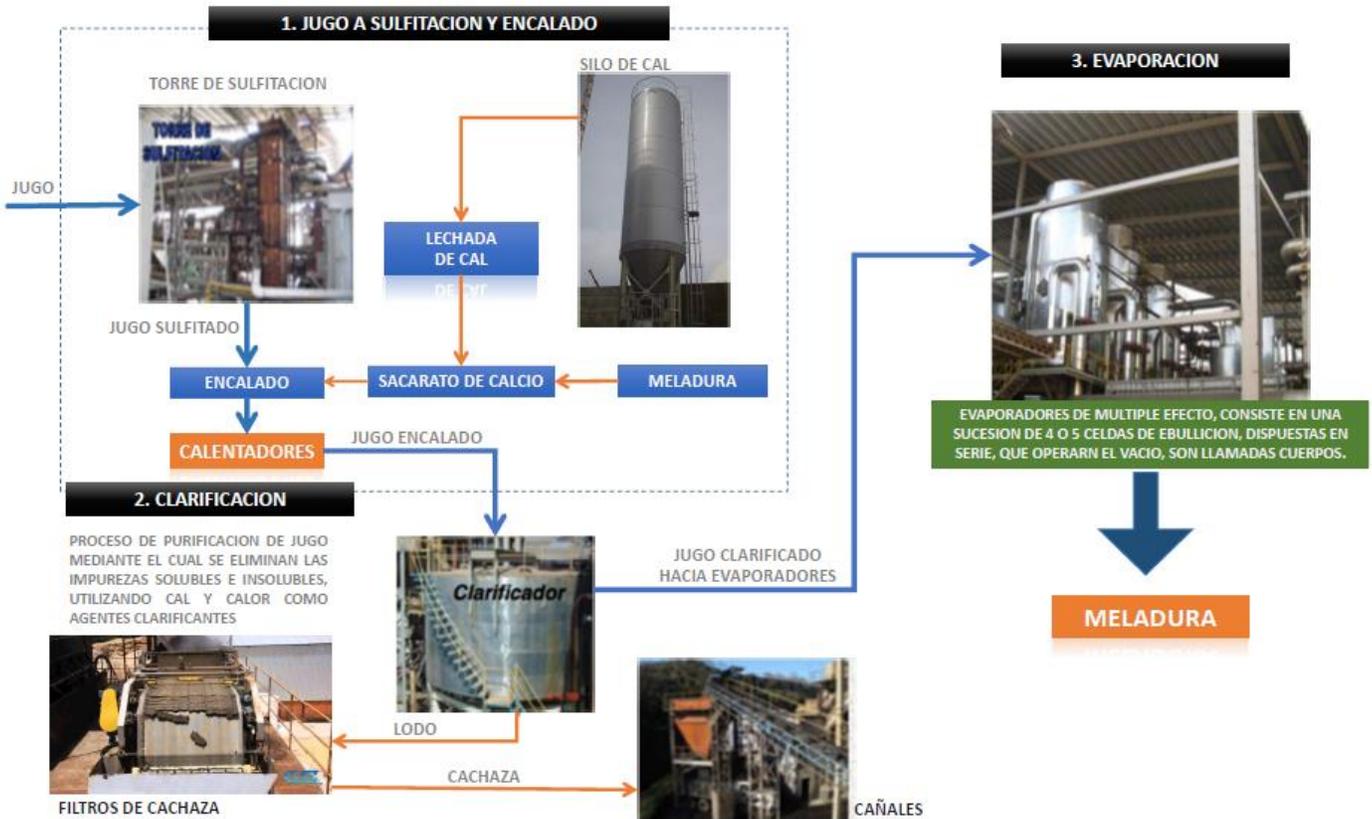


Ilustración 5. Descripción gráfica del Proceso Ingenio El Ángel, (2018), Autores de Tesis.

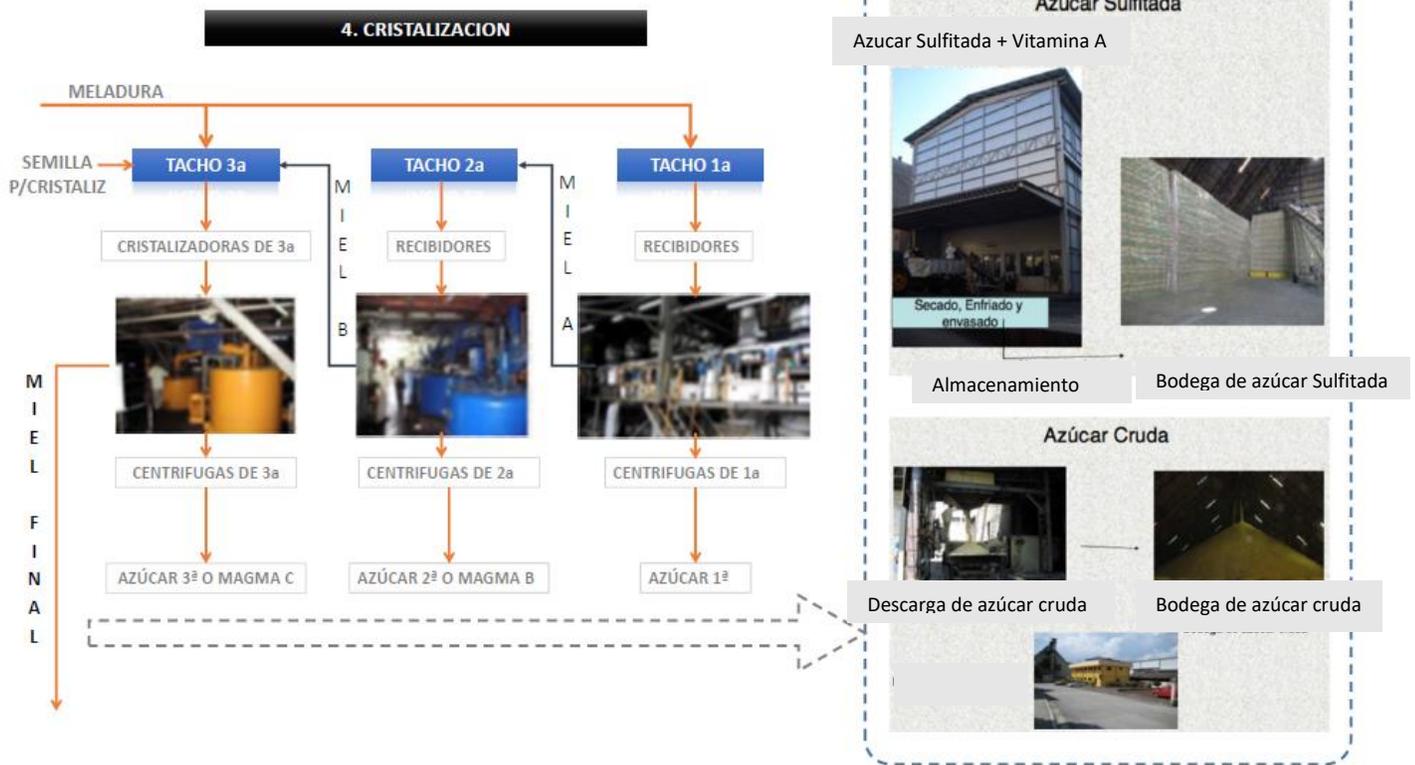


Ilustración 6. Descripción gráfica del Proceso Ingenio El Ángel, (2018), Autores de Tesis

### 1.3 Situación actual del mantenimiento

En las últimas décadas, las estrictas normas de calidad y la competencia nacional e internacional han obligado a las empresas a transformar sus departamentos de mantenimiento, debido al mismo crecimiento, se adoptan tecnologías y equipos innovadores que requieren de tratamientos especializados. Estos cambios suponen pasar de ser un departamento que realiza reparaciones y cambia piezas o maquinas completas, a una unidad con alto valor en la productividad total de la empresa, mediante la aplicación de nuevas tecnologías, técnicas y prácticas.

Otro factor muy importante que incide en la evolución del mantenimiento es la condición económica de su entorno, ya que dependemos de los cambios fluctuantes del azúcar y la energía. Por lo tanto, las empresas se ven obligadas a invertir en metodologías que sean capaces de aumentar la rentabilidad de los equipos, generando ahorros a corto y largo plazo significativos para la empresa.

## 1.4 Organigrama

*Anexo II: Organigrama Empresarial Ingenio El Ángel*

## 1.5 Estructura de Activos (Dinámicos, Estáticos y Automatismo)

Es importante aclarar qué es un activo desde la perspectiva empresarial. Existen muchas definiciones, pero generalmente los activos que posee la empresa simbolizan los recursos que los dueños tienen para el desarrollo de la actividad productiva de la entidad empresarial, y como resultado de las operaciones diarias que en un futuro le traerán beneficios económicos. El activo son los bienes, derechos y otros recursos de los que dispone una empresa, pudiendo ser, por ejemplo, muebles, construcciones y equipos.

Dentro de la industria en el ingenio, se poseen tres tipos de activos denominados como: *Dinámicos*, *Estáticos* y *Automatismo*.

### **Activos Dinámicos.**

Las reglas de explotación de los equipos dinámicos son los encargados del traslado de distintos fluidos (líquidos y gases). Los equipos dinámicos se clasifican en dos tipos:

- *Equipo Giratorio*
- *Equipo Reciproco*

### **Activos Estáticos.**

En las empresas industriales donde se procesan alimentos, es indispensable la existencia de activos estáticos; equipos que facilitan el almacenaje y que también tienen la función de transformar las condiciones de un producto sin tener dinámica, como por ejemplo los intercambiadores de calor o tanques almacenadores de melaza.

### **Activos con Automatismo.**

Con las tecnologías cableadas e inalámbricas, el automatismo se realiza interconectando los distintos elementos que lo integran. Su funcionamiento es establecido por los elementos que lo componen y por la forma de conectarlos.

Los dispositivos que se utilizan en las tecnologías de comunicación para la realización del automatismo son:

- Relés electromagnéticos
- Módulos lógicos neumáticos
- Tarjetas electrónicas

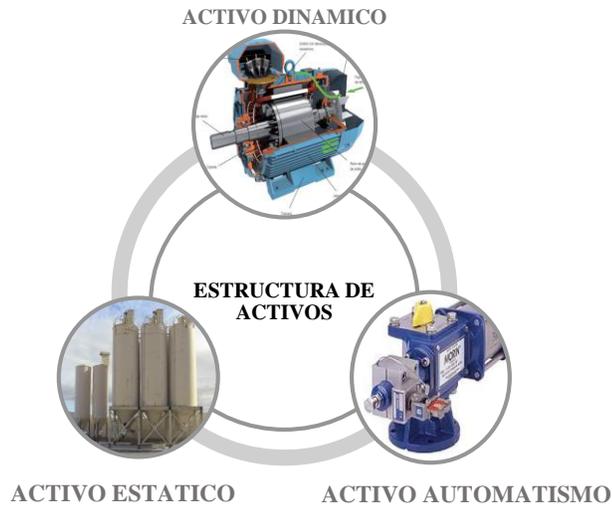


Ilustración 7. Estructura de Activos, Autores de Tesis, (2018)

<b>TIPOS DE ACTIVOS DE INGENIO EL ANGEL</b>		
<b>DINAMICOS</b>	<b>ESTATICOS</b>	<b>AUTOMATIZADOS</b>
<b>Motores Eléctricos y Equipos Accionados</b>	Tanques de Almacenamiento líquidos	Valvulería de Control
<b>Motores de combustión Interna</b>	Tanques de Almacenamiento Solido	Actuadores
<b>Turbogenerador</b>	Silos	Convertidores I/P
<b>Compresores</b>	Tachos	DCS, CCM, PLC'S
<b>Tornos</b>	Evaporadores	Transmisores
<b>Rodillos de Transportadores de banda</b>	Recibidores	Medidores de Flujo
<b>Secadora e Enfriadora de Azúcar</b>	Calderas	
<b>Molinos</b>	Intercambiadores de calor	
<b>Grúas</b>	Filtros Rotativos	
<b>Dobladora</b>	Sub Estaciones	
<b>Compresores</b>	Transformadores	
	Pilas de Enfriamiento	
	Infraestructura	

Tabla 1. Tipo de Activos de Ingenio El Ángel, (2018), Autores de Tesis

### 1.5.1 Planificación, ejecución y control existente del mantenimiento

En el presente capítulo se describen las características que conforman actualmente el equipo de mantenimiento de la planta del Ingenio, y se ha caracterizado principalmente por ser una empresa sostenible e innovadora, ya que en el transcurrir del tiempo su evolución ha sido eficiente, manteniendo un estándar significativo en las ponderaciones de medición de rendimiento de los ingenios asociados, su crecimiento e innovación no solo se basa en la infraestructura, también en su demanda de producción.

Como parte de la planificación del mantenimiento. Ingenio El Ángel ejecuta el mantenimiento preventivo en un periodo de 6 meses (Abril – Octubre), cubriendo las diferentes áreas que conforman el ingenio: *recepción de caña, alimentación de caña y molienda, fabrica y refinería, y generación de energía.*

En la actualidad la estructura organizacional en la etapa de mantenimiento cuenta con alrededor de 260 personas. De las cuales 25 son del personal técnico conformado por diversas especialidades; ingenieros. mecánicos, ingenieros químicos, ingenieros eléctricos, arquitectos e ingenieros civiles. El resto está conformado por el personal obrero, teniendo la mayor cantidad de recurso la mano de obra en el área de procesos; *alimentación de caña y molienda, calderas y fabrica,* Con un aproximado de 45 a 60 personas por proceso. El resto está distribuido en el área de servicios: *eléctrica, mecánica e instrumentación.* Con un estimado de 10 a 15 personas por área de servicio. Cada uno de los procesos tiene estructurado “*Planes de Mantenimiento Preventivos*” que involucran actividades de mantenimiento a equipos definidos, tiempos, y recurso humano. El personal obrero está distribuido en parejas, el cual tiene asignado dar mantenimiento a una serie de equipos distribuido a lo largo del periodo del mantenimiento. La supervisión está dispuesta por el personal técnico, donde su función tiene el alcance de dar seguimiento a cada una de las actividades de los planes, suministrar las herramientas e insumos necesarios para realizar los trabajos y dar solución a situaciones de emergencia o que requieran decisiones técnicas.

Se dispone de una bodega de materiales y herramientas, donde se mantienen en stock los materiales necesarios para cada uno de los recursos y procesos, la gestión de los materiales se manipula mediante un software con plataforma ORACLE, donde existe una data de materiales con descripción y codificación para las solicitudes de compras asignadas a un proceso en específico.

Previo al mantenimiento, cada encargado de los procesos y servicios es el responsable de tasar sus necesidades y realizar un presupuesto para todo su mantenimiento. Este presupuesto es revisado y avalado por el superintendente de planta, quien tiene el importante papel de llevar el control financiero y hacer los movimientos necesarios para que el mantenimiento se mantenga bajo los cotos predefinidos. Una vez ejecutada la *Orden de Compra*, se genera un código con el que se le dará seguimiento a la solicitud por medio del departamento de compras, quienes gestionan los movimientos de compras con los diferentes proveedores locales e internacionales.

Actualmente, Ingenio El Ángel ha evolucionado con la implementación de metodologías de mantenimiento. Ya que en el transcurrir de los años se han implementado estrategias para la medición de los costos de mano de obra, materiales, entre otros. EL mantenimiento del ingenio es muy amplio, y contiene diversas especialidades que se vuelve difícil llevar el control total sin implementar metodologías innovadoras y que generen rentabilidad. Por lo que se ha conformado un departamento de mantenimiento, donde se construye el andamiaje idóneo para fortalecer el departamento. Actualmente, el seguimiento del mantenimiento es por medio de un Software.

### **1.5.2 Políticas de gestión de activos, necesidad de enfoque estructurado ISO 55001.**

Comenzaremos el siguiente capítulo definiendo la gestión de activos, que propone el estándar ISO 55000, el cual establece las actividades y practicas coordinadas de una organización (accionistas, alta dirección, empleados), por medio de los cuales maneja sus activos y sistemas de activos para aprovechar las oportunidades de mejora interna o de negocios, así como reducciones de riesgo importantes que maximicen la generación de valor al negocio. Bajo este concepto, el desarrollo formal de un modelo de gestión de activos pasa por el entendimiento y la diferencia de varios elementos claves establecidos en el estándar ISO 55000.

Cabe destacar que en el mes de enero del año 2014 fue liberada la norma ISO 55000, la cual consta de tres documentos:

- ISO 55000: Asset management — Overview, principles and terminology
- ISO 55001: Asset management— Management systems — Requirements
- ISO 55002: Asset management — Management systems — Guidelines for the application of ISO 5500

En definitiva, bajo cualquier fuente existen términos en común y que son claves:

**Gestión de la Organización:** Los objetivos de la organización no están contemplados dentro del alcance del modelo de Gestión de Activos, estos son la razón de ser del modelo de Gestión de Activos, en este sentido, toda actividad cuya función principal sea generar beneficios para los inversionistas; la gestión de rentabilidad tiene que convertirse en el centro de atención de toda la organización.

Bajo estos conceptos la organización tiene el enfoque de estar alineada a los objetivos del negocio, y no a la gestión de activo, es fundamental que, como organización se conozca el papel dentro del proceso de implementación y se visualice la gestión de activos como el medio para lograr los objetivos de negocio.

Cuando se piensa en mejorar la rentabilidad en nuestra empresa, principalmente en los procesos productivos, definitivamente estamos pensando en gestión de activos podemos decir que la gestión de activos y la rentabilidad de un negocio son dos caras de una misma moneda, en este sentido, ambos conceptos están estrictamente vinculados, en la medida de impactos positivos o negativos en la rentabilidad, estará asociada con la gestión de activos.

El entendimiento de cada uno de estos conceptos es clave y fundamental para el establecimiento de estrategias orientadas a concentrar el proceso de implementación y éxito de un modelo que empuje al sistema de gestión en nuestra empresa. Por ello, es necesario establecer los lineamientos que servirán de guía para seguir un patrón de gestión de activos y para generar mejoras en la rentabilidad de la empresa.

#### **Beneficios de la gestión de activos.**

**Mejora del desempeño financiero:** puede lograrse mayor retorno de las inversiones y reducción de costos, preservando el valor de los activos sin sacrificar en el corto o largo plazo, la realización de los objetivos organizacionales.

- **Decisiones informadas para la inversión de activos:** permitiendo a la organización mejorar su toma de decisiones, balanceando de forma efectiva los costos, riesgos, oportunidades y desempeño.

- **Gestión del riesgo:** reduciendo pérdidas financieras, mejorando la salud, seguridad reputación y minimizando impacto ambiental y social, que pueden resultar en reducción de responsabilidades como primas de seguro, multas y penalidades.
- **Mejora en los servicios y resultados:** asegura el desempeño de los activos, conduciendo a la mejora de servicios o productos que consistentemente cumplan o excedan las expectativas de clientes y stakeholders.
- **Demostrar responsabilidad social:** mejorar la habilidad de la organización, por ejemplo, reducir emisiones, conservar recursos y adaptarse al cambio climático, demostrar prácticas de negocios éticas y socialmente responsables.
- **Demostrar cumplimiento:** cumplir de forma transparente con los requerimientos, legales, estatutarios y regulatorios, así como adherencia a los estándares, políticas y procesos de gestión de activos.
- **Mejor cumplimiento:** mejorando satisfacción del cliente; y conciencia y confianza de los stakeholders.
- **Mejora para la sostenibilidad organizacional:** gestionando efectivamente efectos de corto y largo plazo, gastos y desempeño.
- **Mayor eficiencia y efectividad:** revisión y mejora de procesos, procedimientos y desempeño de los activos.



Ilustración 8. Telecomunicaciones, (2017), Evolución de la Gestión de Activos, Recuperado de [https://www.google.com/search?q=ISO+55001&client=firefox-b&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjaxOaU7LDgAhXSk1kKHTFsBqIQ\\_AUIDigB&biw=1047&bih=504#imgdii=PxWhFnwZnMt\\_0M:&img](https://www.google.com/search?q=ISO+55001&client=firefox-b&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjaxOaU7LDgAhXSk1kKHTFsBqIQ_AUIDigB&biw=1047&bih=504#imgdii=PxWhFnwZnMt_0M:&img)

La metodología es un sistema de gestión que describirá fases, las cuales constarán en hacer una descripción rápida de cada una que aplica para una empresa industrial, permitiendo definir la administración del mantenimiento de manera integral, puntualizando objetivos alcanzables.

La primera revisión consiste en guiar una propuesta que defina todo el mapeo conceptual, mostrando en qué consiste la estrategia a trabajar, como proceso de determinación debe llevar a cabo una evaluación, primero de la operación actual, esta interpretará los datos que el personal expresará de acuerdo con su punto de vista de mantenimiento y producción. Esta información adquirida se analiza sistemáticamente, con el fin de poder definir que aplica a la compañía, tomando en cuenta, dónde y hasta que nivel se puede realizar la comparación. Después de obtener el primer resultado, que es un pequeño enfoque de la realidad que está sucediendo en mantenimiento, para hacer la revisión del sistema actual, se puede apoyar en auditoria.

El segundo paso es definir una herramienta para establecer objetivos, estrategias para la organización y los objetivos deben estar alineados con los objetivos corporativos del negocio, en ellos se debe delimitar, valores estimados y realistas para los indicadores de gestión, disponibilidad de equipos, confiabilidad, seguridad, riesgo, desempeño o rendimiento actual de las instalaciones productivas, comparándolas con sus respectivas capacidades nominales.

Una vez que se han transformado las prioridades del negocio en prioridades de mantenimiento, se procederá a la elaboración de la estrategia, de acuerdo con los objetivos. De esta forma se obtiene un plan de mantenimiento genérico en la empresa, que se desarrollará y enfocará a aquellos activos considerados críticos, ahora bien, en una industria mediana, la forma de determinar datos es basado en histórico, información que se puede encontrar en los archivos, o es clasificada por el sistema de soporte informático de mantenimiento, es una metodología que logra integrar lo estrategia y la evaluación del desempeño del negocio. Define los objetivos financieros requeridos para alcanzar la visión, y estos a su vez serán el resultado de los mecanismos y estrategias que rijan nuestros resultados con producción. Los procesos internos se planifican para satisfacer los requerimientos financieros y de producción, la base para poder mantener esta fortaleza se encuentra en el aprendizaje, que es el último eslabón que posee el aprendizaje y entrenamiento. El cuadro permite establecer enlace causa – efecto que permite tomar iniciativas necesarias por cada nivel.

Conociendo como se enlazan los objetivos de las diferentes perspectivas, los resultados de los indicadores que se van obteniendo progresivamente, permiten visualizar ajustes, para asegurar que se cumplan las metas. Esta herramienta es muy utilizada nivel financiero, pero su aplicación en mantenimiento ha permitido establecer un sistema de gestión estratégico.

Esta es una herramienta útil para ayudar definir objetivos y estrategias, sin embargo, no es la única. Lo importante de la fase es poder definir una manera concisa lo antes mencionado.

Establecido todo este concepto procedemos con la taxonomía de equipos, ahora es el punto de determinar la prioridad de los equipos en términos de costo, o según la importancia del activo en la planta, existen varias técnicas para determinar esto, generalmente cualitativas y cuantitativas, esto depende de los datos que se tengan, si poseemos un historial se pueden usar cuantitativas, si no poseemos historial es mejor usar una cualitativa, la importancia en este paso es entender que el *análisis de criticidad* va a dictaminar la jerarquía o prioridades de los equipos, según el criterio de criticidad y de riesgo, generando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas, para direccionar los esfuerzos y recursos al equipo mayor de impacto en el negocio.

Las cuantitativas son las que clasifican un activo como crítico, semi crítico y/o no crítico, su respuesta es una evaluación probabilística del riesgo. Los activos con mayor valor serán los primeros en ser analizados.

El método cualitativo se utiliza cuando no existen datos históricos, esta técnica permite ir adecuando de manera efectiva la operación, está basada en opiniones, donde los criterios técnicos y financieros se utilizan para jerarquizar los equipos, lo que requiere en algunos casos, métodos más específicos para validar la información. Por ejemplo, se utilizan como criterios, la consecuencia y complejidad. Para el caso de modelos de cualitativo-cuantitativo, en este se involucran datos objetivos para generar una guía de criticidad cuantificada según; frecuencia de falla, impactos en producción (por falla), costos de reparación, tiempo de reparación, impactos en seguridad personal e impacto ambiental.

El siguiente paso es el análisis de puntos débiles en equipos de alto impacto; anteriormente definimos que velaremos por los equipos de alto impacto, en el equipo escogido debe identificarse las causas raíces que provocan los tipo de fallos que está presentando, en el mejor de los casos, eliminar el modo de falla, si no fuese posible eliminarlo, debe analizarse si el costo de eliminación

supera en medida al costo por falla del equipo, consecuentemente pensar en cómo controlar dicho modo de falla.

Existen varios métodos para realizar análisis de puntos débiles en activos críticos, uno de los más utilizados es el Análisis Causa Raíz (ACR), que trata de una metodología que permite de forma sistemática, identificar las causas raíz de las fallas para aplicar posteriormente soluciones que eliminen de forma definitiva este tipo incidencia.

Las causas por las cuales las fallas aparecen pueden clasificarse en físicas y humanas. La causa física es la razón por la que el activo falla, la explicación técnica. La causa humana incluye los errores operacionales que dan lugar a causas físicas de falla. También, las deficiencias organizacionales y de gestión que derivan en errores humanos, convierten en crónicas las fallas en sistemas y procedimientos, al no corregirse oportunamente. En general, un árbol lógico de ACR comienza con la definición del evento inicial (ej. problema crónico de tornillo de una extrusora de pvc), seguidamente se determinan los modos de falla (tornillo dañado, rodamiento dañados, sellos dañados), posteriormente se pasa al nivel de hipótesis (grasa solidificada en el rodamiento), y finalmente se llega al nivel de causas (exceso de grasa, etc.). Con el análisis anterior, determinamos donde se debe actuar, procediendo a realizar la alimentación o diseño de los planes de mantenimiento.

Para la correcta implementación de un plan de mantenimiento, se puede usar RCM que es una estrategia para optimización de planes de mantenimiento, permite determinar convenientemente las necesidades de mantenimiento de cualquier activo físico en su entorno de operación. Con el análisis anterior, se usa la metodología RCM y propone un plan de mantenimiento efectivo, obteniendo como resultado, un plan óptimo de mantenimiento dada la importancia de cumplir con el objetivo de los planes (sistemático, control fallos y modos de falla), luego, pasaría la siguiente fase.

Análisis probabilístico que de manera estadística, va a determinar cuánto es el impacto de la operación y si aplica la gestión, en este momento es donde podemos aseverar que se tiene un nivel de madurez de la norma como ISO 55000.

Los indicadores de abastecimiento se evalúan para analizar el adecuado sistema de inventarios, según el resultado, se puede usar un modelo como, por ejemplo, ABC, uno de optimización de inventarios, o un sistema que defina la manera óptima en la adquisición de almacén.

La última fase es la adquisición de mejora continua; mantenimiento de producción total. Mantenimiento basado en condición, la finalidad de esta fase permite mantener un ciclo de revisión con visión gerencial de los activos de la compañía, para que nuestro sistema no quede estático.

## **1.6 Descripción de metodología análisis de criticidad.**

### **1.6.1 Matriz de Criticidad.**

El análisis de criticidad es una metodología que tiene como resultado la jerarquización de los sistemas y equipos. Los requerimientos para realizar un análisis de criticidad idóneo se basan en establecer los criterios de evaluación para cada uno de los activos.

El primer paso para comenzar a desarrollar la matriz de criticidad es tener definida la jerarquía de equipos, realizando un levantamiento físico donde se define el número de componentes de la planta en agrupaciones por familias o tipo de equipo, llámese motores eléctricos, cajas reductoras, entre otros tipos de activos; que ha medida se va desarrollando el árbol descendiente de un equipo padre, la cantidad de equipos crece aún más.

En el caso de estudio presentado utilizaremos como base la matriz de criticidad elaborada por el equipo de PURSTECHNIK. De manera que, se definirán las variables que nos competen como industria azucarera, estableciendo las ponderaciones según el criterio en consenso de los encargados de cada área de la planta.

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

Criticidad= Frecuencia x Consecuencia.

### **1.6.2 Ponderación por niveles de criticidad.**

La cantidad de niveles de criticidad depende del criterio de cada aplicación. Normalmente para poner un ejemplo más simple, los niveles de compones de A, B, C. donde la letra *A=criticidad baja*; *B=Criticidad Media* *C= Criticidad Alta*. En nuestro caso se ha estructurado la cantidad de ponderación en cinco niveles: Baja, Moderada, Media, Alta y Critica. Cada una con los siguientes rangos:

Variable	Peso
EQUIPO	15.0%
PROCESO	10.0%
OPERATIVA	20.0%
ECONÓMICO	20.0%
MANTENIBILIDAD	15.0%
SOSTENIBILIDAD	20.0%

CRITICIDAD	RANGO
BAJA	13 < 38
MODERADA	38 < 63
MEDIA	63 < 88
ALTA	88 < 114
CRÍTICA	114 < 139

La plantilla de matriz utilizada como base, calcula de forma automática el valor de criticidad según la ponderación de cada variable y su grupo escogido, siendo la fórmula proporcional a la ponderación de criticidad, dando las cargas a cada tipo de variable siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{La forma del cálculo de criticidad es: } & \left( \sum_{\text{rango1}}^{\text{rango5}} \text{valor rango } i \text{ EQUIPO} \right) \times 15\% \\
 & + \left( \sum_{\text{rango1}}^{\text{rango5}} \text{valor rango } i \text{ PROCESO} \right) \times 10\% \\
 & + \left( \sum_{\text{rango1}}^{\text{rango5}} \text{valor rango } i \text{ OPERATIVA} \right) \times 20\% \\
 & + \left( \sum_{\text{rango1}}^{\text{rango5}} \text{valor rango } i \text{ ECONÓMICO} \right) \times 20\% \\
 & + \left( \sum_{\text{rango1}}^{\text{rango5}} \text{valor rango } i \text{ MANTENIBILIDAD} \right) \times 15\% \\
 & + \left( \sum_{\text{rango1}}^{\text{rango5}} \text{valor rango } i \text{ SOSTENIBILIDA} \right) \times 20\%
 \end{aligned}$$

## 1.7 Justificación y aplicación de la metodología seleccionada de análisis de criticidad.

### 1.7.1 Definición de Variables

Las variables usadas en la matriz de criticidad se basan en decisiones discutidas en consenso con los técnicos encargados de las diferentes áreas de proceso y servicios. Alimentación de caña y Molienda, Cogeneración, fabrica, Departamento Eléctrico, Instrumentación y Mecánico. quienes aportaron sus ideas y conocimientos para pulir la estructura de variables y obtener resultados más atinados. Las variables son aplicables para todos los equipos de toda la planta.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	001	002	003	004	005
EQUIPO	E1 Tipo máquina	Motores, Tableros, Intercambiadores de Calor, Filtros, Medidores	Ventiladores, Torres de Enfriamiento, Tableros, Transmisores, Tanques	Bombas, Centrífugas, Transformadores, Equipos Acarreo, Sistemas de Tratamiento de Líquidos	Reductores de Velocidad, Sistema Hidráulico, Neumático (compresores) o de gas, Subestaciones, DCS's	Turbogeneradores, Calderas, Preparadores de Caña, Molinos, Transportadores, Variadores de Frecuencia, Arrancadores y Protecciones
EQUIPO	E2 Potencia (kW ó CV)	< 30 kW	30 < 100	100 < 300	300 < 1000	> 1000
EQUIPO	E3 RPM	< 100	100 < 1200	1200 < 2000	2000 < 4000	> 4000
EQUIPO	E4 Temperatura (°C)	< Ambiente	Amb. < 90	90 < 200	200 < 600	> 600
EQUIPO	E5 Número de ejes	Ninguno	1 ó 2	3 ó 4	5	> 5
EQUIPO	E6 Entorno	Normal	Sumergido	Altura	Explosivo	Tóxico
PROCESO	P1 Tipo proceso	Reacción	Serial	Paralelo	Transformación	Logístico
PROCESO	P2 Tipo producto	Líquido	Sólido	Gaseoso o Vapor	Tóxico o Corrosivo	Químico
PROCESO	P3 Variable Técnica predominante	Presión	Temperatura	Viscosidad	Pureza	Humedad
OPERATIVA	O1 Tipo producción	Continuo	Batch	Bajo demanda	Contra stock	Otro
OPERATIVA	O2 Funcionamiento	24/7	< 3,500 horas/año	< 2,500 horas/año	< 1,500 horas/año	< 500 horas/año
OPERATIVA	O3 Pérdida de Calidad	75 a 100%	50 a 75%	25 a 50%	0 a 25%	Ninguna
OPERATIVA	O4 Equipo de Respaldo	Ninguno	1	2	3	> 3
OPERATIVA	O5 Indisponibilidad (por fallas)	> 4Zafra	3 a 4Zafra	2 a 3Zafra	1 a 2Zafra	< 1Zafra
ECONÓMICO	C1 Precio equipo (k\$)	< 5	5 < 10	10 < 100	100 < 1000	> 1000
ECONÓMICO	C2 Coste por reutilización / día (k\$)	< 1	1 < 5	5 < 15	25 < 50	> 50
ECONÓMICO	C3 Coste indisponibilidad / día (k\$)	< 5	5 < 25	25 < 50	50 < 100	> 100
MANTENIBILIDAD M1	Recambios	Baja intercambiabilidad	Alta intercambiabilidad	Plazo entrega largo	Corto plazo de entrega	Manejable con alternativas
MANTENIBILIDAD M2	Tipo mantenimiento	Proactivo	Predictivo	Preventivo	Correctivo	Afectivo
SOSTENIBILIDAD S1	Impacto a la Inocuidad	Alto Impacto a los Puntos Críticos	Sensible, difícil de controlar	Controlable	Sin incumplimiento a normas	No genera ningún impacto
SOSTENIBILIDAD S2	Impacto al Medio Ambiente	Alto	Sensible	Afectación controlable	Sin repercusión sobre normativa legal	No genera ningún impacto
SOSTENIBILIDAD S3	Seguridad Industrial	Muerte	Lesión incapacitante	Datos menores a la integridad Física	Sin incumplimiento a LGPRLT y sus reglamentos	No genera ningún impacto

### 1.7.2 Ponderación de las alternativas.

El cálculo de criticidades de los equipos se basa en la ponderación numérica de 22 variables con 5 rangos de cada una, un total de 132 variables valoradas o ponderadas su criticidad según criterios de experiencia y comparación entre las mismas de 0 a 50.

El tipo de variable **EQUIPO**, dispone de 6 variables donde se concentran las características técnicas más importantes que definen la máquina. Es sabido que puede haber muchas más características que son importantes, pero estas seis son las más importantes a nuestro criterio. El usuario determina en cada variable la característica numerada desde el 001 a 005.

El tipo de variable **PROCESO**, dispone de 3 variables donde se definen conceptos de tipo de proceso de la máquina, tipo de producto con el que trabaja y un argumento técnico que caracteriza el proceso y producto.

El tipo de variables **OPERATIVA** dispone de 5 variables y es usada para conocer la carga de trabajo de la máquina, así como se distribuye dicha carga. Es una variable que sirve a parte de conocer la usabilidad de la máquina, también se observa los espacios de disponibilidad de parada de la máquina para realizar mantenimiento preventivo y correctivo.

El tipo de variable **ECONÓMICO** dispone de 3 variables, siendo que el precio de la máquina con su costo de indisponibilidad conlleva estudios exhaustivos en todos los departamentos de la empresa que buscan, por supuesto, rentabilizar sus máquinas y actividad operativa.

El tipo de variable **MANTENIBILIDAD**, aglutina conceptos muy necesarios de disposición de recambios, capacidad mantener máquinas e historia del mantenimiento de cada una (gestión). La intercambiabilidad es muy necesaria, ya que reduce costos de stock y operativa.

El tipo de variable **SOSTENIBILIDAD**, intenta tomar en consideración el grado de afectación a las normas de inocuidad, medio ambiente y de la seguridad industrial, de una manera global, no detallada, por ejemplo, la incidencia que un equipo tiene con los accidentes ocurridos en la planta, ya sea por mal diseño o instalación, de igual manera la incidencia que un equipo tenga con la contaminación del río, llámese un filtro prensa de lodos, que no realice bien su función y deje pasar cantidades de lodo por canales que conduzcan al medio ambiente del entorno.

La selección de cada variable de criticidad no es engorrosa, debe realizarse de forma espontánea y rápida, ya que se recuerda que el valor de criticidad se transforma de cuantitativo a cualitativo.

Se debe seleccionar el grupo o rango que define mejor las características de cada máquina, siendo los valores del 1 al 5, y colocarlos en cada tipo de variables de criticidad, al cual se le ha dado un valor que varía de 0 hasta 50, según la criticidad.

### 1.8 Jerarquización final de los equipos por áreas del proceso.

En el siguiente diagrama se muestra la secuencia de variables a valorar para identificar y evaluar la criticidad de los modos de fallo.

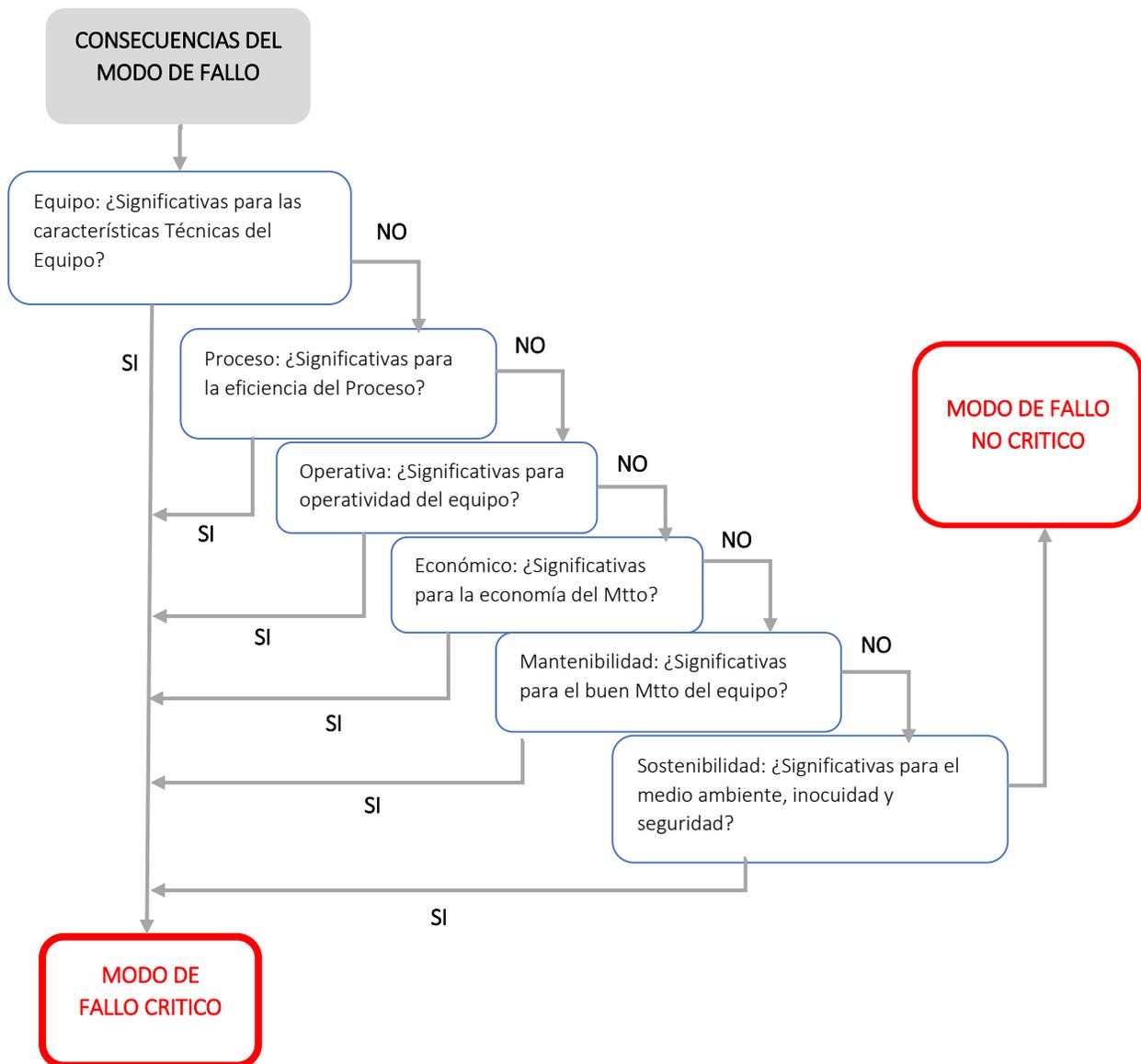


Figura 2. Consecuencias del Modo de Fallo, 2018, Autores de tesis.

## **CAPITULO 2. ESTRATEGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO, BASE DEL PLAN TÁCTICO DE MANTENIMIENTO.**

Antes de definir una estrategia para la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento es importante definir cuáles son los horizontes por alcanzar. Por lo tanto, se describe cual es la visión, misión y política de mantenimiento establecida en Ingenio El Ángel.

### **Visión**

Llegar a tener un mantenimiento de clase mundial, en línea con los objetivos y metas de la compañía, aumentando su rentabilidad a través de estrategias de mantenimiento adaptadas a los recursos existentes, necesidades del negocio y consensuadas con clientes internos, enfocado en la planeación, el trabajar con seguridad, respeto por el medio ambiente, la inocuidad alimentaria y la búsqueda constante de eficiencia a través de formación continua y empoderamiento de su activo humano.

### **Misión**

Mantener un fuerte compromiso por preservar o mejorar el ciclo de vida de nuestros activos, maximizando su disponibilidad y confiabilidad en concordancia con la demanda de los diferentes procesos productivos, manteniendo una mejora constante en las estrategias existentes de mantenimiento, sin dejar de lado la seguridad de los trabajadores. En conjunto con los clientes internos, decidimos acciones encaminadas al crecimiento de la empresa a través de una eficiente planeación para realizar un óptimo mantenimiento de sus activos, reduciendo así el riesgo de fallas imprevistas.

### **Política de mantenimiento**

Realizar una gestión de mantenimiento idónea para preservar o restaurar todos los activos de los diferentes procesos productivos de Ingenio El Ángel, manteniendo la capacidad requerida, sin exceder la de diseño. Además, participar activamente con clientes internos y externos en la toma de decisiones relacionadas con todos los activos, para mejorar su eficiencia y disponibilidad; sin poner en riesgo la integridad física de sus trabajadores o instalaciones.

## **2.1 Planteamiento de los objetivos estratégicos de la organización.**

Han sido establecidos 5 grandes objetivos estratégicos a cumplir por la organización Ingenio El Ángel.

1. Incrementar el volumen de caña a moler hasta llegar a 2,000,000 de toneladas de caña por temporada.
2. Crear una cultura de alto desempeño.
3. Disminuir la deuda de la empresa.
4. Incrementar la venta de energía eléctrica.
5. Ser socialmente responsables y cuidar el medio ambiente.

Las acciones necesarias para el logro de estos objetivos deberán ser abordadas por las diferentes unidades que forman parte de la organización. Las grandes Unidades involucradas en este proceso son el Área Agrícola, La Planta Industrial, el Área Administrativa. En este caso nos enfocaremos en como los objetivos estratégicos de la organización generan acciones que se deberán tomar en la planta industrial y como esto impacta en el establecimiento de los objetivos de mantenimiento.

## **2.2 Planteamiento de los objetivos operacionales del mantenimiento.**

Los objetivos operacionales que deberán plantearse para el mantenimiento de los equipos críticos de la planta industrial se enfocarán a los siguientes aspectos generales: Disminución del tiempo perdido, optimizando la disponibilidad de los equipos, Disminución de pérdidas de Azúcar, Manejo adecuado del presupuesto de mantenimiento y la Sostenibilidad. De manera que definiremos objetivos que implican a los grandes procesos de la planta industrial: Alimentación de caña y molienda, Generación de Vapor y Energía Eléctrica, Fabricación de Azúcar:

- Disminución de Tiempos perdidos en todas las áreas
- Garantizar la eficiencia en los procesos, manteniendo o aumentando el ciclo de vida de los equipos.
- Establecer métodos de mejora continua. Incluyendo planes de carrera y capacitación del personal.
- Minimizar el desperdicio de materiales en las operaciones de mantenimiento.
- Dar cumplimiento al correcto manejo de los presupuestos de mantenimiento.
- Establecer estrategias y métodos en busca de la eficiencia energética.
- Minimizar el impacto ambiental que se pueda originar de las actividades de mantenimiento.

### 2.3 Definición del alineamiento de objetivos organizacionales con objetivos operacionales de mantenimiento en base a un cuadro de mando integral.

Cabe aclarar que los valores colocados en las metas son hipotéticos, ya que no contamos aun con la implementación de indicadores dentro del sistema de gestión del mantenimiento.

#### CUADRO DE MANDO INTEGRAL

OBJETIVOS	MEDIDAS KPI'S	METAS	PLANES DE ACCION	PERSPECTIVAS
Disminución del tiempo perdido en todas las áreas. Dar cumplimiento al correcto manejo de los presupuestos. Minimizar el desperdicio de materiales en las operaciones de mantenimiento.	Costo atribuible a fallas de mantenimiento por unidad producida. Porcentaje de cumplimiento de los presupuestos de mantenimiento. Costo atribuible por desperdicios por unidad producida.	Actual 10% Meta 15%-1	Establecer que los análisis de criticidad para definir equipos críticos se realicen a intervalos de tiempo para mantener actualizada la información. Hacer los análisis de la información obtenida. Establecer reuniones para analizar el seguimiento del manejo presupuestario. Establecer metodologías de mantenimiento que permitan controlar y disminuir el desperdicio de todo tipo de recursos.	<b>PERSPECTIVA FINANCIERA</b>
Garantizar la eficiencia en los procesos, manteniendo o aumentando el ciclo de vida de los equipos.	MTTR MTTF Relación de costos y productividad OEE MAYOR DE 75%	Reducir MTTR en 5%, Aumentar el MTTF en 10%, Mejorar la relación costos/productividad en 20%	Establecer metodologías de análisis de causa raíz de fallas. Elaborar planes de mantenimiento adecuados a equipos críticos. Y equipos en general. Establecer metodologías que garanticen el correcto funcionamiento de la cadena de suministros de repuestos e insumos.	<b>PERSPECTIVA DE LOS CLIENTES</b>
Establecer estrategias de mantenimiento y métodos en busca de la eficiencia energética.	Cumplimiento de Normativas RCM CUMPLIMIENTO LEAN MANUFACTURING	Reducir el número de fallas repetitivas. Mejorar la efectividad del mantenimiento preventivo. Reducir las operaciones de mantenimiento preventivo.	Establecer sistemas de registro de la información en línea y sus correspondientes procesos de auditorías internas.	<b>PERSPECTIVA DE LOS PROCESOS INTERNOS</b>
Establecer métodos de mejora continua. Incluyendo planes de carrera y capacitación del personal.	Cumplimiento de perfiles para cada posición. Nivel de capacitación para cada posición. Cumplimiento Lean Manufacturing.	Alcanzar los requerimientos de formación necesarios para cada perfil.	Actualización y desarrollo de perfiles adecuados para cada puesto. Establecer programas de capacitación. Desarrollo de planes de carrera	<b>APRENDIZAJE Y CRECIMIENTO</b>

Tabla 3. Cuadro de Mando Integral (Carlos Alberto Parra Márquez, Segunda Edición, 2015)

## **2.4 Definición del Plan de Mantenimiento en Activos Críticos**

Se establecerán las actividades de mantenimiento, estructuradas en planes de mantenimiento para cada uno de los equipos que han sido evaluados como equipos críticos. Estos planes de mantenimiento se clasificarán de la siguiente forma de acuerdo con el tipo de mantenimiento requerido:

### **Actividades Plan de Mantenimiento Correctivo**

Se generarán planes de mantenimiento correctivo. Y a sea este No **programado o programado** dependiendo de si la falla en un equipo crítico obliga a una parada inmediata del mismo o permite que siga operando hasta contar con los recursos disponibles y permite esperar el momento en que su impacto en el proceso productivo sea menos severo.

### **Actividades Plan de Mantenimiento Preventivo**

Generar planes de mantenimiento con actividades de mantenimiento de manera programada y sistematizada que permita mantener un nivel de servicio óptimo de los equipos críticos.

### **Actividades Plan de Mantenimiento Predictivo**

Generar planes de mantenimiento basados en el conocimiento y el análisis de los valores de determinadas variables que deberán ser identificadas para cada equipo crítico y que sean representativas del estado y operatividad de estos equipos.

### **Calculo costos del plan de mantenimiento anual de activos**

Los costos relacionados a los diferentes tipos de mantenimiento y a la implantación de los planes de mantenimiento de los activos críticos a considerarse se definen de la siguiente forma:

- Costos Operativos de mantenimiento, referidos a los recursos humanos empleados directamente en la ejecución de las operaciones de mantenimiento y recursos materiales.
- Costos de Gestión de mantenimiento, referidos a los recursos empleados en la planificación y control de las operaciones de mantenimiento, así mismo los costos involucrados en la formación del personal en el manejo de los modelos de gestión de mantenimiento, y costos relacionados con la gestión de otras actividades relacionadas con el mantenimiento de los equipos.
- Costos de gestión de Almacén, referido a los costos relacionados con la gestión de las técnicas definidas para el eficiente manejo de Stocks.
- Costos relacionados a la implementación del GMAO. Referido a costos de Software, costos de hardware y costos de preparación del recurso humano y gestión.
- Costos Gerenciales

- Costos por seguridad e higiene ocupacional en actividades de mantenimiento. Referido a los costos que implica el cumplimiento de las correspondientes normas, equipos y gestión.
- Costos por consumo de energía. Referidos al incremento en el consumo de energía de algunos equipos por defectos en sus componentes dinámicos.

## **2.5 Definición de indicadores que permitan evaluar el desempeño de la gestión del mantenimiento**

Establecer tiempo, costo y recursos necesarios para desarrollar y gestionar los indicadores clave.

**Estado Actual:** en la empresa Ingenio El Ángel, desde el año 2017 se inició gradualmente la implementación del SCM, Sistema de Control de Mantenimiento con el establecimiento y puesta en marcha de un Software de mantenimiento, lo cual a su vez implicó la actualización de bases de datos de equipos, inventarios de bodega, personal, así como la generación de planes de mantenimiento. Parte de esto se ha realizado coincidiendo con la elaboración del presente trabajo. En la actualidad el sistema se encuentra en la fase de recolectar la información relacionada con los diferentes tipos de mantenimiento mencionados, cuantificar los tiempos requeridos para las operaciones de mantenimiento, establecer las periodicidades correctas y tal como se plantea en el presente documento establecer los **indicadores clave**, ya que anteriormente no se han manejado por lo tanto no es posible establecer puntos de comparación, por lo cual la definición de los indicadores aquí propuestos representan una acción de mejora como todo lo que se propone sirva de pie para establecer el SCM en toda la planta.

Se deberán establecer indicadores funcionales relacionados de manera más directa con las operaciones de mantenimiento. Estos deberán controlarse definiendo claramente el objetivo que se persigue y los responsables de darles seguimiento.

En nuestro caso la responsabilidad principal recae sobre los Ingenieros que actúan como dueños de los procesos de los cuales forman parte los equipos que se definen como críticos, así como los encargados directos de dichos equipos y formando parte del sistema de control de mantenimiento, los planificadores del mantenimiento constituyendo el recurso humano cuyo costo deberá formar parte de los costos del Mantenimiento. Se debe establecer en un cuadro de mando de indicadores operativos los responsables del seguimiento de los indicadores.

Definir cuadro de mando de estamento de mantenimiento, gerente, jefe y supervisor

### CUADRO DE MANDO INDICADORES OPERATIVOS/RESPONSABLES

INDICADOR	APLICACIÓN	FRECUENCIA	RESPONSIBLE
Costo por indisponibilidad por fallo de los equipos. CIF	Determinar el impacto de la indisponibilidad de los fallos de equipos en el costo de los productos	Mensual	Dueños de proceso
% de Disponibilidad de Equipos. D	Evaluar la eficacia del mantenimiento	Mensual	Dueños de proceso
MTTF	Determinar la fiabilidad de los equipos	Mensual	Dueños de proceso
MTTR	Evaluar la mantenibilidad de los equipos	Mensual	Dueños de proceso
OEE	Determinas la eficiencia global de los equipos. Deberá superar el 75%	Anual	Dueños de proceso
Frecuencia de Fallos FF	Evaluar la fiabilidad de los equipos	Mensual	Dueños de proceso
Tiempo fuera de servicio MDT	Evaluar la mantenibilidad de los equipos	Mensual	Dueños de proceso

Tabla 4. Cuadro de Mando Indicadores Operativos (Carlos Alberto Parra Márquez, Segunda Edición, 2015)

### 2.6 Establecer Auditorias de Evaluación de los Procesos de Gestión de Mantenimiento

Definir la Técnica de Auditoria a Utilizar

La evaluación de la gestión del Mantenimiento deberá ser evaluada y medida a través de un proceso de auditoría cuya implementación deberá llevarse a cabo siguiendo una serie de etapas. El objetivo del proceso de auditoría incluye la orientación de los recursos humanos, económicos y tecnológicos en las áreas de mayor oportunidad de mejora. Maximizando la rentabilidad a lo largo del ciclo de vida de los activos.

Los factores más comunes para evaluar en un proceso de auditoría de mantenimiento son:

- Recursos Gerenciales
- Sistemas de manejo de la información.
- Tecnología aplicada al mantenimiento preventivo y predictivo.
- Planificación y estimación.
- Control de calidad en Mantenimiento.
- Indicadores de Confiabilidad, Mantenibilidad y disponibilidad.
- Procesos de soporte (logística, inventarios).
- Planificación paradas de plantas.
- Integración entre Mantenimiento y Producción.
- Metodologías de Ingeniería de Confiabilidad.
- Aspectos de motivación y comunicación.

La Auditoría **AMORMS (Asset Management, Operational Reliability & Maintenance Survey)** enfocada hacia la ISO 55000 será la metodología para aplicar en nuestro caso. Las Áreas evaluadas por este tipo de auditoría son:

#### **Áreas para evaluar:**

1. Gestión de Activos, Objetivos del Negocios (KPIS) y organización de soporte
2. Modelos de Jerarquización basados en Riesgo (criticidad de equipos)
3. Análisis de problemas (manejo de fallas)
4. Procesos de programación y planificación
5. Procesos de asignación de recursos, soporte informático y logístico
6. Procesos de control y análisis de indicadores técnicos RAM
7. Proceso de análisis de costos de ciclo de vida
8. Procesos de revisión y mejora continua.

#### **Puntuación**

0. Proceso inexistente
1. Proceso muy deficiente
2. Proceso debajo del promedio
3. Proceso estándar promedio
4. Proceso con muy buenas prácticas
5. Proceso a nivel de Clase Mundial.

A continuación, presentamos los resultados de la auditoría realizada para los encargados de áreas y departamentos de servicio. La finalidad es conocer nuestras deficiencias en las áreas antes descritas, siguiendo siempre la estructura del modelo de la auditoría AMORMS

La respuesta se debe justificar en una escala desde 1 a 5, (150 preguntas).

Anexo II: Cuestionario de Auditoria

Resumen de Puntuación Auditoria AMORMS, implementada en Ingenio El Ángel.

Item	AREAS DE EVALUACION	PUNTACION
1	Gestión de Activos, Objetivos del Negocios (KPIS) y organización de soporte	1.4
2	Modelos de Jerarquización basados en Riesgo (criticidad de equipos)	1.4
3	Análisis de problemas (manejo de fallas)	1.5
4	Procesos de programación y planificación	1.4
5	Procesos de asignación de recursos, soporte informático y logístico	2.2
6	Procesos de control y análisis de indicadores técnicos RAM	1.8
7	Proceso de análisis de costos de ciclo de vida	1.3
8	Procesos de revisión y mejora continua	1.8

Tabla 5. Puntuación de AMORMS, Ingenio El Ángel

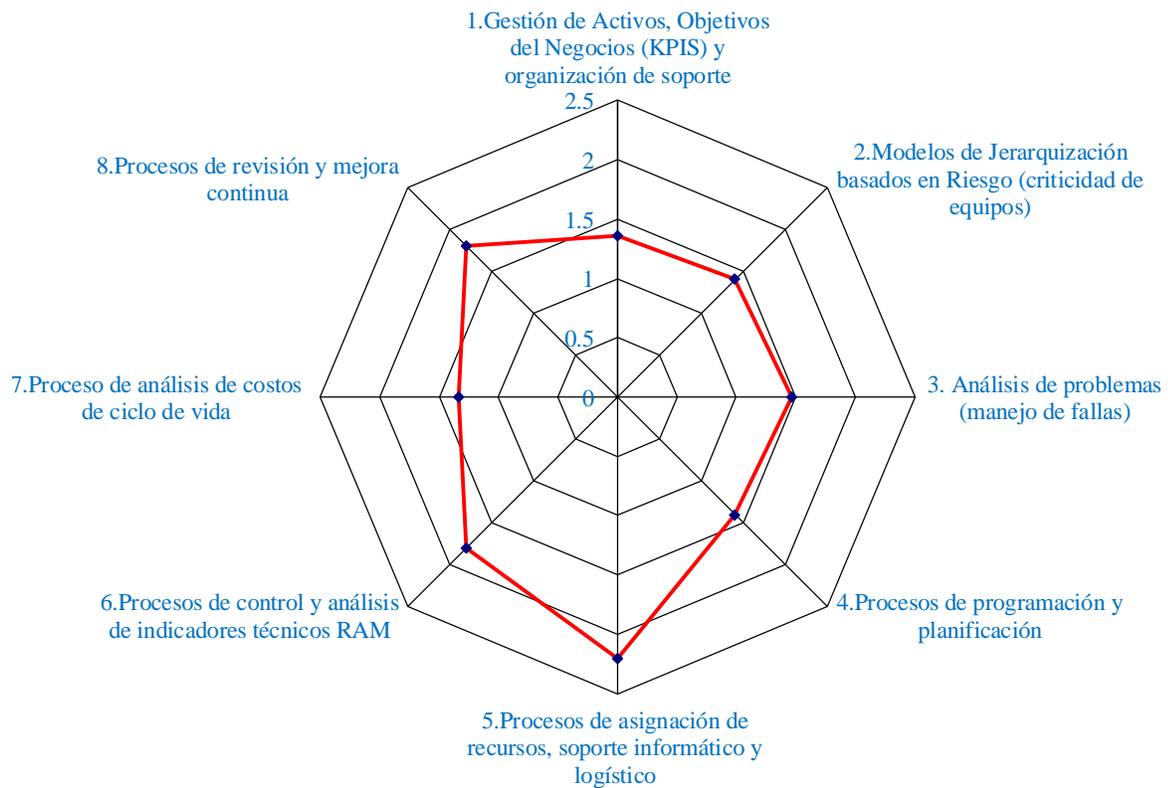


Ilustración 9. Gráfico Tela de Araña, Puntuación AMORMS

## 2.7 Establecer Planes de Mejora Continua.

Poner en marcha planes de mejora continua de los procesos de mantenimiento basándose en técnicas como el TPM y Lean Manufacturing. En nuestro caso deberemos establecer los lineamientos para la implementación de Lean Manufacturing.

Para la Implementación de Lean deberá involucrarse de manera directa tanto la dirección como mandos medios para así garantizar la sostenibilidad y desarrollo del sistema. Deberá seguirse un proceso de inducción de manera de estructura jerarquizada y organizada mediante reuniones y talleres con mandos y directivos para que todos estén involucrados. Esto puede implicar un compromiso por parte de los directivos para invertir en la formación de todo el personal, respaldando así todo el proyecto. Deben aprender a analizar el flujo de operaciones, detectando los desperdicios. Así mismo deben aprender a representar el flujo de procesos por medio de un organigrama.

Para el caso nuestro consideramos conveniente iniciar este proceso de implementación en un área piloto para luego replicar y expandir a las demás áreas de la planta. Para esto definiremos una secuencia de pasos a cubrir.

**Definir el entorno.** Identificar el problema que se necesita resolver, identificar y cuantificar los recursos con los que se cuentan, tanto materiales como humanos.

Detallar la situación presente. Identificar los principales desperdicios que está generando el proceso, tanto desperdicios de materiales e insumos como de recurso humano al no hacer el mejor uso de este en cuanto a su tiempo efectivo y a sus competencias, trabajos repetitivos por mala ejecución o reprocesos también constituyen desperdicios del proceso.

**Determinar objetivos.** Una definidas las oportunidades de mejora en el área de implementación se deben establecer los objetivos que pretendemos alcanzar con la implementación de Lean Manufacturing.

**Esquema de Plan de mejora. Planear:** establecer objetivos concretos, las tareas a seguir de cada uno, así como la duración de cada tarea. Se deberán proporcionar los medios necesarios para llevar a cabo las tareas.

**Definir indicadores:** para darle seguimiento al proyecto, de manera que se tengan claros los criterios a evaluar para medir el aumento de mejoras durante el proyecto.

**Organizar equipos de trabajo:** Organizar el equipo multidisciplinario que tendrá a su cargo el seguimiento de la implementación estableciendo funciones y metodologías operativas.

**Establecimiento de mejoras:** Se deberá considerar una mejora cuando:

- Se reducen desperdicios por medio del mantenimiento y calidad.
- Los procesos de producción se estabilizan incrementando la efectividad del equipo, los niveles de calidad y disminuyendo los tiempos perdidos.

Algunas técnicas de apoyo pueden aplicarse como es el caso de TPM. También se pueden realizar técnicas como mantenimientos preventivos, controles estadísticos del proceso y mantenimiento productivo.

**Estandarización:** Una vez que se han establecido las mejoras es necesario darle un seguimiento continuo y detallado a la parte de la estandarización. Esto se logrará una vez que se optimicen los métodos de trabajo al máximo y se adapten al ritmo de operación que se requiere. El ritmo de trabajo en la producción, así como la mano de obra y la capacidad de las máquinas deberán estar adaptados según sea la demanda del proceso productivo.

### **Definir el ritmo de Producción.**

El ritmo de producción debe ser en flujo continuo, en los tiempos adecuados, la cantidad y el lugar requeridos con niveles de desperdicios mínimos en incluso cero. Tomando en cuenta estas especificaciones es de vital importancia mantener esa estabilidad y flexibilidad por el resto del proceso operativo.

Otra de los beneficios que deberán ocurrir es la reducción del inventario en proceso, puesto que todo va en flujo no deben existir los cuellos de botella ni los tiempos perdidos.

**Medición de resultados:** El método de Lean Manufacturing nunca termina pues lo que se busca es obtener una mejora continua que no permita nuevos estancamientos ni reprocesos. El poder medir los incidencias de mejora es de gran ayuda para evitar futuros problemas, del mismo modo ayudan a establecer recompensas, en especial al inicio de la implementación.

Los criterios base que van a definir los indicadores pueden ser:

- Tiempos de cumplimiento.
- Frecuencia con la que se medirán los indicadores.
- Tener un plan de acción para correcciones y un grupo especializado en este tema.
- Representar gráficamente los resultados del indicador.
- Tener claras las posibles variantes que pueden influir en el significado o comportamiento de los indicadores.
- Estar al tanto de los resultados obtenidos por empresas del mismo sector.

**Análisis:** Es conveniente que el análisis de la implementación de Lean Manufacturing sea dividido en Análisis Gerencial y Análisis operacional.

### **Análisis Gerencial:**

- **Compromiso De La Dirección:** Es de fundamental importancia que la alta dirección ofrezca las condiciones básicas para la aplicación de Lean Manufacturan.
- **Objetivos Cuantificados:** indicadores de rendimiento de la empresa (KPI) deben ser medibles, de modo que se pueda realizar un seguimiento de su progreso, por ejemplo, tiempo de fabricación, porcentajes de no conformes, el volumen de ventas.
- **Cronograma de implantación Lean:** la compañía debe tener conocimiento de sus debilidades, fortalezas, su situación externa, amenazas y Oportunidades.
- **Capacitación y Disposición:** como paso previo a la aplicación de Lean, la dirección debe elegir las personas adecuadas para desempeñar funciones como sea necesario asignación de los líderes y capacitación de los operadores
- **Gestión Del Tiempo:** La dirección debe proporcionar recursos que garanticen una rápida respuesta a las ideas de mejora señaladas por los operadores, de la solución de las anomalías observadas durante las actividades y la organización del lugar de trabajo, etc.
- **Profundización de análisis:** El equipo involucrado en actividades de Lean debe ser calificado para una investigación que se traduce para alcanzar la causa raíz de los problemas encontrados, pudiendo proponer medidas eficaces, el análisis coste-beneficio
- **Aprovechamiento de las mejoras:** las actividades Lean en una máquina o estación de trabajo deben ser registrados, y deben tenerse en cuenta las lecciones aprendidas, y, posteriormente, dichas medidas, deben extenderse a todos puestos de trabajo/ máquinas similares en la planta

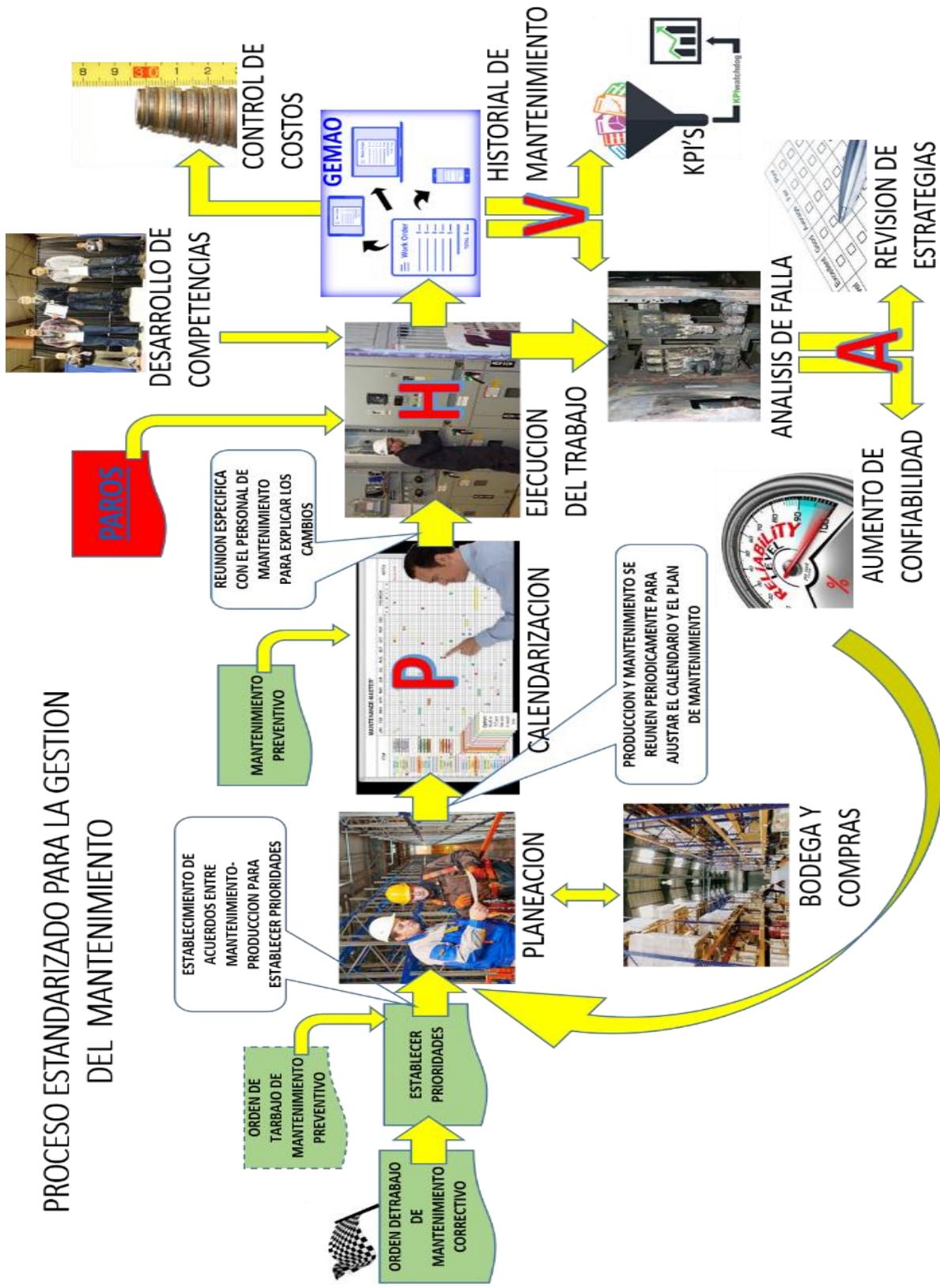
- **Moral:** la empresa debe proporcionar las condiciones para medir y asegurar la motivación de sus operadores. Esto puede ser a través de un programa de sugerencias que recompensa a los empleados que colaboran con ideas para mejorar la planta.

**Análisis Operacional:**

- **Seguridad:** es de fundamental importancia que las actividades se realicen con todas las medidas de seguridad necesarias para los operadores, con el fin de lograr cero accidentes, prevenir accidentes y mejorar la ergonomía en el lugar de trabajo



# PROCESO ESTANDARIZADO PARA LA GESTION DEL MANTENIMIENTO



El mantenimiento debe considerarse un proceso con: una entrada, un procesamiento (transformación) y una salida, encaminado a prevenir, predecir y/o corregir las fallas. La entrada son las fallas potenciales, las fallas reales o las desviaciones en la capacidad requerida o la de diseño, según lo solicitado por producción al adquirir el equipo, así como también cualquier incidente, inspección, modificación o mejoramiento, siempre a través de una orden de trabajo, por ser la herramienta de control de la gestión de mantenimiento, para saber qué estamos haciendo y que tan bien lo hacemos. El procesamiento es la ejecución de la estrategia de mantenimiento. Finalmente, la salida será la entrega de los equipos al solicitante buscando su aprobación del cumplimiento con la capacidad requerida del equipo intervenido.

Aclaremos que, durante el procesamiento, deberán identificarse claramente: los métodos, procedimientos o pasos a seguir para transformar, la mano de obra idónea, los materiales necesarios para transformar, las máquinas o equipos necesarios, así como el medio ambiente adonde se llevará a cabo el proceso, para mantener las características o la preservación. Debemos buscar con nuestros proveedores que el potencial de falla de los materiales y repuestos sea mínimo, además de cumplir con un requerimiento universal por parte de nuestros clientes, en que todo se realice a un costo mínimo y en forma segura.

Se hace necesario planear toda intervención, definiendo el alcance del trabajo (poner límites), aclarar cómo hacer el trabajo (normas y procedimientos aplicables) y estableciendo cuánto tiempo se debe emplear en la ejecución, todo a través de la orden de trabajo.

## **CAPITULO 3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA GMAO , COMO HERRAMIENTA DE REGISTRO Y CONTROL.**

### **3.1 Sistemas informáticos Software para la Gestión del Mantenimiento**

A medida que pasa el tiempo, la tecnología se vuelve fundamental si se aplica un buen uso, en la actualidad, el mantenimiento se puede gestionar mediante ordenadores, y una de las ventajas es que se vuelve práctico el ingreso de datos, el procesamiento y permite realizar muchas tareas de manera fácil y cómoda, que llevar registros físicos.

Debido a las grandes cantidades de datos e información que se debe manejar en el proceso de mantenimiento.

- **GMAO** (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador) también se conoce como:
- **CMMS** (Computerized Maintenance Management System)
- **GMAC** (Gestión de Mantenimiento Asistido por Computadora)
- **SCAM** (Sistema Computarizado para la Administración del Mantenimiento).

Una GMAO tiene su procedencia de grandes empresas como una alternativa de solución para el control de mantenimientos preventivos rutinarios. Las empresas industriales suelen tener grandes lotes de activos que en su mantenimiento se traducen a grandes cantidades de órdenes de trabajo, insumos y repuestos en stock, que requieren una mejor manera de control.

Es necesario que una GMAO tenga la compatibilidad con otros sistemas y base de datos de la compañía, como contabilidad, nominas, almacenes, entre otros. En el medio existen diversos paquetes informáticos que sirven para la gestión de activos, y existen muchos riesgos al adquirir un paquete de mercado, ya que la mayoría son sistemas con condiciones variadas, configurables a la disposición del usuario, pero en realidad esto no es del todo cierto, en la mayoría de los casos estos sistemas operativos son demasiado cuadrados y rígidos, y obligan a que las organizaciones se acoplen a las condiciones del software, cuando debería ser lo contrario.

Una GMAO es su fácil manejo para todo tipo de usuario, ya que es el operador quien tendrá los privilegios de facilitar la información en la base de datos, como también, el personal que actualizará historiales, despache de ordenes de trabajo, entre otras actividades. Por ello, es importante que el interfaz sea sencillo y practico, fácil de entender e interpretar, de esta manera una GMAO será una herramienta de beneficio y no una barrera más a los procesos de la organización.

La intención no es hacer comparaciones entre varias GMAO, sino que, deseamos aclarar cuáles son los aspectos que impactarán en la empresa positiva o específicamente en el departamento de mantenimiento. Los programas nos permiten disponer de gran cantidad de información, de forma adecuada y fácil de extraer. Lo que nos permite disponer de un historial de cada equipo, maquina o componente, tanto de características técnicas, como averías, revisiones, sustituciones, fechas de las última incidencias o averías, personal, horas y materiales utilizados en la solución de los problemas etc. También una GMAO permite programar en función de los parámetros que sean los más convenientes para la empresa, las revisiones preventivas o predictivas, generando los listados correspondientes para la tarea de los técnicos, según los plazos programados.

Muchos de estos programas permiten la gestión de herramientas y/o stocks de repuesto, avisando cuando se tiene menos de un mínimo de piezas de un determinado repuesto, generando incluso una orden de compra, también un fichero de proveedores, fabricantes, etc.

<b>SOFTWARE MAS CONOCIDOS PARA LA GESTION DE MANTENIMIENTO</b>	
<b>Ítem</b>	<b>SOFTWARE</b>
<b>1</b>	<b>SAP</b>
	Sistema informático integrado de gestión empresarial diseñado para modelar y automatizar las diferentes áreas de la empresa y la administración de sus recursos.
<b>2</b>	<b>Lantek Optima</b>
	Software para la administración, conservación y explotación de activos. Indicado para empresas de mantenimiento y proveedores de servicios públicos o privados.
<b>3</b>	<b>PRIMAVERA Maintenance: Gestión eficaz del Mantenimiento</b>
	El software GMAO que le permitirá planificar, programar y gestionar, de forma ágil y sencilla, todo el proceso de mantenimiento Preventivo, Correctivo y Predictivo de los equipos de su empresa.
<b>4</b>	<b>CORIM Solutions: CORIM Progress y CORIM Business</b>
	Los softwares CORIM están disponibles en varias versiones en el campo de la industria, de los servicios y en el sector terciario. Su especialización por sectores es lo que hace al GMAO CORIM destacar entre sus competidores.
<b>5</b>	<b>Software, Maquinaria y Mantenimiento S.L.</b>
	Empresa de desarrollo de software, dedicada la programación de Herramientas para el Mantenimiento.
<b>6</b>	<b>Mantenimiento Fácil</b>
	Software de administración de Mantenimiento, acorde a ISO 9001:2000

7	<b>INGRID</b>
	Aplicación destinada a la Gestión de Activos urbanos o materiales y su posterior gestión de mantenimiento.
8	<b>ITHEC</b>
	Gama de softwares de Gestión de Mantenimiento adaptados a cualquier sector de actividad industrial.
9	<b>Abismo</b>
	Aplicación de Gestión de Mantenimiento con integración de todas las áreas: gestión activos, almacén, compras, acorde a ISO 9001:2000
10	<b>Engeman</b>
	Herramienta de planificación y control para la gestión eficaz del mantenimiento y servicios.
11	<b>TCman</b>
	Programa GIM (Gestión Integral del Mantenimiento), para el Mantenimiento Planificado, No planificado y gestión de otros recursos.
12	<b>SIMI: Sistema Integrado de Mantenimiento Industrial</b>
	Software de Planificación y Control para la gestión eficaz del Mantenimiento Preventivo, Correctivo y Predictivo de equipos.
13	<b>MAGMA, Mantenimiento de Maquinaria y procesos industriales.</b>
	Programa GMAO completo, económico, intuitivo y versátil, apto para la gestión de cualquier tipo de proceso, incluye todos los elementos de control necesarios, sin módulos adicionales.
14	<b>MicroMain offers three CMMS/EAM software</b>
	Programa que ayuda a mejorar el mantenimiento de los equipos, extender la vida útil de activos y reducir los inventarios de recambios, logrando menores costos de operación.
15	<b>MP Software</b>
	El objetivo principal del MP es ayudarle a administrar la gestión de mantenimiento de una manera eficiente, manteniendo toda la información de su departamento de mantenimiento documentada y organizada.
16	<b>EZ MAINTENANCE</b>
	Programación, Seguimiento y Control de Mantenimiento para cualquier tipo de equipo industrial o vehículo
17	<b>COGZ Maintenance</b>
	Programa de Mantenimiento Preventivo de fácil instalación, configuración rápida, facilidad de uso y velocidad de operación.
18	<b>Proteus MMX CMMS/EAM</b>

	Software de Mantenimiento Web o Cliente/Servidor para cualquier tamaño de empresa, dirigido al mantenimiento de edificios y plantas de manufactura con una sólida administración de órdenes de trabajo y capacidad para la generación de reportes e informes personalizados.
<b>19</b>	<b>SAMM</b>
	Sistema especializado para mantenimiento en empresas de servicios y manufactura
<b>20</b>	<b>Rosmiman Industry</b>
	Rosmiman Industria es una herramienta simple y eficaz dirigida a los responsables de mantenimiento, que se adapta fácilmente a cualquier organización que desee implantar y conectar varios servicios de mantenimiento industrial: el "modelo de aseguramiento de la calidad en la producción" está cubierto gracias a los procedimientos operativos de calidad, especificaciones técnicas, rutinas de inspección.
<b>21</b>	<b>IBM Máximo Asset Management</b>
	Máximo proporciona la solución para la captura y gestión de toda la información necesaria durante todo el ciclo de vida de los activos y facilita la toma de decisiones basadas en datos, requerimientos, recursos disponibles y condiciones de seguridad, de forma que se generen importantes ahorros y se prolongue la vida útil de los activos.

Tabla 6. Tipos de Software de Mantenimiento, 2018

### **Características de una GMAO.**

Debe estar conformada de ciertas características claves para ser un sistema funcional y productivo a la vez, de las cuales mostramos:

### **3.2 Cronología del mantenimiento en la planta**

La percepción sobre el mantenimiento en la empresa ha cambiado en el transcurrir de los años, debido al cambio acelerado de la tecnología, los equipos ahora son más automatizados y complejos en su diseño. Así mismo, se han desarrollado nuevas técnicas y metodologías de análisis, planificación y ejecución del mantenimiento, con un enfoque de rentabilidad y sostenibilidad.

Históricamente Ingenio El Ángel se ha caracterizado por ser una empresa de alto rendimiento, a medida su demanda aumentaba, crecía la necesidad de optar por más equipos, dando inicio a las actividades de mantenimiento correctivo y la creación de los primeros talleres, que originan la primera generación de mantenimiento con las siguientes características:

- Poca demanda de habilidades para realizar actividades de mantenimiento.
- Poca importancia en los tiempos de paro de los equipos y producción.
- La prevención de fallas en los equipos no era prioridad.
- Los encargados de mantenimiento solo se preocupaban por reparar averías.
- La mayoría de los equipos eran robustos, algunas veces sobre dimensionados y simples.

Con el transcurrir del tiempo, en los años 50's aproximadamente, existe la necesidad de implantar técnicas para prevenir las fallas de los equipos y disminuir los costos de alguna manera. Pero no se optaba con el total conocimiento de metodologías idóneas para lograrlo.

En la década de los 80 se comienzan a ver nuevas tecnologías con el fin de prevenir las fallas en los equipos. Instrumentos idóneos para realizar mantenimiento predictivo en los equipos, estos cambios hicieron que se incluyese dentro de los objetivos de las organizaciones, en materia de mantenimiento, lo relativo a garantizar la seguridad de las personas, las exigencias de calidad del producto terminado y la protección del medio ambiente. Y así contribuir en la rentabilidad de la empresa como tal.

actualmente se han desarrollado metodologías y tecnologías acompañadas de la competitividad, la cual se destacan las siguientes características:

- Confiabilidad y excelencia operacional.
- Confiabilidad integral de los activos.
- Prevención del mantenimiento.
- Análisis de costo de ciclo de vida.
- Optimización integral del mantenimiento.
- Énfasis en los indicadores de disponibilidad.

Estas características han conllevado a que, la empresa tenga una mejora significativa, ya que la mayoría de las mejoras alcanzadas se deben a la aplicación de nuevas estrategias, ideologías técnicas y herramientas de modelos sistematizados para diagnóstico proactivo.

La planta cuenta con un personal experimentado en los procesos y equipos desde sus inicios, por lo tanto, tienen la experticia de técnicas para solventar problemas frecuentes. La clave está en tener la capacidad para decidir cuáles son las técnicas ideales para la empresa. Ya que, si se elige adecuadamente, es posible que mejorar la práctica del mantenimiento, el mismo tiempo que, se contenga e incluso se reduzcan los costos.

## LINEA CRONOLOGICA DEL MANTENIMIENTO INGENIO EL ANGEL

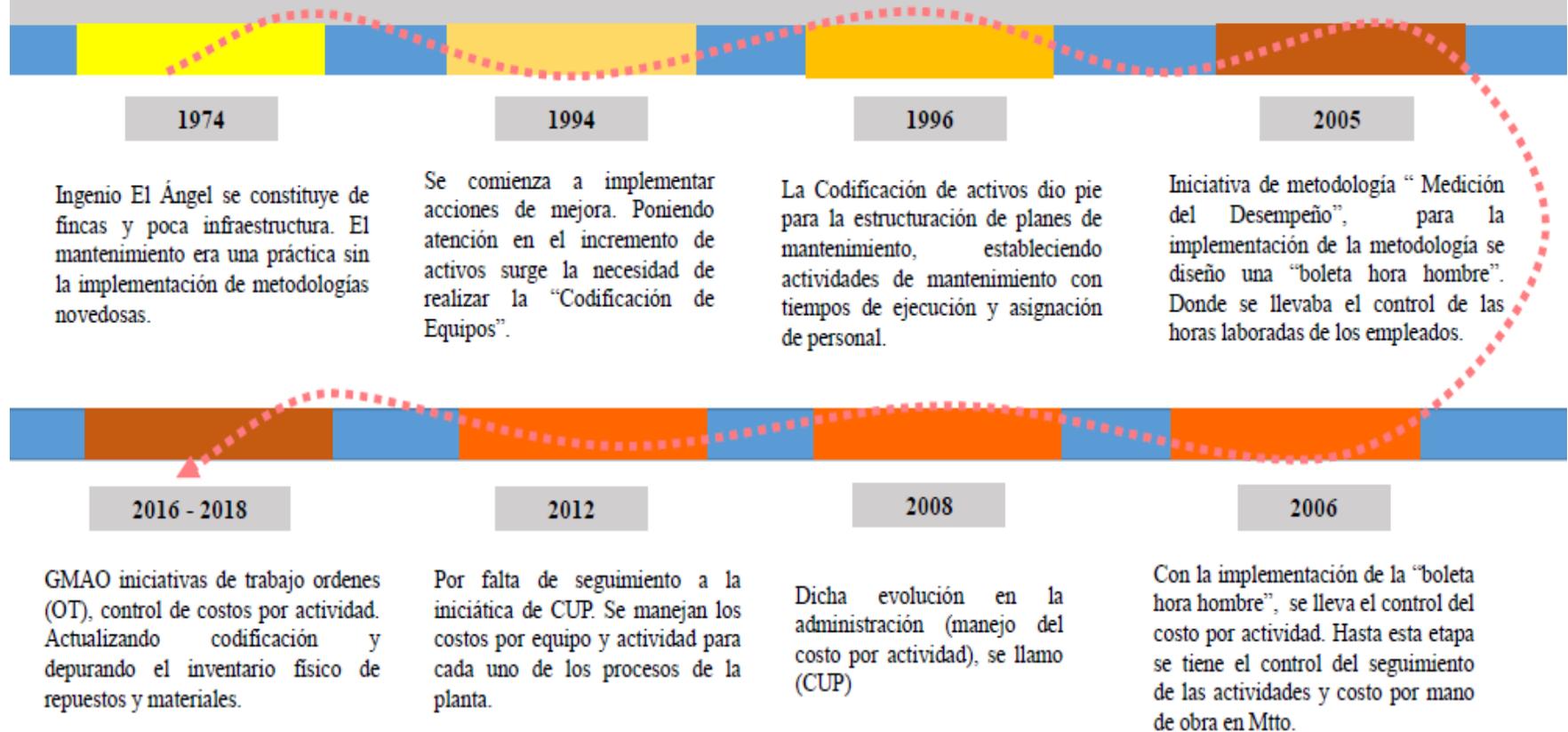


Figura 3. Cronología del Mantenimiento Ingenio El Ángel, Autores de Tesis , 2018

### 3.3 Recopilación de la información

Es importante definir la metodología que se usará para la recopilación de información que se ingresará como data a una GMAO. La recopilación de información debe ser esencial para comprender y analizar un campo en específico. En nuestro caso es muy importante conocer la industria, a los clientes y competidores, para saber lo que otros están haciendo.

Un sistema de recopilación de datos apropiado es de gran utilidad para identificar los problemas que puede experimentar una empresa, e implementar las soluciones correctas.

#### 3.3.1 Metodología de la recopilación de datos

Existen diferentes métodos de recopilación de datos, y es necesario que encontremos el más apropiado para obtener resultados exitosos. Debemos decidir si nuestra investigación será cualitativa, cuantitativa o mixta. Ambas metodologías permiten abundar un caso a profundidad según sea la necesidad.

Para la recopilación de datos ocuparemos la metodología mixta. La investigación cuantitativa será la recopilación de datos de fallas de equipos para determinar indicadores como el tiempo medio entre fallas y tiempo medio en reparación (MTBF y MTTR)

En la investigación cualitativa se responderán preguntas como: por qué ocurre la falla, como solventarla y para que prevenirla, a través de la consulta al equipo multidisciplinario conformado y de los eventos históricos recabados.

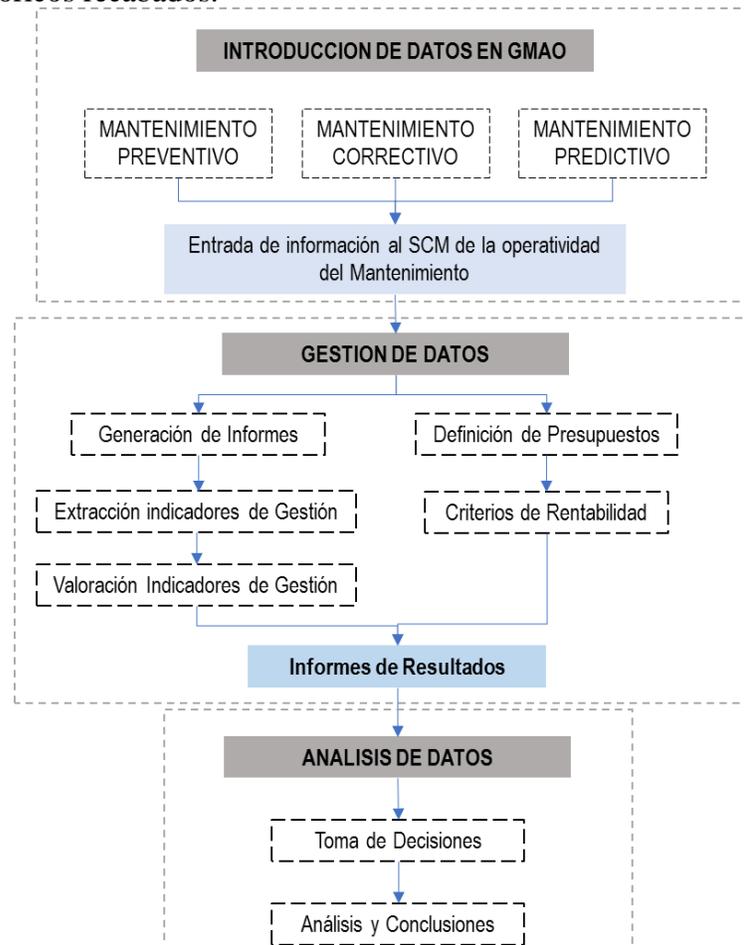


Figura 4. Proceso de Introducción de datos en GMAO, Autores de tesis, 2018

### 3.3.2 Inventario y codificación de activos

La codificación significa en grandes rasgos, dar a las máquinas y equipos una dirección donde ubicarlas y un nombre con el cual identificarlas, permitiendo tener control y conocimiento sobre información técnica, datos numéricos de costo, características generales, etc., de cada una de las máquinas, equipos y componentes emplazados en la empresa.

La estructura alfanumérica para la codificación de los activos se diseñó de la siguiente manera:

**Creación de familias:** Se realizó un levantamiento de los diferentes tipos de activos que conforman el ingenio y se asignó tres iniciales conforme a su nombre técnico. Ejemplo:

FAMILIAS
ACD-Acondicionador
AGT-Agitador
ALM-Alimentador
ARC-Arrancador
BCL-Bascula
BCL-Báscula
BDT-Banda transportadora
BMB-Bomba
CCD-Cosedora
CDS-Condensador

**Tipos de código:** Se determinaron dos tipos de códigos, de Equipo y Funcional.

*Código de equipo:* El código de equipo es un numero de 5 dígitos que identifica el activo donde sea que este se mueva dentro de la planta siempre tendrá ese código implícito, Ejemplo:

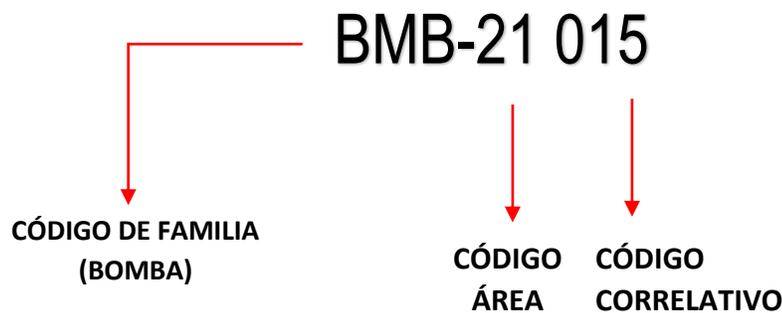


*Código funcional:* El código funcional determina la ubicación del equipo. Y se compone de 5 dígitos que describen el código del área al que pertenecen y su correlativo. Ejemplo:

Códigos de áreas:

## Planta

Código	Descripción
+ PCA-1000	<b>Molienda</b>
+ ALI-1100	Alimentación de caña
+ MOL-1200	Molinos
+ COG-2000	<b>Cogeneración</b>
+ CAL-2100	Calderas
+ TBG-2200	Turbogeneradores
+ FAB-3000	<b>Fábrica</b>
+ CLA-3100	Clarificación
+ EVA-3200	Evaporación
+ CRI-3300	Cristalización
+ CTF-3400	Centrífugas
+ SEC-3500	Secado y envase
+ REF-3600	Refinería



La nomenclatura del código nos indica que es un equipo de la familia Bombas (BMB), ubicado en el área de calderas, CAL-2100 y es la bomba número 015 de esa área.

### 3.3.3 Definición de la conexión de información entre procesos de mantenimiento

La información de transferencia para todos los involucrados en la gestión del mantenimiento debe ser transparente y precisa, de manera que sea de interés para todas las partes involucradas.

El inicio de esta gran red de gestión comienza desde la necesidad de intervenir un equipo para su mantenimiento. La orden de trabajo (OT), es la apertura a un registro significativo, ya que por medio de la generación de orden de trabajo se genera un número correlativo para su seguimiento a quien se carga la información de costos y características de los consumibles e insumos y el recurso de mano de obra.

### **3.4 Criterios de selección del software**

A medida los ingenios del entorno van adoptando metodologías nuevas para la gestión del mantenimiento, las exigencias por estar a la vanguardia con las competencias incrementan, ya que es necesarios buscar los mecanismos idóneos para implementar metodologías que nos ayuden a mejoras la rentabilidad.

Ingenio El Ángel en su momento comenzó a dar sus primeros pasos a la sistematización de los procesos administrativos y mantenimiento, implementando un software ORACLE, con la capacidad de realizar gestiones de solicitudes de compra, solicitudes de trabajo en proyectos de mejoras, requisiciones, entre otros.

Aproximadamente en el año 2016 se implementó un software de mantenimiento llamado MP, con la intención de tener un mejor control del manejo y planificación del mantenimiento. para el buen funcionamiento del MP, era necesario volcar la información de ORACLE hacia el MP, pero no fue posible por la incompatibilidad de ambos softwares. Fue entonces que se tuvo la iniciativa de diseñar y crear nuestro propio software, adaptado a nuestras necesidades y capaz de realizar las mejoras que se requieran. Ya que nuestra empresa presenta ciertas especialidades en la gestión del mantenimiento, la idea de la creación de nuestro propio sistema ha funcionado muy bien. Por lo tanto, ya se está implementando en todas las áreas de la planta la imputación de información al nuevo software llamado “Sistema de Control de Mantenimiento”

### **3.5 Arquitectura del software**

El software de Gestión de Mantenimiento está diseñado bajo una plataforma Oracle quien almacena los datos ingresados al sistema. Su estructura está basada bajo la necesidad de tener un mejor control de la gestión del mantenimiento preventivo anual, preventivo rutinario zafra, correctivo planificado y no planificado y predictivo. para ello se comenzó retomando la data existente “Planes de mantenimiento”, elaborados y gestionados desde la plataforma de *Project*, con tiempos estimados y sin evidencia de cumplimiento.

La plataforma del SCM (Sistema de Control de Mantenimiento) está estructurada por tres grandes bloques principales, Catálogos, Procesos y Reportes. En cada uno de ellos se gestiona la información del mantenimiento, con información ingresada día con día.

### 3.5.1 Catálogos

En catálogos encontramos la información referente a planes de mantenimiento e información de los equipos que conforman toda la planta, identificados por la codificación antes detallada.

Los planes de mantenimiento pasaron por un ordenamiento de contenido, donde se priorizo la información que es importante en un plan de mantenimiento: tiempos definidos, recurso humano (código de empleado, nombre, área de trabajo). Frecuencia, categoría, etc. De la misma manera fue necesario definir una nomenclatura para identificar y hacer una búsqueda práctica de los planes.

Respecto a los equipos que conforman la planta se diseñó una pantalla que fuera capaz de mostrar la información principal del equipo; llámese código funcional y de equipo, información técnica, ubicación en la planta y descendencia. Además, una de las principales funciones que cumple la pantalla de equipos es la búsqueda inmediata. Hace falta ingresar el código funcional o de equipo para que el buscador en automático rastree la información que necesitamos

A continuación, la nomenclatura que se diseñó para los planes de mantenimiento:



### 3.5.2 Procesos

Cada ventada de proceso se encarga de gestionar las ordenes de trabajo que se generan. para cada tipo de mantenimiento las actividades y frecuencias difieren dependiendo de su especialidad. Independiente de ello, las ordenes de trabajo se tienen que generar para ejecutar cualquier actividad de mantenimiento que genere la intervención de mano de obra e insumos.

### 3.5.3 Reportes

Los reportes que generan la gestión de OT's, se basa en la consulta de información general. Fecha de creación, descripción de la actividad a realizar, información general del equipo y su condición ya sea la orden de trabajo aun este abierta o está cerrada. El estado "cerrada" se genera cuando la imputación de mano de obra refleja un 100%. De la misma manera se pueden rastrear los costos que han sido generados en la intervención de cualquier equipo.

En la etapa de mantenimiento el reporte más significativo es el porcentaje de avance de cada área. una ponderación establecida matemáticamente de cumplimiento para cada semana es la que se pretende alcanzar y analizar en cada reunión de avance. De modo contrario, el área que no alcanza el porcentaje estimado se presenta en color rojo como negativo.

Cada una de las facetas del software de mantenimiento se ha diseñado con la intención que sea amigable con los involucrados, de manera que sea de fácil manejo. Como principal ventaja nuestro Sistema de Control de Mantenimiento SCM, está diseñado en casa; teniendo la oportunidad de crear las opciones de gestión según sea la necesidad.

A continuación, el listado de pantallas que se presentaran en los anexos como referencia de la estructura del software.

#### Catálogos:

- Pantalla de Equipos
- Pantalla de Planes de Mantenimiento

#### Procesos:

- Solicitud y generación de ordenes de trabajo
- Ingreso de mano de obra
- Consumo de materiales en ordenes de trabajo
- Almacenes de mantenimiento
- Economía y finanzas de mantenimiento

#### Reportes

- Avances
- Consultas OT

### 3.6 Resultados y beneficios de la GMAO

El SCM no permite disponer de gran cantidad de información, de una forma adecuada y fácil de extraer. Esto nos permite disponer de un historial de cada equipo, máquina o componente, tanto de características técnicas, como de averías, revisiones, sustituciones, fechas de las últimas incidencias o averías, personal, horas y materiales utilizados en la solución de los problemas, etc.

Al mismo tiempo, nos permitirá programar en función de los parámetros que decidamos, las revisiones preventivas y/o predictivas, generando los listados correspondientes para la tarea de los técnicos, según los plazos programados.

Otra funcionalidad del SCM es que permite la gestión de herramientas y/o Stocks de repuesto, avisando cuando tenemos una posible rotura de STOCK de un determinado repuesto. Esta funcionalidad también permite tener un fichero de proveedores, fabricantes y otras entidades colaboradoras.

Ventajas del Sistema de Control de Mantenimiento SCM:

- Mejora la planificación del mantenimiento y el seguimiento de sus intervenciones ayudando a optimizar el tiempo necesario de servicio y así ajustar los recursos materiales y personales dedicados reduciendo los costos de mantenimiento.
- Permite una gestión de mantenimiento más racional, el programa mejora la fiabilidad de sus equipos y por tanto su productividad. Esta mejora tiene un impacto directo en la eficiencia y el rendimiento de sus activos ayudando a garantizar sus programas productivos.
- La información registrada, el histórico de eventos e incidencias y el módulo de información permitirá el cálculo de indicadores que ayudan al programa al diagnóstico de averías y hace posible identificar los fallos más comunes y analizar el origen que los causa.
- La disponibilidad de información fiable y a los indicadores claros y precisos, este programa sirve al apoyo en la toma de decisiones de nuevas inversiones y en la planificación de presupuestos.

## **CAPITULO 4. INFLUENCIA DEL MANTENIMIENTO EN LA RENTABILIDAD DE LA EMPRESA.**

*Referencias de Capitulo: (4) (5) (6) (7) (8)*

La administración del mantenimiento se basa en la gestión (medición, control, análisis, diagnóstico y decisión) y se materializa a través de una programación (planeación con alto grado de exactitud que genere la especificación de órdenes de trabajo y procedimientos de control), la cual permite utilizar lo mejor posible, los recursos disponibles. Los trabajos se asignarán a grupos específicos, con tiempos de iniciación y terminación también específicos, procurando mantener un balance adecuado entre la capacidad y la carga de trabajo, optimizando en lo posible, los costos asociados, en un ambiente dinámico de operación, buscando siempre cumplir las metas y objetivos establecidos por la empresa, en cuanto a productividad, desarrollo e innovación. Finalmente, las Decisiones deben tomarse en base a una estructura de costos, teniendo presente que una de las principales tareas será minimizarlos, de ahí la importancia de conocer sus componentes.

El Mantenimiento no puede verse como una actividad separada de las Operaciones, sino supeditado a ellas, en el sentido que el servicio al cliente se considera primordial. No por esto se debe considerar el Mantenimiento como secundario, ya que repercute directamente en la calidad del servicio e incrementa desapercibidamente los costos totales de la empresa. La confiabilidad de la planta está directamente relacionada con el nivel de optimización del mantenimiento en una empresa, lo cual se logra a través de una filosofía de trabajo que permita mejorar los procesos, alargar la vida útil de los equipos, minimizar las fallas, disminuir los tiempos de reparación, aumentar la seguridad y operación de los equipos, y sobre todo, una reducción significativa de los costos de producción y mantenimiento, que es la misión primordial de una gerencia moderna y de calidad.

Lejos de ser una actividad periférica, un mal necesario, o un presupuesto de gasto, mantenimiento debe constituirse en actividad primordial de maximización de la producción, la administración de los activos de la empresa, y sobre todo en un pilar de beneficios. Su actuación debe dar valor agregado a su función, ser competitiva, y estar alineada con las metas de la empresa, dejando visible su aporte estableciendo índices representativos que relacionen costos, datos, hechos, eventos, documentos o análisis de resultados en los que se involucre una información que sugiera, desarrolle o permita toma de decisiones acertada dentro del área de mantenimiento y de la empresa.

## 4.1 Costos y Ahorro Anual del Mantenimiento

Desde el punto de vista de la gestión del mantenimiento, uno de los factores más importante es el costo del mantenimiento. Estos costos tienen una gran importancia cuando se trata de medir la eficiencia de la gestión realizada con la ayuda de la contabilidad de costos, al estudiar el cumplimiento de los presupuestos tanto de operación como de obra, permitiendo así comparar la labor del departamento de mantenimiento respecto a los demás.

El departamento de mantenimiento debe tener en todo momento el control sobre sus costos mediante la implementación de un sistema ágil y eficiente, de tal forma que se cuente con la información real, confiable y oportuna, necesaria para la evaluación continua de los trabajos, desempeño, eficiencia y productividad de los recursos que intervienen en los procesos productivos, pues no se puede mejorar lo que no se mide y no se puede traducir el resultado al lenguaje de los accionistas o dueños de la empresa, expresado como ahorro anual del mantenimiento.

Para lograr esa ganancia adicional o ahorro, se hace necesario aplicar a nuestra gestión del mantenimiento una metodología Costo-Riesgo (OCR), que conlleva las siguientes ventajas:

- Reducción de inventarios.
- Mayor disponibilidad de equipos y de planta.
- Eliminación de “almacenes ocultos”.
- Mejor conocimiento de los recursos necesarios.
- Mejor comunicación y comprensión entre ingeniería, operaciones y abastecimiento.
- Justificación racional de las decisiones.
- Mejor comprensión de los requerimientos de los sistemas de inventario y mantenimiento.
- Creación de una relación más clara y beneficiosa con los proveedores.
- Mayor costo-eficacia en el conjunto de la empresa

Llevándonos así a obtener una Máxima Disponibilidad al Mínimo Costo cuidando de:

- Disponer de mano de obra en la cantidad suficiente y con el nivel de organización necesario.
- Hay que asegurar que la mano de obra esté suficientemente cualificada para acometer las tareas que sea necesario llevar a cabo.
- Que el rendimiento de dicha mano de obra sea lo más alto posible.
- Que dispongamos de los útiles y herramientas más adecuadas para los equipos que hay que atender.
- Que los materiales que se empleen en mantenimiento cumplan los requisitos necesarios.
- Que el dinero gastado en materiales y repuestos sea el más bajo posible.
- Que se disponga de los métodos de trabajo más adecuados para acometer las tareas de mantenimiento.
- Que las reparaciones que se efectúen sean fiables, es decir, no vuelvan a producirse en un largo periodo de tiempo.
- Que las paradas que se produzcan en los equipos como consecuencia de averías o intervenciones programadas no afecten al Plan de Producción y, por tanto, no afecten a nuestros clientes (externos o internos).
- Que dispongamos de información útil y fiable sobre la evolución del mantenimiento que nos permita tomar decisiones.

## **Costo global del mantenimiento**

- **Costo de las intervenciones**

Se incluyen los gastos relacionados con el mantenimiento preventivo y correctivo. No se incluyen costos de inversión ni de actualización tecnológica ya que estos son producto de proyectos específicos que van en relación directa con el aumento de la producción, por tanto, deben estar considerados en el flujo financiero que evalúa la conveniencia de realizar ese proyecto. Tampoco se incluyen ajustes de los parámetros de producción, reubicación de los equipos, tareas de limpieza, etc.

### **1. Mano de obra interna o externa**

El costo de la mano de obra interna se calcula con el tiempo empleado en la intervención multiplicado por el costo de HH especificando el tipo de mano de obra ocupada.

La mano de obra externa generalmente es un monto convenido con un contratista, valores que deberían estar estimados de ante mano por el encargado del mantenimiento.

### **2. Repuestos de bodega o comprados para la intervención**

Los repuestos que estaban en bodega y son usados en la reparación deben ser valorados al precio actual en el mercado y no al valor que ingresaron a bodega. Los comprados en el momento es el valor de factura.

### **3. Material consumible ocupado en la intervención**

El material consumible sea específico o general se costea conforme a la cantidad usada. La amortización de equipos de apoyo y herramientas de uso general se consideran en forma proporcional al tiempo de intervención.

- **Costo de las fallas o intervenciones emergentes**

Estos costos corresponden a las pérdidas del margen de utilidad debido a problemas directos del mantenimiento que hayan redundado en una reducción en la tasa de producción de productos con la calidad deseada, costos por multas debido al daño ambiental, aumento del costo de la seguridad del personal por fallas en los dispositivos de seguridad, pérdidas de negocios, pérdidas de materias primas que no se pueden reciclar, aumento de los costos de explotación, etc.

1. Por mantenimiento preventivo mal definido
2. Por mantenimiento preventivo o correctivo mal ejecutado
3. Uso de repuestos malos, inadecuados o de baja calidad
4. Por mantenimientos efectuados en plazos muy largos por falta de comunicación entre departamentos o adquisición de repuestos
5. Por falta de métodos, procedimientos, planificación o personal no calificado
6. Por falla debida a la vida útil de un dispositivo, sistema o máquina.

- **Costo de almacenamiento**

En general este costo es alto en las empresas y es aquí donde existe espacio para implementar mejoras tendientes a bajar costos. El costo de almacenamiento representa los costos incurridos en financiar y manejar el inventario de piezas de recambio e insumos necesarios para la función mantenimiento, se incluyen

1. El interés financiero del capital inmovilizado por el inventario
2. La mano de obra y la infraestructura computacional dedicada a la gestión y manejo del inventario
3. Los costos de explotación de edificios: energía, seguridad y mantenimiento.
4. Amortización de sistemas adjuntos: montacargas, tratamientos especiales, etc.
5. Costos en seguros
6. Costos de obsolescencia

- **Costo de sobreinversiones**

En el diseño inicial de una planta, lo correcto es tomar la decisión de adquirir equipos que minimicen el costo global de mantenimiento durante su ciclo de vida. Ello implica en general que se compren equipos cuyas inversiones iniciales son mayores que las de otros que cumplen los mismos requerimientos, pero cuyos costos de intervención y almacenamiento asociados se estiman menores.

1. A fin de incluir la sobreinversión, se amortiza la diferencia sobre la vida del equipo. Así es posible castigar en el costo global las inversiones extras requeridas para disminuir los demás componentes del costo.
2. Costos por cambio de divisa e inflación

Los costos globales del mantenimiento deben manejarse bajo la estructura contable que se detallará en los ítems que se desarrollan a continuación.

#### **4.1.1 Costos directos o variables (visibles)**

Los costos que tienen relación directa con las operaciones de mantenimiento programadas, siendo fijados por la cantidad de revisiones, inspecciones y en general por las actividades y controles que se realizan a los activos. Estos costos influyen mucho sobre el costo de un activo, por ser inherente al tiempo de funcionamiento o utilización de este.

1. Mano de Obra
2. Salarios
3. Prestaciones o costos administrativos
4. Costos de Operación
5. Costos asociados directamente a la ejecución de trabajos: transporte, instalaciones, alquiler de equipos, etc.
6. Suministros
7. Insumos
8. Repuestos
9. Materia Prima
10. Contratación Externa
11. Almacenamiento

#### **4.1.2 Costos indirectos o fijos (rechazos, reprocesos, horas-hombre no directas)**

Son aquellos que no pueden atribuirse de una manera directa a una operación o trabajo específico. En mantenimiento, es el costo que no puede relacionarse a un trabajo específico. Por lo general suelen ser: la supervisión, almacén, instalaciones, servicio de taller, accesorios diversos, administración, etc.

Con el fin de contabilizar los distintos costos de operación del área de mantenimiento, es necesario utilizar alguna forma para prorratarlos entre los diversos trabajos, así se podrá calcular una tasa de consumo general por hora de trabajo directo, dividiendo este costo por el número de horas totales de mano de obra de mantenimiento asignadas.

1. Amortización: Concepto contable que es la imputación o asignación de la depreciación al costo de la producción, de forma que se vaya formando un fondo, engrosado cada año, que el final de la vida económica del bien amortizable se pueda reponer el mismo.

Las fórmulas del coste decreciente y de la suma de los dígitos de los años están diseñadas para cargar la mayor parte de la depreciación al principio de la vida útil. Proporcionan una liquidación rápida que concuerda con la pérdida real del valor del equipo en los mercados normales. El

problema es el cálculo de los costes horarios, que serían variable según los años. Es por ello por lo que se aconseja utilizar la depreciación lineal para el cálculo de los costes horarios.

- Depreciación Lineal: Es cuando el costo de adquisición decrece constantemente. La depreciación lineal es el cociente entre el valor a amortizar y la vida útil estimada.
- Método de la suma de los dígitos de los años: Cada año se depreciará con un coeficiente, cuyo denominador será la suma de los dígitos de los años de la vida útil de la máquina, y cuyo numerador será, para el primer año, el último (es decir, el número de años de vida útil) y para el último año de vida útil, el dígito del primero (la unidad).
- Método de los costos decrecientes: Este método es de aplicación cuando una máquina se debe amortizar en pocos años (de 2 a 4 años), y es, además, de difícil utilización. Se trata de suponer una depreciación doble a la lineal y aplicarla al primer año. La del segundo año sería aplicar la misma depreciación doble, pero a la diferencia entre el valor a amortizar y la depreciación del primer año, y así sucesivamente. En este caso, el valor no llega a ser nulo en el último año, pero es válido considerarlo como valor residual.

2. Intereses del Capital: Los intereses del capital representan la cantidad monetaria que hubiera generado el capital invertido en la maquinaria si, en lugar de adquirir esta, se hubiera dedicado a otro proyecto alternativo de inversión. Puede considerarse como un coste fijo más de la máquina, aunque hay empresas que prefieren incluir estos en los gastos generales de las operaciones totales. Este coste se refiere tanto al interés en la inversión, tanto si la inversión es cubierta por los fondos de la empresa, como si se recurre a la financiación externa, ya que el interés se considera como coste del empleo del capital. Este interés se aplicará sobre el valor medio de la inversión. El interés es variable en función de la situación económica nacional e internacional.
3. Seguros, Impuestos y Almacenaje: Estos costes se aplican como un porcentaje del valor medio de la inversión. Estos gastos suelen ser variables entre la maquinaria de obra propiamente dicha, y de transporte.
4. Mano de Obra de Soporte o de Administración.
5. Conservación fuera de servicio y/o Mantenimiento No Programado o Emergente (imprevisto)

A continuación, se muestran datos numéricos y la estructura del recurso humano que se conforma en el mantenimiento, incluyendo la trazabilidad de ingresos y egresos de la bodega de materiales:

- **Departamentos de Servicio**

**Servicio Eléctrico**

Tabla 7. Estructura Recurso Humano, Autores de tesis, 2019

	Personal requerido	Tiempo estimado [h]	Cantidad de Equipos	Horas- Hombre Requeridas
<b>MOTORES</b>				<b>8,659</b>
0-25 HP	1	5	495	2,475
30-75 HP	2	8	198	3,168
100-500 HP	2	10	80	1,600
600-1000HP	2	20	9	360
1000-1500 HP	2	44	12	1,056
<b>ARRANCADORES</b>				<b>2,418</b>
DIRECTO	1	3	364	1,092
VOLTAJE REDUCIDO	1	9	44	396
ELECTRONICO	1	15	62	930
<b>VARIABLES</b>				<b>3,728</b>
0-15 HP	1	5	48	240
20-50 HP	1	10	39	390
50-100HP	1	20	26	520
125-300HP	1	30	7	210
300-400HP	2	30	16	960
500-1500HP	2	44	16	1,408
<b>SW GEAR</b>				<b>2,000</b>
CELDA	2	20	50	2,000
<b>TRANSFORMADOR</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>144</b>
<b>CTF AUTOMA</b>	<b>1</b>	<b>50</b>	<b>11</b>	<b>550</b>
<b>CTF CONTINUA</b>	<b>1</b>	<b>24</b>	<b>13</b>	<b>312</b>
<b>GRUAS PUENTE</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>96</b>
<b>SUBESTACION</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>24</b>
<b>ATENCION DE EQS DE SOLADAR, ESMERILES, EXTENSIONES, EDIFICIO</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>108</b>	<b>216</b>
<b>ALUMBRADO</b>	<b>2</b>	<b>0.15</b>	<b>150</b>	<b>45</b>

**Gran Total de Horas-Hombre Requeridas 18,192**

**89.32%**

*Horas-Hombre teóricas del periodo de mantenimiento 2017:*

*20,368*

## Instrumentación y control automático

Tabla 8. Estructura Recurso Humano, Instrumentación, Autores de tesis, 2019.

TRANSMISORES	Personal	tiempo [Hr]	Cantidad de Equipos	Horas Hombre requeridas Totales
Transmisor de temperatura y sensor RTD pt100 *	2	0.83	108	179.3
Transmisor de presión monométrica*	2	1	175	350.0
Transmisor de presión vacío*	2	1	20	40.0
Transmisor de presión diferencial (nivel)	2	1.1	79	173.8
transmisores de presión diferencial (flujo).	2	1.1	27	59.4
transmisor de PH	2	0.25	6	3.0
transmisor de conductividad	2	0.15	4	1.2
<b>MANOMETRO Y TERMOMETROS</b>				
MANOMETROS Y VACUOMETROS	2	0.66	158	208.6
TERMOMETROS	2	1	88	176.0
<b>ACTUADORES</b>				
RACK AND PINION (2" A 8") con electroválvula	2	2	297	1,188.0
RACK AND PINION (MAS DE 10") con electroválvula	2	6	125	1,500.0
RACK AND PINION con posicionador	2	3	23	138.0
ACTUADOR DE DAMPER	2	8	18	288.0
PISTON	2	3	99	594.0
VALVULAS DE CONTROL	2	8	160	2,560.0
BASCULAS	2	36	6	432.0
DCS's y PLC's, incluyendo buses de campo	2	36	6	432.0

**Gran Total de Horas-Hombre Requeridas**

**8,323**

**77.85%**

*Horas-Hombre teóricas del periodo de mantenimiento 2017:*

*10,692*

## Bombas y Transmisiones de Potencia

Tabla 9. Estructura Recurso Humano, Bombas y Transmisiones de potencia. Autores de tesis, 2019

Tipo de bomba o Equipo	No. Equipos según su HP					TOTAL
	0 -10	10 -30	30 -60	60 -100	más de 100	
Centrifuga	2	125	38	7	27	199
Pistón	18	0	0	0	0	18
Cavidad Progresiva	14	4	0	0	0	18
Paletas	0	16	1	0	0	17
Lobulo	0	3	3	0	0	6
Vacío	0	6	8	0	1	15
Reductor de Velocidad	0	19	3	0	0	22
Bandas Transportadoras	36	0	0	0	0	36
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>173</b>	<b>53</b>	<b>7</b>	<b>28</b>	<b>331</b>
Promedio de horas	12	24	38	48	64	
Promedio de personas por equipo	1	2	2	4	4	
<b>Total de horas-hombre</b>	<b>840</b>	<b>8,304</b>	<b>4,028</b>	<b>1,344</b>	<b>7,168</b>	<b>21,684</b>

**76.05%**

*Horas-Hombre teóricas del periodo de mantenimiento 2017:*

*28,512*

Clasificación actual de todo el personal para el periodo mantenimiento (mayo-octubre), por macroprocesos:

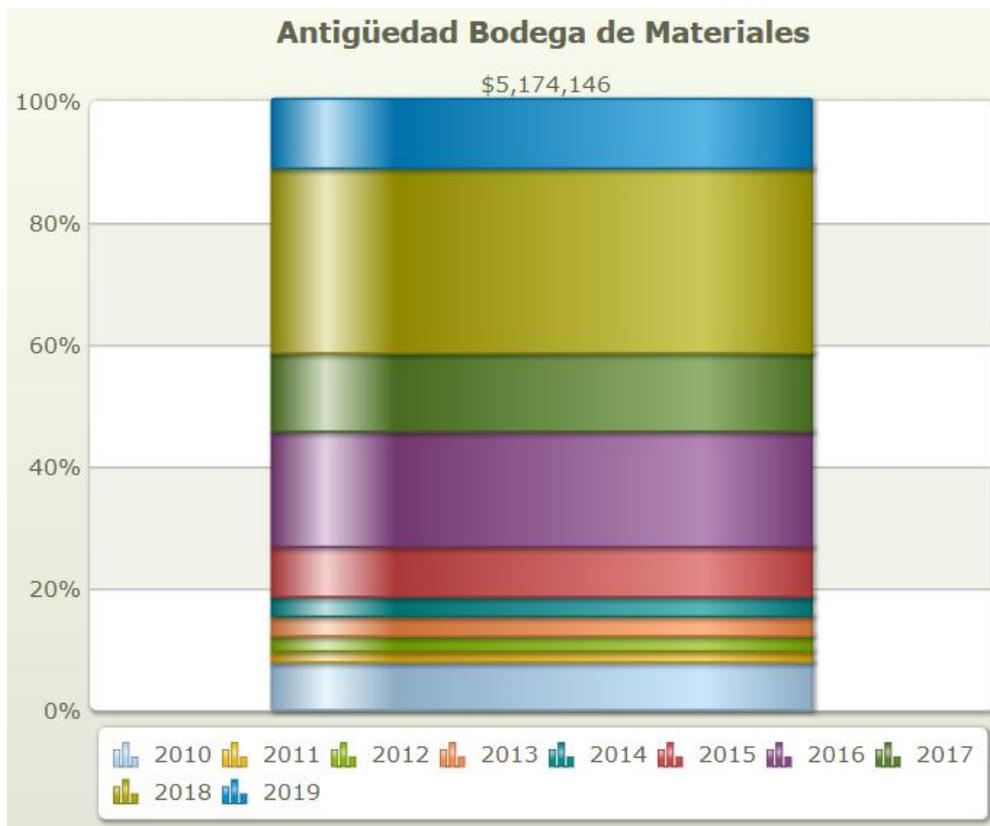
Tabla 10. Estructura de Personal, Autores de Tesis, 2019

Puesto Mantenimiento	% sobre el máximo Salario Hora del periodo de Mantenimiento	Alim.Caña& Molienda	Generación	Fábrica de Azúcar	Taller Mecánico	Taller Eléctrico	Taller Instrumentación	TCT	Vigilancia	Varios	
MECANICO DE 1a.	100.00%	2	1		1						4
ELECTRICISTA DE 1a.	95.02%					3					3
INSTRUMENTISTA	95.02%						1				1
MECANICO DE 1a. EN TALLER DE CARGA Y TRANSPORTE	95.02%							3			3
ELECTRICISTA AUTOMOTRIZ	95.02%							1			1
JEFE DE CARPINTERIA	94.22%				1						1
MECANICO DE 2a.	94.22%			1	1					1	3
MECANICO DE 3a.	90.64%	3	6	5	2						16
MECANICO DE 2a. EN TALLER DE CARGA Y TRANSPORTE	90.64%							4			4
ELECTRICISTA DE 2a.	87.65%					5					5
BODEGUERO DE HERRAMIENTAS	85.06%				1						1
ENCARGADO DODEGA DE MATERIALES	85.06%									1	1
OP. CARGADOR FRONTAL (INGENIO)	85.06%	1									1
OPERADOR DE GRUA "TEREX"	85.06%									1	1
ALBAÑIL DE 1a.	79.88%		1								1
AYUDANTE MECANICO DE 1a.	79.88%		1	2	1						4
TORNERO II	79.68%				1						1
AYUDANTE MECANICO 2a.	79.28%		1	1	1						3
INSTRUMENTISTA	79.28%						4				4
AYUDANTE II	76.89%				1						1
AYUDANTE MECANICO 3a.	76.89%	3		6	3						12
SUPERVISOR DE VIGILANCIA INTERNA	76.89%								1		1
MECANICO DE 3a. EN TALLER DE CARGA Y TRANSPORTE	76.29%							6			6
AUX. BODEGA DE MATERIALES	74.10%									1	1
AYUDANTE I	74.10%	12	12	10	5	5		4	4		52
DESPACHADOR DE MELAZA	74.10%									1	1
TORNERO III	74.10%				3						3
VIGILANTE	74.10%								1		1
AYUDANTE ELECTRICISTA DE 1a.	66.14%					2					2
AYUDANTE II	66.14%	3	8	11	4	2		6	4	5	43
ORDENANZA OFICINA TECNICA	66.14%									1	1
TEMPORAL DE ZAFRA Y MITO.	66.14%	1		1							2
VIGILANTE	66.14%								3		3
AYTE. MEC. DE SERVICIO LIVIANO	66.14%							1			1
ORDENANZA OFICINA TECNICA	56.97%									1	1
MOTORISTA	55.98%							1			1
AUX. BODEGA DE MATERIALES	54.58%									4	4
ENC. ASEO DE BAÑOS	49.60%									1	1
ENC. ENVASADO DE AGUA POTABLE	49.60%									1	1
ENC. LIM. BODEGAS DE AZUCAR	49.60%									2	2
ENC. LIMPIEZA GRAL. INGENIO	49.60%				1					2	3
EVENTUALES	49.60%		1			2	1	1		1	6
TEMPORAL DE MANTENIMIENTO	49.60%	1	3	4	1			2		1	12
TEMPORAL DE ZAFRA Y MITO.	49.60%	4	10	7	6	3	2				32
VIGILANTE	49.60%								16		16
AUXILIAR VARIOS EN TALLER DE CARGA Y TRANSPORTE	49.60%							2			2
AUX. VARIOS EN TALLER DE C. Y TRANSPORTE	49.60%							1			1
AUXILIAR VARIOS EN INGENIO	34.46%									1	1
ENC. LIMPIEZA GRAL. INGENIO	34.46%									2	2
		<b>30</b>	<b>44</b>	<b>48</b>	<b>33</b>	<b>22</b>	<b>8</b>	<b>32</b>	<b>29</b>	<b>27</b>	<b>273</b>
Porcentaje del monto total de salarios/hr por proceso, durante periodo de mantenimiento total:		<b>11.75%</b>	<b>16.07%</b>	<b>17.86%</b>	<b>12.64%</b>	<b>8.62%</b>	<b>3.01%</b>	<b>12.41%</b>	<b>9.14%</b>	<b>8.50%</b>	<b>100%</b>

Tabla 11. Sugerencia de estructura de personal, Autores de tesis, 2019

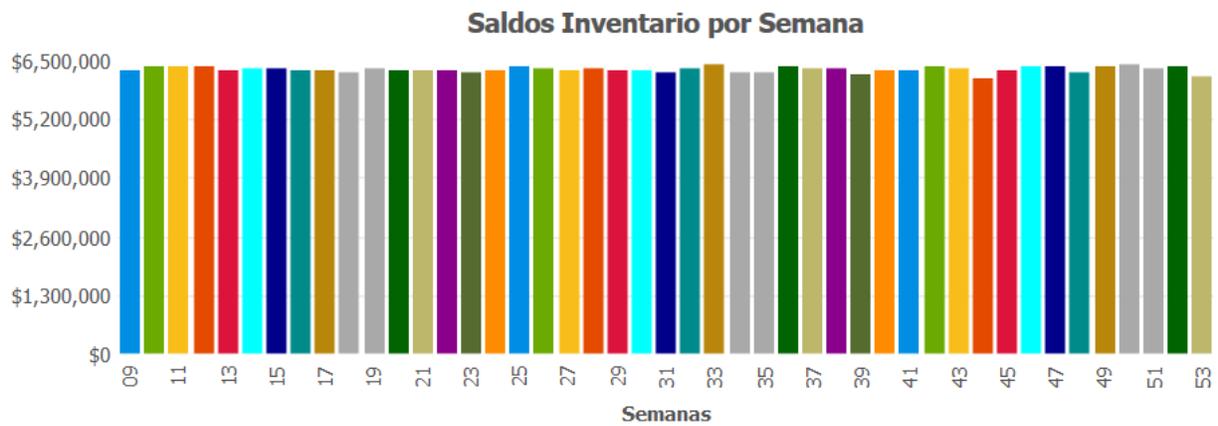
Nivel	Cantidad Sugerida	Actual	Clasificación	Cantidad Actual
1	6	4	Mecánico de 1a	4
2	9	10	Mecánico de 2a	3
			Electricista de 1a	3
			Instrumentista de 1a.	1
			Mecánico de 1a. TCT	3
3	12	30	Mecánico de 3a	16
			Electricista de 2a	5
			Instrumentista de 2a.	4
			Mecánico de 2a TCT	4
			Electr. Automotriz TCT	1
4	16	15	Ayud. Mec. de 1a	4
			Tornero I	0
			Mecánico de 3a. TCT	6
			Ayud. Elect. de 1a	2
			Encargado de Bodega de Materiales	1
			Bodeguero de Herramientas	1
			Operador Grúa Terex	1
5	20	8	Ayud. Mec. de 2a	3
			Tornero II	1
			Ayud. Elect. de 2a	0
			Albañil de 1a.	1
			Motorista A	0
			Operador de Cargador Frontal	1
			Jefe de Carpintería	1
			Ayud. Mec. de 1a TCT	0
			Auxiliar de Bodega de Materiales	1
6	25	17	Ayud. Mec. de 3a	12
			Tornero III	3
			Albañil de 2a	0
			Motorista B	0
			Carpintero	0
			Ayte. Mec. de Servicio Liviano TCT	1
			Ayud. Mec. de 2a TCT	0
			Supervisor de vigilancia interna	1
			Ayud. Bodegas de Azúcar	0
7	45	56	Ayudante I	52
			Ayudante I TCT	0
			Ayud. de Carpintero	0
			Ayudante de Albañil	0
			Aux. Bodega Materiales	4
			Motorista Cabezal Low Boy TCT	0
8	60	52	Ayudante II	45
			Ayudante II TCT	0
			Ayudante II - bodegas de azucar	0
			Ayudante II - bodegas de materiales	0
			Jardinero (Vigilante)	3
			Despachador de Melaza	1
			Ordenanza oficina tecnica	1
			Ordenanza	1
			Motorista	1
9	72	78	Eventual	5
			Temporal de Manto.	42
			Temporales de mantenimiento TCT	2
			Encargado de aseo y baños	1
			Auxiliar Varios TCT	4
			Encargado envasado de agua potable	1
			Enc. Limpieza bodegas de azucar	2
			Enc. Limpieza gral ingenio	3
			Vigilante	16
Servicios Generales	2			

43.28% de ahorro en salarios al hacer el ordenamiento sugerido sobre la condición actual

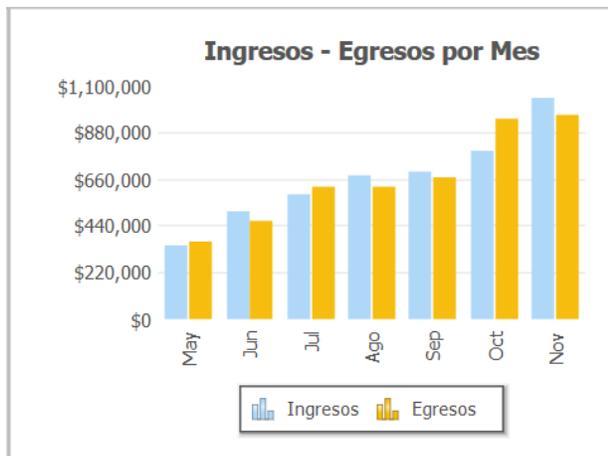


Recurso	2019	2018
Materiales y Repuestos	86.7%	90.0%
Insumos	9.4%	6.5%
Lubricantes	1.8%	1.4%
Combustibles	1.1%	1.3%
Uniformes al personal	0.4%	0.2%
Otros Gastos Menores	0.6%	0.6%

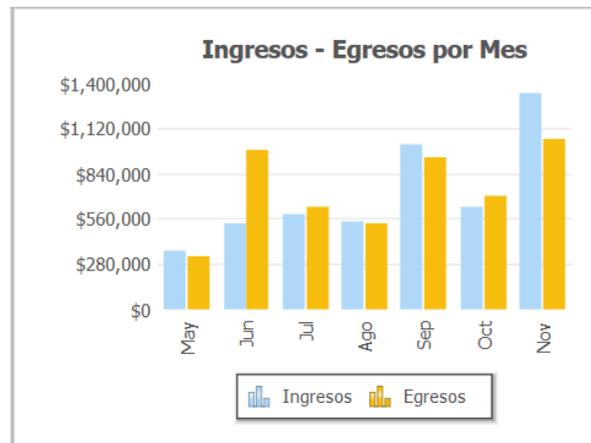
Tabla 12. Gráfico de saldos inventarios por semana, Autores de tesis, 2019



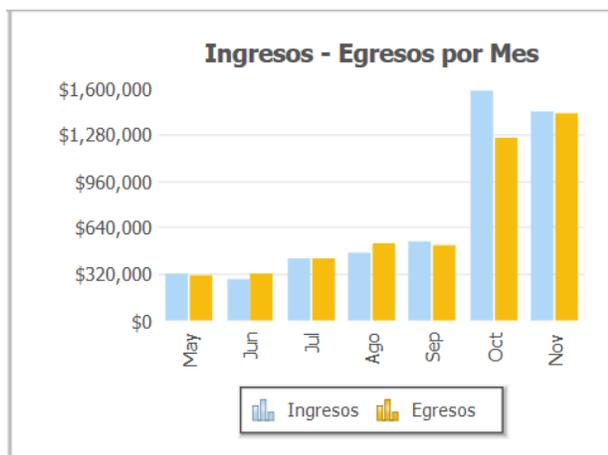
Periodo : 2018 ▾



Periodo : 2017 ▾



Periodo : 2016 ▾



Periodo : 2015 ▾

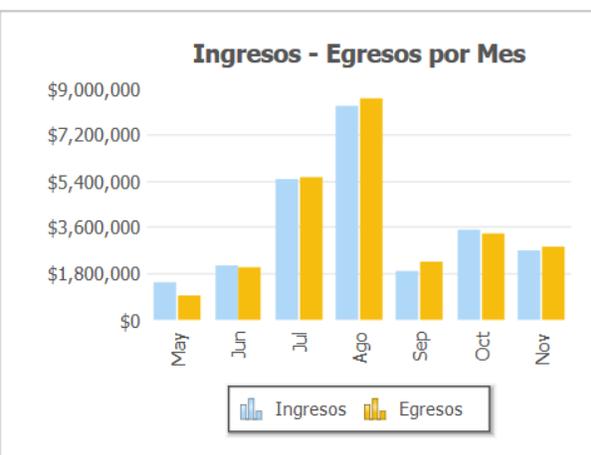


Tabla 13. Gráfico de Ingreso y Egresos en bodega de materiales. Autores de Tesis, 2019

**4.1.3 Costos ocultos (perdida de contribución). para identificar costos ocultos, se debe identificar algún tipo de normalización, criterio o medición, que establezca un patrón para el adecuado beneficio de todos los recursos.**

1. Daños al medio ambiente
2. Multas o No Conformidades por incumplimientos en Salud, Seguridad, Medio Ambiente, Inocuidad. Los resultados de no hacer/hacer un mal mantenimiento en equipos que no inciden directamente en la producción, o afectan directamente la seguridad o el medio ambiente tienen un costo muchas veces no cuantificado.
3. Perjuicios a la imagen de la empresa
4. Pérdida de clientela leal
5. Depreciación acelerada
6. Costo de Capital
7. Exceso de actividades
8. Pobre confiabilidad de equipos
9. Exceso de gasto de capital
10. Pérdidas energéticas
11. Horas extras no necesarias

**4.1.4 Costos de oportunidad (mejoras, ahorros, mejor productividad).**

1. Pérdidas de producción a causa de las fallas de los equipos
2. Por disminución de la tasa de producción
3. Pérdidas por fallas en la calidad del producto debidas al mal funcionamiento de los equipos: Se refiere también a la capacidad de introducción/eliminación de defectos en la planeación y/o ejecución del mantenimiento.
4. Demora en entregas de producto terminado
5. Lucro cesante
6. Accidentes
7. Ignorancia: falta de conocimiento, educación, entrenamiento, o información en mantenimiento. Estamos también hablando de habilidades, no experiencia, de los resultados de tener una fuerza laboral no entrenada o pobremente entrenada, llámense técnicos de mantenimiento, operadores de producción, supervisores y hasta gerentes.

#### **4.1.5 Presupuesto de mantenimiento.**

Plan económico estimado que deberá estar en función de los resultados previstos, adecuado a planes reales y proyectado de modo que:

- 1) Fluctué según los ingresos y
- 2) Asigne una partida suficiente a los índices menores de producción para que pueda tener lugar el mantenimiento óptimo y conservar la planta en condiciones que pueda satisfacer adecuadamente la demanda de la producción.

- **Clases**

1. Histórico: Usar los datos de años anteriores no es bueno porque el nuevo presupuesto debe reflejar las mejores ideas y un mayor cuidado para que sea funcional.
  2. Base Cero: Partiendo de cero, se determina la amplitud de las necesidades de costo de mantenimiento, procediendo enseguida a establecer el valor de los centros de servicio que ocupan las funciones técnicas y de reparación pertinentes.
  3. Escalonado: Se basa en la realización de un examen al presupuesto anual, cada trimestre calendario; este método presenta dos ventajas:
    - La planificación es continúa permitiendo el ingreso de nuevas ideas e iniciativas mejorándose así la calidad de la programación.
    - El presupuesto se torna más flexible y adaptable a las situaciones cambiantes, prestándose más como un instrumento para una planeación a medio y largo plazo.
- Estimaciones

1. Estimación por Juicio

En ocasiones se puede utilizar la experiencia, si se hacen definiciones claras y bien establecidas de los trabajos; un análisis cuidadoso de estimadores experimentados puede dar lugar a apreciaciones que estén dentro de los límites de tolerancia.

2. Estimación por clasificación

Algunas veces los trabajos de mantenimiento se agrupan en llaves de tiempo, utilizando puntos de referencia o trabajos comunes, mediante estudios de tiempo o por aplicación de datos elementales o detallados. Cada trabajo se debe seleccionar para que encaje en una ranura específica de tiempo.

### 3. Estimación por Planeación y Programación del camino crítico

Sirve para determinar el total de tiempo que se utilizará en la ejecución de un proyecto. El tiempo transcurrido para llegar a cada evento se estima con todo cuidado y se emplea para la construcción de un diagrama de flechas en los que los eventos representan fechas objetivo y las fechas los trabajos a ejecutar entre dos eventos. Este método es aplicado con frecuencia en reparaciones mayores, ya que contribuye a aislar los problemas y descubrir plenamente los eventos que amenazan o demoran el desarrollo del programa.

### 4. Estimación en base a Normas de Trabajo por Unidad

Abarca una gran variedad de procedimientos de estimación que van desde el manejo de precios unitarios hasta el empleo de normas de tiempo elementales. Existen variantes que utilizan fórmulas estadísticas que relacionan variables de producción como pueden ser: costo total de mantenimiento por tonelada de producción, por hora de producción, etc.

- Informaciones Principales

Para mantener el objetivo bien delimitado

1. Naturaleza de los trabajos
2. Clasificación de los trabajos de mantenimiento (Planeado y Urgente)

Distribución según necesidad y urgencia de los trabajos

A continuación, se muestra como ejemplo el detalle del presupuesto porcentual real anual de mantenimiento del año 2016, con los costos por macroprocesos, procesos y recursos.

- **Porcentajes de manejo presupuestario de los procesos y recursos.**

Macroproceso	Procesos		
	1211 Administración Industrial	4.54%	<b>4.54%</b>
Preparación de Caña & Molienda	1221 Alimentación de Caña	8.61%	<b>25.23%</b>
	1222 Molinos	16.61%	
Generación	1231 Generación de Vapor	11.03%	<b>21.92%</b>
	1232 Generación de Energía	10.89%	
Fábrica de Azúcar	1241 Clarificación	9.80%	<b>39.88%</b>
	1242 Evaporación	8.75%	
	1243 Centrifugación	2.76%	
	1244 Cristalización	3.76%	
	1245 Secado y Envase	9.26%	
	1246 Refinería	5.54%	
Soporte de Mantenimiento	1251 Taller Mecánico	3.00%	<b>5.49%</b>
	1252 Taller Eléctrico	1.23%	
	1253 Taller Instrumentación	1.09%	
	1254 Taller de Precisión	0.13%	
	1255 Taller Obra Civil y Carpintería	0.05%	
Sistemas de Gestión	1261 Medio Ambiente	0.72%	<b>2.95%</b>
	1262 Gestión de Calidad	0.32%	
	1263 Salud y Seguridad Ocupacional	1.35%	
	1264 Inocuidad	0.55%	
<b>Total</b>		<b>100.00%</b>	

Rubro	Recurso	%	
Salarios y prestaciones	Sueldos y salarios	25.79%	<b>37.79%</b>
	Horas extras	0.19%	
	Cuotas patronales	3.86%	
	Aguinaldos	3.04%	
	Vacaciones	2.83%	
	Prestaciones a empleados	2.04%	
	Premio zafra	0.03%	
Repuestos, Materiales e Insumos	Repuestos y materiales	18.82%	<b>31.37%</b>
	Combustibles y lubricantes	1.70%	
	Químicos	1.23%	
	Material de empaque	0.17%	
	Papelera y utilies	0.10%	
	Depreciacion	9.35%	
Tercerización	Ordenes de trabajo	6.03%	<b>23.16%</b>
	Contratos de obra	8.98%	
	Administracion y comercializacion	7.09%	
	Asesorias	1.05%	
Otros	Poliza de seguros	5.77%	<b>7.69%</b>
	Otros gastos indirectos	1.90%	
	Energia electrica	0.02%	

**Total**

Tabla 14. Manejo Presupuestario IEA, Autores de tesis, 2016

**4.53%**

Respecto al costo neto de Activos en maquinaria y equipos industriales

## **4.2 Valor del ciclo de vida (LCC) de los equipos críticos y el análisis estadístico de probabilidad de falla.**

Para cuantificar los resultados de mantenimiento, debemos establecer los resultados globales, para ello debemos considerar el Ciclo de Vida de los equipos críticos en forma completa, pues son los más determinantes en los costos asociados.

Tendremos un Ingreso de Ciclo de Vida (ICV), que será la sumatoria de todos los ingresos generados por el uso del activo a lo largo de su ciclo de vida, también el Costo de Ciclo de Vida (CCV) ya mencionado, y la diferencia de ambos será el Beneficio de Ciclo de Vida (BCV), que es lo que tendremos que maximizar para optimizar nuestro negocio.

$$BCV = ICV - CCV$$

Incluye activos que no impactan directa o indirectamente en la producción.

Los Costos de No Mantenimiento son iguales al Ingreso del Ciclo de Vida esperado (100% evaluación gestión de mantenimiento), menos el ingreso del ciclo de vida pronosticado (Con gestión de mantenimiento real. Es un pronóstico, pues los activos todavía están en uso).

Este tema es de suma importancia para la toma de decisiones en el reemplazo de equipos o activos ante la aproximación a su tiempo de vida estimado, tomando en cuenta que:

1. La vida de un activo depende de la calidad de su mantenimiento.
2. Solo aplicando las mejores prácticas de mantenimiento podemos alcanzar la vida máxima (100% ROA)
3. Mantenimiento también es responsable por la utilización efectiva del activo.
4. El costo del ciclo de vida de un activo (LCC) se mide utilizando el VPN y/o el TIR El rendimiento esperado de un activo durante su ciclo de vida puede medirse aplicando el ROA (No da flujo de caja).
5. El intervalo más adecuado para el reemplazo de un activo puede calcularse utilizando el EAC.

Además, de los siguientes conceptos:

- Vida Útil

periodo durante el cual realiza un trabajo que es rentable

- Depreciación

El valor que va perdiendo el activo

### 1. Física

La maquinaria pierde valor a medida que presta los servicios que le son propios. El mero transcurso del tiempo también hace perder valor a los bienes de equipo, a veces incluso más que si estuvieran trabajando normalmente. Una buena política de mantenimiento y de uso podrá reducir o retasar la depreciación de las máquinas, pero nunca podrá eliminarla.

### 2. Por obsolescencia

Sería la pérdida de valor que tiene una máquina cuando, incluso siendo absolutamente nueva, queda anticuada por no poder competir con otras máquinas. Hoy día es tal la permanente y denodada guerra entre fabricantes, que ésta es una de las principales causas de pérdida de valor.

- Tecnológica

La innovación y los avances técnicos motivan la aparición continua de nuevas máquinas que cumplen la misma función de las existentes, pero con mayor eficiencia, produciendo con costes más bajos, ofreciendo mayor seguridad, de más fácil manejo, etc. Si el ahorro de costes alcanza una magnitud suficiente, a la empresa le convendrá renovar o cambiar el equipo anticuado mucho antes de finalizar su vida técnica.

- Por variaciones en la demanda

Una máquina puede ser la mejor para un determinado nivel de producción, pero para demandas superiores o inferiores puede ser más rentable otro tipo de máquina. Hay empresas que “mueren” en mercados expansivos por lo que puede denominarse “obsolescencia de dimensión “

- Por alteración de la retribución de algún factor productivo

Si un factor productivo, como la mano de obra, tiene retribuciones no acordes a la inflación y productividad producida, a la empresa le puede interesar automatizar o aplicar la robótica a sus equipos, con lo cual los anteriores quedan inadecuados

### 3. Por agotamiento o caducidad

- Depreciación funcional

Se da al agotarse la materia prima empleada o un recurso explotado, perdiendo muchos elementos de su valor activo.

- Por vencimiento de una autorización administrativa

Esto se da en la gestión de infraestructuras que deja bienes de producción con su valor perdido.

- Por amortización total

Se aplica a activos diseñados especialmente para una función específica o especializada, que al terminarla pierden todo su valor.

- Valor residual

Es aquel que tiene una máquina una vez agotada la vida útil o programada de la misma. En el mercado de segunda mano el valor de un equipo es tanto menor cuanto más antiguo sea y cuantas más horas haya trabajado. Dicho valor es reducido para aquella máquina obsoleta técnica o económicamente, ya amortizada en su totalidad, y cuyo único valor puede ser el de chatarra. Otros usuarios, por el contrario, confían en un valor importante a la hora de revender la máquina, cuando aún le resta cierta vida de uso, amortizando sólo una parte de adquisición de esta.

1. Estos valores varían de acuerdo con las condiciones locales y circunstancias específicas de cada caso, de modo que el precio de un producto depende de lo que un comprador esté dispuesto a pagar por él; pero es evidente que dicho valor debe de basarse en las horas realizadas hasta el momento, las que le restan para llegar a su obsolescencia, la naturaleza del trabajo que ha realizado y las condiciones en que se ha usado el equipo. Un valor de recambio sería el que, sumado a la amortización realizada hasta ese momento, nos diese el valor de adquisición de la máquina. No obstante, como son variados los criterios y plazos de amortización que se pueden fijar desde el punto de vista contable, este criterio puede no ser el realista para el cálculo del valor residual de los equipos.

2. Una circunstancia que puede hacer bajar el valor residual de los equipos puede ser el que los fabricantes de dicho modelo decidan abandonar su fabricación. Si dicho modelo y producto pertenece a un gran fabricante internacional, esto garantiza cierta fiabilidad en el valor de reventa de la máquina.

3. Aunque se tenga un valor de desecho del 10-20% del coste inicial de la máquina, cifra que dependerá del trato y los trabajos realizados, así como de la situación del mercado, no se debería contar en la amortización con este valor residual ya que el valor residual puede suplir el sobrecurso de las novedades incorporadas a la nueva máquina que sustituye a la anterior. Si aun así se quisiese tener en cuenta el valor residual de la máquina, deberíamos ajustar éste de forma descendente para anular el efecto de la inflación.

#### **4.3 Evaluando la contratación o tercerización.**

Dadas las características fluctuantes de la gestión de mantenimiento, contratar servicios o actividades es una obligación para muchas empresas. Se contrata para cubrir las demandas pico de mantenimiento, para realizar tareas especializadas (del Fabricante o de un especialista), por falta de equipos especiales en trabajos específicos, como termografías, porque no es el negocio de la empresa, por economía, etc.

En general, con esta forma de actuar se persiguen dos objetivos:

- Disminuir costos.
- Aumentar la calidad de servicio, respecto al que se recibe del departamento propio.

Siendo estos los objetivos principales, hay otra serie de ventajas en la subcontratación:

- Se mejora la flexibilidad de la plantilla, sobre todo en puntas de trabajo.
- Se mejora el control sobre los trabajos. En muchas ocasiones es más sencillo el control sobre un contratista que sobre el personal de la plantilla habitual.
- Determinadas empresas especializadas en mantenimiento industrial, además de aportar mano de obra, aportan conocimientos y métodos de trabajo que suponen un valor añadido.
- Se externaliza no solo mano de obra y gestión, sino que también se externaliza riesgo.

Determinados tipos de contrato hacen que el contratista asuma las consecuencias de su gestión. Así, si se trata de un contrato de mantenimiento integral, todo el coste de mano de obra.

No todas las tareas que hay que realizar en los equipos pueden ser abordadas por el departamento de mantenimiento propio o por el personal habitual. Una parte de estas tareas han de ser contratadas a especialistas en los equipos, que pueden ser el fabricante, el importador, o un contratista especialmente preparado en ese tipo de equipos.

Las razones que impiden realizar todas las tareas propias de una planta pueden ser dos:

- No disponer de los conocimientos necesarios para intervenir en los equipos o no disponer de los medios técnicos que se precisan para realizar la intervención.

Los tipos de subcontratos posibles son varios:

- Subcontratar completamente el mantenimiento del equipo al especialista.
- Subcontratar exclusivamente la reparación de averías, dejando el mantenimiento rutinario en manos del departamento propio.
- Subcontratar el mantenimiento rutinario exclusivamente (jardinería, lavado, pintura, aseo, etc.)
- Subcontratar tan solo una serie de inspecciones periódicas que determinarán el estado del equipo y que servirán de base para decidir si es necesario realizar alguna tarea adicional.
- Subcontratar el suministro de materiales y/o repuestos sin intermediarios.

#### **4.3.1 Requisitos mínimos para contratistas externos**

Existen requisitos mínimos contractuales y administrativos con los que una empresa debe contar para ser contratada por nuestra empresa, así como los aspectos relacionados con la seguridad industrial. Por ende, es necesario que las empresas presenten los siguientes antecedentes:

Datos de la Empresa:

- Nombre de la empresa o sociedad
- Número de Identificación tributaria. NIT
- Documento Único de Identidad. DUI, de cada uno de los socios.
- Finalidad, el giro o actividad principal a lo que se dedica la empresa
- Inscripción en el Ministerio de Hacienda.
- Inscripción en la Alcaldía Municipal de su domicilio
- Inscripción en la Dirección General de Estadísticas y Censos
- Inscripción en el Registro de Comercio y Obtener Matricula de Comercio
- Incepción como patrono en el ISSS, y AFP
- Contar con sistema de contabilidad
- Legalización de libros de contabilidad
- Legalización de libros de IVA
- Elaboración de papelería fiscal
- Cronograma empresarial
- Reglamento Interno de Orden, higiene y Seguridad
- Cumplir con la información requerida por la ley contra el lavado de dinero y de activos

### 4.3.2 Análisis de los procesos susceptibles de ser tercerizados.

#### 1. Servicios

Son trabajos que pueden hacer personas diferentes a empleados de la empresa ya que tienen la experiencia, herramienta y habilidades para hacerlo, como aseo, lavado, toma y análisis de vibraciones, mantenimiento de equipos generales, como vehículos, aire acondicionado, neveras, refrigeradores, etc.

#### 3. Materiales e insumos

Generalmente se hacen órdenes maestras con precios fijos y consumos mínimos. Aplica para materiales o insumos de alto consumo y precio unitario relativamente bajo. Se usa también con proveedores de marca o repuestos de equipos especiales. Una de las opciones es el establecimiento de bodegas virtuales.

#### 4. Planeación

No es muy común ya que la mayoría de las empresas prefieren hacerlo internamente. Requiere de mucha confianza en el proveedor.

#### 5. Outsourcing

Significa la contratación de toda la gestión de mantenimiento con base en unos resultados esperados de Disponibilidad, confiabilidad y costos. Requiere de confianza en el contratista. Por lo general se hace en varias etapas (Transición o iniciación del servicio, Evolución o aumento de confianza y Alianza u otorgamiento de responsabilidad)

Tipos de contratos:

- Por hora hombre, tiene la ventaja de ser Fácil de contratar y de permitir flexibilidad en la ejecución.
- Por tarea, tiene la ventaja de requerir poco control de campo, manejar precios fijos, lo que permite un mayor control del presupuesto y garantía de trabajos.
- Por grupos de tareas: se pacta un volumen mínimo de trabajo. Usualmente se seleccionan tareas de bajo costo unitario, pero de alta repetitividad, se hacen paquetes que requieran de una misma especialidad como engrases de válvulas, etc., tiene la ventaja de permitir

contratar con mejores precios y permitir delegar la ejecución de tareas rutinarias de alta frecuencia.

- Por servicios: según las necesidades de la empresa y la especialidad del servicio incluye el suministro de mano de obra con herramienta y equipos además del suministro de material.
- Por resultados.

Contenido general de un contrato:

- Parte técnica (Alcance).
- Parte económica
- Parte legal
- Seguros
- Alcance
- Objeto del contrato: Incluye plazo, obligaciones y demás elementos específicos del Contrato a celebrar suministros de personal, materiales, equipos y/o herramientas, Requerimiento de Seguridad industrial y medio ambiente.

Problemas más comunes:

- Alcances mal definidos. Una cosa dice el contrato, otra espera el contratante y otra cosa diferente incluye la oferta del contratista
- Formas de pago muy complejas o difíciles de controlar.
- Pagos parciales difíciles de liquidar, con muchas aprobaciones
- Demoras en los pagos por problemas de documentación exigida en el contrato  
Desconfianza entre las partes
- Muchas exigencias por parte del contratante, lo que encarece el contrato.

**Recomendaciones:**

- Hacer contratos a largo plazo
- No incluir en el contrato el suministro de elementos o servicios que sean más económicos para el contratante, como algunos elementos de seguridad, herramienta especial, etc.
- Contratista visto como parte del equipo de éxito de la empresa.

- Contratos cuyo pago este basado en riesgo-recompensa, lo que exige al contratista a desarrollar siempre su mejor esfuerzo.
- Establecer una relación ganar-ganar

### **Factores de Éxito.**

- Entendimiento de la mecánica del nuevo contrato.
- Conocimiento de las Fronteras de los Sistemas Funcionales. Clasificación cuidadosa y precisa de la Información.
- Optimización en el uso de recursos para lograr ahorros con respecto a las Líneas Base de Referencia.
- Obtener el máximo beneficio a partir de las rutinas de mantenimiento
- Preventivo y predictivo, para evitar la ocurrencia de servicios correctivos. La
- Reducción de correctivos contribuye al ahorro y a la disminución de pérdidas de
- Producción.
- CERO daños mayores, LTIF, eventos ambientales, y manejo acertado del backlog por medio de una adecuada planeación.
- Proactividad en la búsqueda de la máxima eficiencia operacional.
- Participación de los empleados en las bonificaciones obtenidas a partir del desempeño de cada sistema.

#### **4.4 Afectación en el estado de resultados anual por los costos de falla**

Antes de detallar sobre la afectación causada en el estado de resultados por los costos de mantenimiento debidos a fallas en equipos, debemos mencionar las buenas prácticas que deben tenerse en cuenta para disminuir los costos, siendo las principales las siguientes:

- Fijar una política de mantenimiento que tome en cuenta, fundamentalmente, los siguientes aspectos: tipo de equipo, plan de mantenimiento, plan de renovación o reposición, repuestos, información del proveedor y al usuario, personal, utillaje e instalaciones necesarias.
- Desarrollar las funciones del mantenimiento en base a un costo eficaz.

1. Mida el desempeño en base a los costos totales de la empresa y su efecto directo en las ganancias.

2. Armonice y adopte medidas para que las labores de mantenimiento se realicen afectando mínimamente las operaciones, añadiendo valor a esa actividad y cumpliendo con el objetivo trazado.

3. Considere el uso de equipos o sistemas operativos críticos redundantes, pues, aunque implica una duplicación de activos fijos, mantiene un alto nivel de confiabilidad del sistema.

- Haga los trabajos de mantenimiento que consumen mucho tiempo, si es posible, en menor tiempo que el de cierre programado.

1. Contando con uno o varios equipos de repuesto, que permita quitar y poner, realizando el mantenimiento al equipo removido y teniéndolo preparado en caso de otra necesidad.

2. Analice cada uno de los trabajos de mantenimiento para ver qué dificultades se confrontan, tal como: proveer accesos adecuados, mejorar la instalación para trabajar más rápido y mejor, o para trabajar varias cuadrillas a la vez.

- Tómese un tiempo para pensar y analizar, para planificar mejoras y para realizar eficazmente los trabajos.

1. Buscar soluciones permanentes a problemas frecuentes, por medio el análisis de causa raíz, la investigación sobre los modos probables de falla con el respectivo rediseño o mejoras a implementar para evitarlos. De ser necesario se debe rediseñar el componente, el conjunto de componentes, el sistema o el proceso con problemas para encontrar una solución permanente. Hay que recordar que el objetivo de prevenir fallas es reducir los requerimientos y costos de mantenimiento.

2. En lugar de solo hacer mecánicamente el quehacer diario, habrá que observar, pensar y analizar, para hacer mejor las cosas.

- Planifique y reduzca los tiempos de mantenimiento, contribuyendo con esto a maximizar la disponibilidad productiva de la planta.

1. Analice con un sistema de programación de ruta crítica de lo proyectado, identificando las tareas cuyos tiempos inciden directamente en el tiempo total de cierre programado.

2. Con la información obtenida, busque alternativas creativas que reduzcan el tiempo de cierre programado a su mínima expresión.

3. Los trabajos se asignarán a grupos específicos, con tiempos de iniciación y terminación, también específicos, procurando mantener un balance adecuado entre la capacidad y la carga de trabajo, optimizando en lo posible, los costos asociados, en un ambiente dinámico de operación.

- Realice preinspecciones durante paros cortos o paros programados, colectando información en cuanto a equipos o componentes con averías o con alta probabilidad a presentarla, que pueden requerir mantenimiento o reemplazo.

1. Planificar mejor los mantenimientos programados, con la compra de refacciones oportuna y la apropiada asignación de recursos con la debida anticipación, evitando demoras y posposiciones indeseables.

2. Realice un análisis de lecciones aprendidas posterior a cada paro.

Esta etapa cubre la desmovilización, documentación, informes de costes y quizás lo más importante, las lecciones aprendidas que puedan llevarse adelante a la próxima parada de planta. La capacidad de ejecutar esta etapa de una manera oportuna y de producir un resultado de calidad dependerá en gran parte de la eficacia de la recolección de datos durante la etapa de ejecución.

- Desmotivación de contratistas
- Limpieza de las zonas impactadas
- Acopio y desecho de materiales sobrantes
- Reportes históricos de reparaciones e inspecciones
- Actualización de la base de datos históricos de paradas previas
- Preparación de informe final de paro programado
- Informe final de costos de parada

3. Utilizar herramientas de mantenimiento predictivo, dando seguimiento a tendencias, preparando la realización de reemplazos y mantenimientos menores durante cualquier paro no programado, evitando así fallas imprevistas que resultan más costosas y afectan la producción en los momentos menos oportunos.

- Investigue continuamente nuevas alternativas que eliminan totalmente la necesidad de proveer mantenimientos que sean costosos, tediosos o imposibles.

- En el proceso de Mejora Continua analice y elimine las actividades que no generan valor al mantenimiento, tal como: papeleo, burocracia, firmas, conteo, movimiento, transporte, espera, almacenaje, revisión, traspaso, inventario, seguridad, retrocesos, desechos, recompras y otros.

1. Elimine lo innecesario y clasifique lo necesario
2. Re-orienta la empresa hacia los clientes
3. Busque eficiencia en costos, permitiendo realizar las acciones en forma rápida y flexible, mejorando continuamente.
  - Insistir en que las nuevas adquisiciones y modificaciones a sistemas insistentes se diseñen requiriendo precauciones especiales o difíciles de seguridad, o de prevención de contaminación ambiental o de inocuidad, pues estos se volverán costos operativos.

#### 1. Costos Visibles

- Lucro cesante
- Pérdida de productividad
- Mermas a la calidad del servicio
- Accidentes

#### 2. Costos Ocultos

- Daños al medio ambiente
- Multas
- Perjuicios a la imagen de la empresa
- Pérdidas de clientela leal
- Tenga como meta el mantenimiento adecuado en forma eficiente, buscando constantemente formas creativas de reducir tiempo, esfuerzo, y costos en las labores de mantenimiento y de minimizar el impacto en el proceso productivo.
- Aceptar que existe la posibilidad de mejorar lo que ya se hace bien.

1. Requiere de una actitud proactiva y el aporte del personal íntimamente involucrado y comprometido con el mantenimiento.
2. Realizar una reunión de autocrítica después de cada mantenimiento programado para examinar qué se pudo haber hecho mejor, tomando en cuenta las recomendaciones que se generan, para futuros mantenimientos.

- Procure mejorar la mantenibilidad, planificando y diseñando con la función y el proceso de mantenimiento en mente.
1. Diseñe para que los componentes de mayor desgaste sean fácilmente reemplazables, sin uso de equipos especiales, en tiempos mínimos, con menos personal, a menor costo, etc.
  2. Provea buen acceso a los componentes y facilite su eventual remoción o mantenimiento.
  3. Enfóquese en la solución del problema, buscando la mejora total.
    - Programe el reemplazo de los equipos críticos que no tienen piezas de repuesto, así como los componentes de dichos equipos que han completado su ciclo de vida o vida útil esperada.
    - En los casos no críticos, continúe utilizándolos hasta que fallen, siempre y cuando no ocasione daños, sea fácilmente reemplazable, y no afecte las operaciones.
    - Revise cuidadosamente los procedimientos de compra de equipos críticos.
1. No decida siempre por el precio más bajo, sin tener en cuenta la calidad, ya que esto puede contar mucho al final.
  2. Tome en cuenta el costo operativo más bajo durante el periodo a largo plazo (costeo de ciclo de vida).
  3. Realice sus evaluaciones en base a costos totales.
  4. Al momento de realizar compras, mantenga la uniformidad de los equipos y componentes.
    - Facilita el mantenimiento
    - Permite reducir el requerimiento de capacitación del personal de mantenimiento
    - Justifique toda inversión adicional en base a
      - Reducción en costos de mantenimiento
      - Mayor confiabilidad
      - Disponibilidad del equipo de producción
    - Permite reducir las cantidades de repuestos en bodega, reduciendo considerablemente los costos de almacenaje e inventario.
    - Emplee materiales y equipos más duraderos o con valor agregado, teniendo en cuenta
      - El factor económico
      - La rentabilidad de la inversión
      - El producto correcto para cada aplicación.
    - Balance Ingenio El Ángel, Estado de Resultados

Tabla 15. Balance Ingenio El Ángel. Estado de Resultados, 2016, Autores de tesis

<b>Ingreso por ventas</b>		<b>100.00%</b>
<b>Venta de productos industriales</b>		<b>87.54%</b>
	Azúcar cruda	36.40%
	Azúcar blanca	31.65%
	Energía eléctrica	8.56%
	Melaza	6.91%
	Azúcar Refinada	5.39%
	Rebajas y devoluciones sobre ventas	-1.37%
<b>Ingresos por servicio</b>		<b>10.50%</b>
	FLETE DE CAÑA	6.56%
	CARGADO DE CAÑA	1.85%
	ADMINISTRACION DE INVENTARIO Y ALQUILER DE EQUIPO	0.47%
	CORTE MECANIZADO (COSECHADORA)	0.43%
	SERV.(PROPIO)DE EQUIPO AGRICOLA	0.23%
	ADMINISTRACION DE PROPIEDADES	0.05%
	PREPARACION DE TIERRA ZONA NORTE-E (2016-22)	0.02%
	PREPARACION DE TIERRA (2016-33) A&C	0.02%
	SERVICIO DE FLETE DE AZUCAR	0.01%
	REMOLCADO DE RASTRAS CAÑERAS	0.01%
	SERVICIOS TECNICOS	0.01%
	TRANSP.(TERCEROS)PERSONAL, INSUMOS.	0.00%
	ARRENDAMIENTOS OPERATIVOS	0.00%
	SERVICIO DE MONTAGARGA	0.00%
	INGRESOS POR SERVICIOS DE CHEQUEROS	0.00%
	SERVICIO DE EMPACADO DE AZUCAR	0.85%
<b>Venta de productos agrícolas</b>		<b>0.09%</b>
	CAÑA DE SEMILLA	0.06%
	CAÑA DE AZUCAR PROPIA	0.02%
	GUAYABAS	0.01%
	FERTILIZANTES	0.00%
<b>Venta de otros productos</b>		<b>1.80%</b>
	COMBUSTIBLES	1.61%
	DESPENSA FAMILIAR	0.15%
	CHATARRA	0.04%
	MATERIALES Y REPUESTOS	0.00%
<b>Venta de Productos</b>		<b>0.07%</b>
	MATERIALES (servicio GPS, EmisionGases, etc)	0.05%
	REPUESTOS (Ingresos por Venta)	0.01%
<b>Rebajas y devoluciones sobre ventas</b>		<b>0.00%</b>
		0.00%
<b>Costos de Operación</b>		<b>100.00%</b>
<b>Costo de Venta</b>		<b>83.15%</b>
	PRODUCTOS (Azucares y Melaza)	78.70%
	COMBUSTIBLE (Diesel)	2.40%
	SERVICIOS	2.05%
<b>Costo de Venta de Productos y Servicios Agrícolas</b>		<b>12.90%</b>
	COSTO DE VENTA DE SERVICIOS AGRICOLAS	12.83%
	COSTO DE VENTA PRODUCTOS AGRICOLAS	0.08%
<b>Costo de Venta por Generación</b>		<b>3.63%</b>
	COGENERACION FASE 3	1.82%
	ENERGIA ELECTRICA	1.03%
	COGENERACION FASE 4	0.77%
<b>Costo de Venta por Despensa Familiar</b>		<b>0.23%</b>
	ARTICULOS DE CONSUMO (productos de despensa entregados a personal obrero, tecnicos, administrativos, clientes, servicios varios)	0.23%
<b>Costo de Ventas por Materiales y Repuestos</b>		<b>0.10%</b>
	MATERIALES (extintores y recargas, chalecos, guantes, cascos, cinta reflectiva, servicio GPS 300vehiculos, suma de repuestos y materiales)	0.06%
	PRODUCTOS QUIMICOS (venta acido fosforico)	0.02%
	REPUESTOS (suma de respuestos, llantas, tubos, envios para cargadoras, tractores, etc)	0.02%

<b>Gastos Operativos</b>		<b>100.00%</b>
	<b>GASTOS DE VENTA</b>	<b>22.82%</b>
	<i>Azucar cruda</i>	13.09%
	<i>Melaza</i>	7.10%
	<i>Gastos de venta gnl</i>	1.39%
	<i>Azucar refinada</i>	0.81%
	<i>Azucar blanca</i>	0.43%
	<i>Generación eléctrica</i>	0.00%
	<b>GASTOS DE ADMINISTRACION</b>	<b>47.25%</b>
	<i>Gasto de administración</i>	44.90%
	<i>Gastos RSE</i>	2.35%
	<b>GASTOS DEPARTAMENTO AGRICOLA</b>	<b>29.53%</b>
	<i>Depto. campo</i>	14.56%
	<i>Taller agrícola</i>	14.38%
	<i>Báscula</i>	0.30%
	<i>Admon. de propiedades</i>	0.29%
	<b>GASTOS DEPARTAMENTO TECNICO</b>	<b>0.40%</b>
	<i>Seguros</i>	0.16%
	<i>Depreciacion inmuebles</i>	0.07%
	<i>Atencion. recreacion y agasajos</i>	0.06%
	<i>Amortizacion de intangibles</i>	0.05%
	<i>Servicio contratado</i>	0.04%
	<i>Depreciacion mob. y equipo de oficina</i>	0.02%
	<i>Clinica asistencial</i>	0.01%
	<i>Tarjetas de circulacion</i>	0.00%
	<i>Papeleria y utiles</i>	0.00%
	<i>Gastos varios sobre importaciones</i>	0.00%
	<i>Viaticos y movilidad</i>	0.00%
	<i>Fletes</i>	0.00%
	<i>Materiales</i>	0.00%
	<i>PRESTACIONES A EMPLEADOS</i>	0.00%
	<i>Fotocopias .ampliaciones y reducciones</i>	0.00%
<b>Gasto Financiero</b>		<b>100.00%</b>
	<b>INTERESES POR C. ZAFRA</b>	<b>42.20%</b>
	<b>INTERESES POR CREDITO M. PLAZO</b>	<b>35.04%</b>
	<b>INTERESES POR C. MANTENIMIENTO</b>	<b>8.59%</b>
	<b>COMISIONES BANCARIAS</b>	<b>8.58%</b>
	<b>INTERESES CREDITO HENCORP</b>	<b>4.63%</b>
	<b>INTERESES</b>	<b>0.55%</b>
	<b>INTERESES POR C. AVIO A TERCEROS</b>	<b>0.39%</b>
	<b>HONORARIOS (avaluo maquinaria)</b>	<b>0.01%</b>

<b>Gastos Financieros (+ no ordinarios)</b>			<b>100.00%</b>
	<b>GASTOS NO ORDINARIOS</b>		<b>91.97%</b>
		ARRENDAMIENTO DEL PELILLO	62.15%
		SEGURIDAD INGENIO	20.69%
		MANTENIMIENTO CULTIVO DE GUAYABAS	2.72%
		GASTOS POR MANTTO. DE CABALLO	2.55%
		MANTENIMIENTO DE COMPLEJO DEPORTIVO	1.24%
		GASTOS EN ZONA DE LAS PRESAS	0.98%
		OTROS MANTENIMIENTOS	0.83%
		PROYECTO M.A. ALGARROBO	0.70%
		LLAMADAS DE MARGEN	0.07%
		FORESTACION	0.04%
		SEGURIDAD EN PROPIEDADES AGRÍCOLAS	0.00%
		COSTO DE MANTENIMIENTO DE CAÑALES	0.00%
		GASTOS ROZADORES	0.00%
		PROYECTO PANELES SOLARES	0.00%
	<b>GASTO POR DETERIORO INVERSIONES</b>		<b>0.00%</b>
		DETERIORO DE ACTIVOS BILOGICOS	0.00%
		GASTOS POR DETERIORO DE VEHICULOS	0.00%
	<b>GASTO POR DETERIORO DE ACTIVOS</b>		<b>0.00%</b>
		DETERIORO DE ACTIVOS BILOGICOS	0.00%
		GASTOS POR DETERIORO DE VEHICULOS	0.00%
	<b>PÉRDIDAS EN VENTAS DE ACTIVOS (perdidas en títulos valores)</b>		<b>8.03%</b>
			8.03%
<b>Otros Ingresos</b>			<b>100.00%</b>
	<b>INGRESOS FINANCIEROS</b>		<b>38.11%</b>
		INTERESES - PARTES RELACIONADAS	34.94%
		INTERESES (UT, ahorro cuentas cañeros, etc.)	3.17%
	<b>INGRESOS POR INDEMNIZACIONES DE SEGUROS Y TERCEROS</b>		<b>2.50%</b>
		INGRESOS POR INDEMNIZACION DE SEGUROS	1.49%
		REINTEGRO DE PRIMAS	1.02%
	<b>GANANCIA POR VENTA DE ACTIVOS (tractor, servidores, etc)</b>		<b>0.00%</b>
			0.00%
	<b>INGRESOS POR INVERSIONES</b>		<b>41.65%</b>
		FLUCTUACIONES EN INVERSIONES (Empaqa)	28.41%
		DIVIDENDOS (acreedoras, Almapac, Dízucar)	13.24%
	<b>OTROS INGRESOS NO OPERACIONALES</b>		<b>17.74%</b>
		REINTEGRO DE GASTOS VARIOS	8.09%
		INGRESO POR LIQUIDACIONES DE CUENTAS	3.60%
		OTROS INGRESOS	3.58%
		VENTA DE PRODUCTOS QUIMICOS	0.86%
		VENTA DE SACOS VACIOS	0.81%
		INGRESO POR RESCILIACION	
		ARRENDAMIENTO HACIENDA MECHOTIQUE	0.33%
		POLIN, HIERRO, BATERIAS, LAMINAS, MOTORES, ACEITES	0.11%
		REINTEGRO POR EXTRAVÍO Y DAÑOS A HERRAMIENTAS	0.09%
		VENTA DE PLASTICO	0.07%
		VENTA BARRILES PLASTICOS Y DE METAL	0.07%
		REEMBOLSO DE SALARIOS	0.06%
		BIDONES, LLANTAS, CARGADO	
		CACHAZA Y CABLES	0.05%
		VENTA DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	0.02%
		REINTEGRO POR DAÑOS A EQUIPOS	0.02%
		VENTA DE PAPELERIA Y OTROS VARIOS	0.01%
		INDEMNIZACION POR DAÑOS Y SINIESTROS	0.00%
		DIFERENCIALES EN LIQUIDACIONES DE PLANILLAS	0.00%
		VENTA DE MOBILIARIO Y EQ. DE OFICINA	0.00%
		VALOR RAZONABLE DE ACTIVOS BILOGICOS	0.00%
		VENTA DE MANTENIMIENTO DE CAÑALES ACUMULADO	0.00%
		REINTEGRO POR SOBRENTE DE CAJA	0.00%

Tabla 16. Balance de Activos, Autores de tesis, 2019

<b>Activo Corriente</b>		<b>100.00%</b>
Efectivo o Equivalente de Efectivo		6.60%
	CAJA CHICA	0.01%
	DEPÓSITOS EN CUENTA CORRIENTE	4.16%
	DEPÓSITOS EN CUENTA DE AHORRO	2.41%
	DEPOSITOS DEL EXTERIOR	0.02%
Inventarios		30.37%
	INVENTARIO PRODUCTOS TERMINADOS	16.33%
	INVENTARIO PRODUCTOS EN PROCESO	1.21%
	INVENTARIO MERCADERIA ADQUIRIDA	0.06%
	MERCADERIA EN TRANSITO	0.44%
	INVENTARIO DE REPUESTOS Y MATERIALES	12.32%
Cuentas y Documentos por Cobrar		46.66%
	CLIENTES LOCALES	11.39%
	CLIENTES DEL EXTERIOR	9.27%
	CUENTAS POR COBRAR	2.79%
	CUENTAS POR COBRAR AL EXTERIOR	0.12%
	DOCUMENTOS POR COBRAR	0.01%
	PRESTAMOS Y ANTICIPOS A EMPLEADOS	0.32%
	PRODUCTORES CAÑEROS	2.53%
	TRANSPORTISTAS	0.21%
	IMPUESTOS POR RECUPERAR	11.08%
	ANTICIPOS, PRESTACIONES Y SERV. A EMPLEA	0.06%
	PARTES RELACIONADAS CORTO PLAZO	6.90%
	ANTICIPOS A PROVEEDORES LOCALES	0.44%
	ESTIMACION PARA CUENTAS INCOBRABLES	-0.07%
	DEPOSITOS EN GARANTIA	0.00%
	ANTICIPOS PARA COMPRA DE INMUEBLES	0.52%
	LITIGIOS LEGALES	1.08%
Matto. Y Zafra por Liquidar		12.22%
	COSTOS DE MANTENIMIENTO	12.22%
Gastos Pagados por Anticipado		4.14%
	SEGUROS	1.81%
	IMPUESTOS POR LIQUIDAR	0.00%
	PLANILLAS POR LIQUIDAR	0.01%
	FOVIAL	0.01%
	CLINICA ASISTENCIAL	0.00%
	SUBSIDIOS	0.00%
	TRAMITES LEGALES	0.00%
	GASTOS FINANCIEROS POR APLICAR	0.31%
	MANTENIMIENTO DE CAÑALES POR LIQUIDAR	0.66%
	OTROS GASTOS PAGADOS POR ANTICIPADO	1.34%
Cuentas por Cobrar Contratos a Futuro		0.00%
		0.00%
Inversiones temporales		0.00%
		0.00%

<b>Activo No Corriente</b>		<b>100.00%</b>
Propiedad, Planta y Equipo al Costo (Neto)		97.22%
	<i>BIENES INMUEBLES</i>	5.46%
	<i>EDIFICACIONES</i>	7.15%
	<i>MAQUINARIA Y EQUIPO INDUSTRIAL</i>	79.09%
	<i>EQUIPO AGRICOLA Y VEHICULOS</i>	4.21%
	<i>MOBILIARIO Y EQUIPO DE OFICINA</i>	0.33%
	<i>INSTALACIONES</i>	0.63%
	<i>EQUIPOS DE TALLERES</i>	0.13%
	<i>PLANTAS PRODUCTORAS</i>	0.30%
	<i>AGOTAMIENTO PLANTAS PRODUCTORAS</i>	-0.07%
Propiedad Planta y Equipo en Proceso		2.12%
	<i>INMUEBLES EN PROCESO</i>	1.24%
	<i>INGENIO MONTAJE DE MAQUINARIA</i>	0.42%
	<i>PROYECTOS</i>	0.47%
Bienes en Arrendamiento Financiero		0.00%
		0.00%
Propiedades de Inversión al Costo (Neto)		0.13%
	<i>PROPIEDADES DE INVERSIÓN AL COSTO</i>	0.13%
Depreciación Acumulada		-12.82%
	<i>DEPRECIACION EDIFICACIONES</i>	-1.68%
	<i>DEPRECIACIÓN MAQUINARIA Y EQUIPO INDUSTRIAL</i>	-8.73%
	<i>DEPRECIACION EQUIPO AGRICOLA Y VEHICULOS</i>	-1.63%
	<i>DEPRECIACION MOBILIARIO Y EQUIPO DE OFICINA</i>	-0.28%
	<i>DEPRECIACION INSTALACIONES</i>	-0.38%
	<i>DEPRECIACION EQUIPO DE TALLERES</i>	-0.07%
	<i>DEPRECIACION PROPIEDADES DE INVERSION</i>	-0.04%
Activos Intangibles		0.04%
	<i>COSTO DE ADQUISICIÓN DE ACTIVOS INTANGIBLES</i>	0.16%
	<i>AMORTIZACIÓN ACUMULADA ACTIVOS INTANGIBLES</i>	-0.12%
Inversiones Permanentes		1.53%
	<i>ACCIONES</i>	1.23%
	<i>FLUCTUACIONES INVERSIONES PERMANENTES</i>	0.30%
Cuentas y Documentos por Cobrar		11.07%
	<i>PRESTAMOS A EMPLEADOS LARGO PLAZO</i>	0.20%
	<i>PARTES RELACIONADAS A LARGO PLAZO</i>	10.87%
Gastos pagados por Anticipado		0.59%
	<i>DEPOSITOS EN GARANTIA</i>	0.01%
	<i>GASTOS FINANCIEROS POR APLICAR</i>	0.03%
	<i>ARRENDAMIENTOS DE TIERRAS</i>	0.55%
Activo Impuesto S/La Renta Diferido		0.12%
	<i>ACTIVO POR IMPUESTO DIFERIDO</i>	0.12%
Cuentas por Cobrar Contratos a Futuro		0.00%
		0.00%

Tabla 17. Balance de Pasivos, Autores de tesis, 2019

<b>Pasivo Corriente</b>		
Prestamos Bancarios Corto Plazo		89.76%
	<i>PRESTAMOS PARA LA COMPRA DE CAÑA</i>	0.63
	<i>PRESTAMOS PARA COSTOS DE AVIO</i>	0.05
	<i>PRESTAMOS PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</i>	0.11
	<i>PORCION CIRCULANTE DE PASIVO A LARGO PLA</i>	0.12
Cuentas y Documentos por Pagar		6.35%
	<i>PROVEEDORES DE CAÑA</i>	0.00
	<i>TRANSPORTE DE CAÑA</i>	0.00
	<i>TRANSPORTISTAS DE MELAZA Y AZUCAR</i>	0.00
	<i>PROVEEDORES DE SERVICIOS REPUESTOS Y MAT</i>	0.01
	<i>CONTRATOS DE OBRA POR PAGAR</i>	0.00
	<i>ACREEDORES PENDIENTES DE LIQUIDAR</i>	0.03
	<i>RETENCIONES LEGALES</i>	0.01
	<i>DESCUENTOS A EMPLEADOS</i>	0.00
	<i>PARTES RELACIONADAS A CORTO PLAZO</i>	0.01
	<i>ADMINISTRACION DE FONDOS AJENOS</i>	0.00
Dividendos por Pagar		1.94%
	<i>DIVIDENDOS POR PAGAR</i>	0.02
Beneficios a Empleados por Pagar		0.37%
	<i>PASIVO LABORAL</i>	0.00
	<i>VACACION</i>	0.00
Obligaciones por Contratos a Futuros		0.00%
		0.00
Acreedores Pendientes de Liquidar		1.00%
	<i>ANTICIPOS A VENTAS</i>	0.01
	<i>INGRESOS PENDIENTES DE LIQUIDAR</i>	0.00
Impuesto por Pagar		0.58%
	<i>IMPUESTOS POR PAGAR</i>	0.00
	<i>IMPUESTO SOBRE LA RENTA POR PAGAR</i>	0.00
Provisiones		0.00%
		0.00
<b>Pasivo no Corriente</b>		
Prestamos a Largo Plazo		91.56%
	<i>BANCO AGRÍCOLA</i>	41.24%
	<i>BANCO DAVIVIENDA SALVADOREÑO, S.A.</i>	8.17%
	<i>BANCO INDUSTRIAL</i>	2.94%
	<i>BANCO G&amp;T CONTINENTAL EL SLAVADOR</i>	5.76%
	<i>HENCORP BECSTONE CAPITAL, LC</i>	14.11%
	<i>BANCO DO BRASIL (HPB SIMISA)</i>	11.98%
	<i>BANCO INTERNACIONAL DE COSTA RICA, S.A.</i>	1.35%
	<i>BANCO AZUL DE EL SALVADOR, S.A.</i>	6.00%
Cuentas y Documentos por Pagar a L.P.		0.01%
	<i>PROVEEDORES DE CAÑA</i>	0.01%
Obligaciones por Arrendamiento Financiero		0.00%
		0.00%
Beneficios a Empleados por Pagar		0.64%
	<i>PASIVO LABORAL</i>	0.64%
Impuestos Sobre La Renta por Diferido		7.79%
	<i>IMPUESTO SOBRE LA RENTA DIFERIDO</i>	7.79%
Obligaciones por Contratos a Futuros		0.00%
		0.00%
<b>Patrimonio</b>		
Capital Social Mínimo		\$0.00
Capital Social		43.93%
	<i>CAPITAL SOCIAL MÍNIMO</i>	\$0.20
	<i>CAPITAL SOCIAL VARIABLE</i>	\$0.24
Reservas		8.79%
	<i>RESERVA LEGAL</i>	\$0.09
Utilidad Presente Ejercicio		0.00%
		\$0.00
Utilidad Ejercicios Anteriores		39.75%
	<i>UTILIDADES DE EJERCICIOS ANTERIORES</i>	\$0.40
Efectos por Adopción de NIIF		0.00%
		\$0.00
Superavit por Revaluaciones		7.53%
	<i>SUPERAVIT POR REVALUACIONES</i>	\$0.08

#### **4.5 Efectos en la rentabilidad con la mejora en disponibilidad, confiabilidad, operatividad de los equipos y el manejo de inventario de materiales y repuestos.**

Para poder conocer los efectos sobre la rentabilidad, es necesario establecer indicadores o índices de los costos del mantenimiento, dentro de los cuales podrán tomarse los siguientes:

- Relación entre el costo total del mantenimiento y el costo total de la producción.

$$CCMN = \frac{CTMN}{CTPR} * 100$$

El costo total de la producción incluye los gastos directos e indirectos de ambas dependencias (operación y mantenimiento), inclusive los respectivos lucros cesantes

- Progreso en los esfuerzos de reducción de costos. Relación entre el trabajo en mantenimiento programado y el índice anterior.

$$PERC = \frac{TBMP}{CTMN}$$

Este índice indica la influencia de la mejoría o empeoramiento de las actividades de mantenimiento preventivo (bajo control) con relación al costo de mantenimiento total.

Su utilidad es mostrar que el índice PERC disminuye en el tiempo, tal como se mostró la gráfica en página 10.

- Costo relativo con personal propio.

$$CRPP = \frac{\sum CMOP}{CTMN} * 100$$

Relación entre el gasto con mano de obra propia y el costo total del área de mantenimiento en el periodo considerado.

- Costo relativo con material.

$$CRMT = \frac{\sum CMAT}{CTMN} * 100$$

Relación entre el gasto con material y el costo total del área de mantenimiento en el periodo considerado.

- Costo de mano de obra externa. Relación entre gastos totales de mano de obra externa (contratación eventual y/o gastos de mano de obra proporcional a los servicios de contratos

permanentes) y la mano de obra empleada en los servicios (propia y contratada), durante el periodo considerado.

$$CMOE = \frac{\sum CMOC}{\sum (CTOC + CMOP)} * 100$$

En el cálculo de ese índice pueden ser considerados todos los tipos de mano de obra contratada sea por servicios permanentes o eventuales.

- Costo de mantenimiento con relación a la producción. Relación entre el costo total de mantenimiento y la producción total en el periodo.

Esta relación es dimensional, toda vez que el denominador es expresado en unidades de producción (ton, kW, km, etc.)

- Costo de capacitación. Relación entre el costo de entrenamiento del personal de mantenimiento y el costo total de mantenimiento.

$$CTET = \frac{\sum CEPM}{CTMN} * 100$$

Este índice representa los elementos de gastos de mantenimiento invertido en el desarrollo de las competencias a través de entrenamientos internos y externos, pudiendo ser complementado con el índice de costo de capacitación “per-cápita”, o sea, la inversión en capacitación por la cantidad de personal entrenado.

- Inmovilización en repuestos. Relación entre el capital inmovilizado en repuestos y el capital invertido en equipos.

$$IMRO = \frac{\sum CIRP}{\sum CIEQ} * 100$$

Se debe tener cuidado en el cálculo de este índice para considerar los repuestos específicos y parte de los no específicos utilizados en los equipos bajo la responsabilidad del área de mantenimiento, siendo pues un índice que generalmente se torna difícil de calcular debido al establecimiento de esta proporcionalidad.

- Costo de mantenimiento por valor de venta. Relación entre el costo total de mantenimiento acumulado de un determinado equipo y el valor de venta de ese equipo.

$$CMVD = \frac{\sum CTMN}{VLVD} * 100$$

- Costo Global. Valor de reposición menos la suma del Valor de Venta con el Costo Total de Mantenimiento de un determinado equipo.

$$CMVD = VLRP - (VLVD + CTMN)$$

Tabla 18. Desempeño Inicial, Análisis de Resultados, Autores de tesis, 2019

Estado de Resultados para el año en que finaliza en 2016			
<b>Ingreso por ventas</b>		<b>100.00%</b>	
Costo de Operación		67.18%	
<b>Utilidad Bruta</b>		<b>32.82%</b>	
Gastos Operativos			
GASTOS DE VENTA		3.22%	
GASTOS DE ADMINISTRACION		6.67%	
<b>GASTOS DEPARTAMENTO AGRICOLA</b>		4.17%	
GASTOS DEPARTAMENTO TECNICO		0.06%	
<i>Total Gastos Operativos</i>		14.12%	
<b>Utilidad Operativa</b>		<b>18.71%</b>	
Gastos Financieros (+ no ordinarios)		7.31%	
Otros Ingresos		1.92%	
<b>Utilidad Neta Antes de Impuestos</b>		<b>13.32%</b>	
Impuestos (27.6%)+Reserva Legal		3.68%	
<b>Utilidad Neta</b>		<b>9.64%</b>	
<b>Balance General al 31 de Diciembre de 2016</b>			
<b>Miles de US\$</b>			
<b>Activos</b>			
Efectivo	<i>base para cuadrar balanc</i>	1.19%	
Valores Negociables		2.96%	
Cuentas por Cobrar		8.45%	
Inventarios		5.50%	
<b>Total de Activos Corrientes</b>		<b>18.10%</b>	
Terreno y Edificios		10.36%	
Maquinaria y Equipo		65.01%	
Mobiliario y Accesorios		0.79%	
Vehículos		3.46%	
Depreciación Acumulada		-10.53%	
Otros		12.82%	
<b>Total de Activos Fijos Netos</b>		<b>81.90%</b>	
<b>Total de Activos</b>			
<b>Pasivos</b>			
Cuentas por Pagar	<i>base para cuadrar balanc</i>	32.18%	
Documentos por Pagar		2.36%	
Deudas acumuladas		1.45%	
<b>Total de Pasivos Corrientes</b>		<b>35.99%</b>	
Deudas a Largo Plazo		38.82%	
<b>Total Pasivos</b>		<b>74.81%</b>	
Capital		9.27%	
Reservas		1.85%	
Resultado Acumulado Utilidad no distribuida		9.98%	
<i>Resultado del Ejercicio</i>		4.09%	
<b>Total Patrimonio Neto</b>		<b>25.19%</b>	

Tipo	Indicador		
Liquidez	Ratio Corriente	Veces	98.7%
Gestión	Rotación de Activos	Veces	100.5%
Gestión	Rotación de Cuentas por Cobrar	Veces	100.0%
Gestión	Rotación de Inventarios	Veces	104.5%
Gestión	Rotación de Cuentas por Pagar	Veces	101.5%
Gestión	Rotación de Cuentas por Cobrar	Días	100.0%
Gestión	Rotación de Inventarios	Días	95.7%
Gestión	Rotación de Cuentas por Pagar	Días	98.5%
Gestión	Cash Cycle	Días	98.9%
Solvencia	Endeudamiento	Veces	99.3%
Solvencia	EBITDA	US\$	100.0%
Solvencia	Cobertura de Gastos Financieros	Veces	100.0%
Solvencia	Apalancamiento Financiero	Veces	100.0%
Rentabilidad	Margen Bruto	%	100.0%
Rentabilidad	Margen Operativo	%	100.0%
<b>Rentabilidad</b>	<b>Margen EBITDA</b>	%	<b>100.0%</b>
Rentabilidad	Margen Neto	%	100.0%
<b>Rentabilidad</b>	<b>Utilidad Neta</b>	<b>US\$</b>	<b>100.0%</b>
<b>Rentabilidad</b>	<b>ROE</b>	%	<b>100.0%</b>
Rentabilidad	ROA	%	100.5%

Tabla 19. Cuadro Resumen Análisis de Resultados, Autores de tesis, 2019

		Caso 1 (-10% ventas)	Caso 2 (+10% ventas)	Caso 3 (-10% Mantto.)	Caso 4 (+10% Mantto.)
<b>Estado de Resultados</b>	Ingreso por ventas	↘ -10.0%	↗ 10.0%		
	Costo de bienes vendidos				
	<b>Utilidad Bruta</b>	↘ -21.6%	↗ 21.6%		
	Gastos Operativos				
	Gastos de ventas				
	Gastos generales y administrativos				
	<b>Gastos de mantenimiento</b>			↘ -10.0%	↗ 10.0%
	Gastos por depreciación				
	Total Gastos Operativos				
	<b>Utilidad Operativa</b>	↘ -64.3%	↗ 64.3%	↗ 5.0%	↘ -5.0%
Gastos Financieros					
Otros Ingresos					
<b>Utilidad Neta Antes de Impuestos</b>	↘ -74.0%	↗ 74.0%	↗ 5.7%	↘ -5.7%	
Impuestos 30%					
<b>Utilidad Neta</b>					
<b>Balance General al 31 de Diciembre de XXX</b>	<b>Activos</b>				
	Efectivo				
	Valores Negociables				
	Cuentas por Cobrar				
	Inventarios				
	<b>Total de Activos Corrientes</b>	↘ -18.4%	↗ 18.4%	↗ 1.4%	↘ -1.4%
	Terreno y Edificios				
	Maquinaria y Equipo				
	Mobiliario y Accesorios				
	Vehículos				
	Depreciación Acumulada				
	Otros				
	<b>Total de Activos Fijos Netos</b>	↘ -8.1%	↗ 8.1%	↗ 0.6%	↘ -0.6%
	<b>Total de Activos</b>				
	<b>Pasivos</b>				
	Cuentas por Pagar				
	Documentos por Pagar				
	Deudas acumuladas				
	<b>Total de Pasivos Corrientes</b>				
	Deudas a Largo Plazo				
<b>Total Pasivos</b>					
Capital					
Reservas					
Resultado Acumulado					
Resultado del Ejercicio	↘ -74.0%	↗ 74.0%	↗ 5.7%	↘ -5.7%	
<b>Total Patrimonio Neto</b>	↘ -16.2%	↗ 16.2%	↗ 1.3%	↘ -1.3%	
<b>Total Pasivo y Patrimonio Neto</b>	↘ -8.1%	↗ 8.1%	↗ 0.6%	↘ -0.6%	

	IVA (afectando Rotación de Cuentas por Cobrar)	13%						
<b>Indicadores</b>	<b>Tipo</b>	<b>Indicador</b>						
	Liquidez	Ratio Corriente	Veces	↗ -18.4%	↗ 18.4%			↘ -1.4%
	Gestión	Rotación de Activos	Veces	↘ -2.1%	↗ 1.7%			↗ 0.6%
	Gestión	Rotación de Cuentas por Cobrar	Veces	↘ -10.0%	↗ 10.0%			
	Gestión	Rotación de Inventarios	Veces					
	Gestión	Rotación de Cuentas por Pagar	Veces					
	Gestión	Rotación de Cuentas por Cobrar	Días	↗ 11.1%	↘ -9.1%			
	Gestión	Rotación de Inventarios	Días					
	Gestión	Rotación de Cuentas por Pagar	Días					
	Gestión	Cash Cycle	Días	↗ 21.9%	↘ -17.9%			
	Solvencia	Endeudamiento	Veces	↗ 19.4%	↘ -14.0%	↘ -1.2%		↗ 1.3%
	Solvencia	EBITDA	US\$	↘ -46.0%	↗ 46.0%	↗ 3.6%		↘ -3.6%
	Solvencia	Cobertura de Gastos Financieros	Veces	↘ -46.0%	↗ 46.0%	↗ 3.6%		↘ -3.6%
	Solvencia	Apalancamiento Financiero	Veces	↗ 85.2%	↘ -31.5%	↘ -3.4%		↗ 3.7%
	Rentabilidad	Margen Bruto	%	↘ -12.9%	↗ 10.6%			
	Rentabilidad	Margen Operativo	%	↘ -60.4%	↗ 49.4%	↗ 5.0%		↘ -5.0%
	<b>Rentabilidad</b>	<b>Margen EBITDA</b>	<b>%</b>	↘ -40.0%	↗ 32.7%	↗ 3.6%		↘ -3.6%
	Rentabilidad	Margen Neto	%	↘ -71.1%	↗ 58.2%	↗ 5.7%		↘ -5.7%
	<b>Rentabilidad</b>	<b>Utilidad Neta</b>	<b>US\$</b>	↘ -74.0%	↗ 74.0%	↗ 5.7%		↘ -5.7%
	<b>Rentabilidad</b>	<b>ROE</b>	<b>%</b>	↘ -74.0%	↗ 74.0%	↗ 5.7%		↘ -5.7%
Rentabilidad	ROA	%	↘ -71.7%	↗ 60.9%	↗ 5.7%		↘ -5.1%	

## CAPITULO 5. DESARROLLO CASO DE ANÁLISIS

### **Introducción.**

El siguiente capítulo es el desarrollo de un caso de análisis, que tiene como propósito establecer un protocolo para el proceso de análisis de los equipos críticos identificados con la matriz; para el caso de análisis se seleccionara un elemento del listado de los equipos críticos y se implementaran las diferentes metodologías detalladas en los capítulos anteriores.

Es importante mencionar que no todos los elementos detallados en el cuerpo del trabajo serán implementados en el caso de análisis, ya que no contamos con la data necesaria para contribuir al análisis que se requiere. Sin embargo, se detallarán elementos como los modos de fallo y efecto del sistema en estudio y el mantenimiento idóneo para la optimización de la disponibilidad, incluyendo los costos por la implementación del Sistema de Gestión del Mantenimiento.

### **5.1 Justificación elección de equipo crítico.**

Con la implementación de la matriz de criticidad en cada una de las áreas de la planta, se tuvo como resultado los equipos con alto rango de criticidad, de los cuales se tomará un equipo en específico para aplicar un análisis de modo de fallo y efectos, con la finalidad de establecer un protocolo de investigación para los demás equipos críticos que no serán analizados por la extensión que implica.

El proceso de la planta que escogeremos para analizar uno de sus activos críticos es Cogeneración, tomando en cuenta que posee un fundamental papel en la generación de energía, y su causa es una inversión significativa para los recursos del ingenio. Dentro de los activos que representa una alta ponderación de criticidad son las calderas de alta presión (Caldera MITRE y HPB). Conformada por subsistemas mecánicos e importantes para su buen funcionamiento. Uno de los subsistemas indispensables para el funcionamiento óptimo de las calderas de alta presión son las *Bombas de Inyección*, sistema de bombeo centrífugo que suministra de agua las calderas para su proceso de generación de vapor. Su complejidad como sistema hace un conjunto de mucha importancia para la caldera, de tal manera, que los fallos impactan directamente la disponibilidad de las calderas, dejando el sistema de cogeneración fuera de línea, permitiendo las pérdidas de ganancia en venta y la disminución de disponibilidad del activo como tal. Es por ello, que tomaremos como bases de análisis este sistema; que se compone de un motor eléctrico, bomba multietapa de alta presión y los componentes de instrumentación que influyen en la funcionalidad del sistema.

## 5.2 Cronograma de implementación de SGM.

A continuación, se presenta el cronograma con las actividades generales de la implementación del SGM, que describe paso a paso lo que se ha logrado hasta este momento como lo que está en proceso y pendiente por ejecutar.

Tabla 20. Cronograma de Implementación de SCM

Descripción de la Actividad	Duración	Comienzo	Fin	% completado
<b>IMPLEMENTACIÓN DEL SGM</b>	<b>1,820 días</b>	<b>mar 25/04/17</b>	<b>vie 28/04/22</b>	<b>76%</b>
<i>Alcance del Plan</i>	2 días	mar 25/04/17	mié 26/04/17	100%
<i>Definición de Objetivos y estrategia</i>	3.33 días	mié 26/04/17	mar 02/05/17	100%
<b>RECOPIACIÓN Y AFINAMIENTO DE LA INFORMACIÓN</b>	94.78 días	jue 27/04/17	jue 31/08/17	<b>100%</b>
<b>INTERFASE CON IT. PRIMERA ETAPA (Diseño de Plataforma SCM)</b>	42.56 días	mar 08/08/17	lun 02/10/17	<b>100%</b>
<b>ROTULACIÓN EN CAMPO DE EQUIPOS</b>	74.11 días	lun 02/10/17	lun 08/01/18	<b>100%</b>
<b>INTERFASE CON PERSONAL OBRERO Y TÉCNICO JEFES DE ÁREA</b>	20.67 días	vie 05/01/18	mié 31/01/18	<b>100%</b>
<b>MEJORA CONTINUA SCM (Retroalimentación)</b>	37 días	jue 01/02/18	mar 20/03/18	<b>100%</b>
<b>PLAN PILOTO (Área: Alimentación de caña y Molienda)</b>	177.67 días	sáb 19/08/17	lun 09/04/18	<b>100%</b>
<b>IMPLEMENTACION DEL SCM MANTENIMIENTO 2018</b>	163.33 días	vie 06/04/18	jue 01/11/18	<b>100%</b>
<b>DEFINICION DE EQUIPOS CRÍTICOS</b>	46.78 días	vie 01/06/18	mar 31/07/18	<b>100%</b>
<b>ESTRUCTURA DE PLANES RUTINARIOS PREVENTIVOS Y PREDICTIVOS (Zafra 18/19)</b>	19.67 días	lun 15/10/18	mié 07/11/18	<b>93%</b>
<b>INDUCCIÓN CON PERSONAL OBRERO (Presentación de logística y funcionamiento de SCM)</b>	7.67 días	mié 07/11/18	jue 15/11/18	<b>100%</b>
<b>INTERFASE CON IT. SEGUNDA ETAPA (Mejoras de interfaz y programación)</b>	7.67 días	mié 07/11/18	jue 15/11/18	<b>100%</b>
<b>IMPLEMENTACIÓN DEL SCM ZAFRA 18/19</b>	105.67 días	sáb 17/11/18	lun 01/04/19	<b>55%</b>
<b>DEFICIÓN DE INDICADORES CLAVES</b>	67.56 días	jue 03/01/19	vie 29/03/19	<b>15%</b>
<b>FASE DE ANÁLISIS DE PUNTOS DÉBILES (Análisis de causa raíz - RCA / Equipos Críticos)</b>	62.11 días	lun 01/04/19	mar 18/06/19	<b>5%</b>
<b>PROCESO DE ANÁLISIS DE COSTES</b>	32.67 días	jue 20/06/19	mié 31/07/19	<b>0%</b>
<b>ANALISIS DE CRITICIDADES A SISTEMAS DE COMPONENTES</b>	546.67 días	mié 01/05/19	jue 01/04/21	<b>0%</b>
<b>IMPLEMENTACION TPM A EQUIPOS NO CRITICOS</b>	830.89 días	mié 01/05/19	vie 01/04/22	<b>0%</b>
<b>INGRESO DE INFORMACION DE EQUIPOS Y DESARROLLO DE BITACORAS ELECTRONICAS</b>	429 días	mié 01/05/19	lun 02/11/20	<b>0%</b>
<b>APLICACIÓN DE INDICADORES (CONSOLIDADOS DE ACUERDO A RESULTADOS)</b>	429 días	mié 01/05/19	lun 02/11/20	<b>0%</b>

### 5.3 Ejemplo de aplicación del RCM al sistema de agua de alimentación de una caldera bagacera de alta presión.

#### 5.3.1 Descripción

A continuación, se presenta el cuadro resumen de los equipos críticos como resultado de la matriz de criticidad implementada en cada una de las áreas del ingenio. Y se pondrá atención a los equipos con ponderación más elevada. Rango desde 88 hasta 114.

<b>CUADRO DE CRITICIDADES DE RANGO ALTO</b>			
<b>Item</b>	<b>Nombre de Equipo</b>	<b>Código de Equipo</b>	<b>Ponderación</b>
<b>AREA ALIMENTACION Y MOLIENDA</b>			
<b>ALIMENTACION DE CAÑA</b>			
1	Grúa de hilo	(GRH-11001)	89.25
2	Mesa alimentadora de caña larga	(MSA-11001)	89.25
3	Transportador banda de hule	(TPT-11003)	89.25
4	Transportador de caña larga	(TPT-11001)	89.25
<b>MOLIENDA</b>			
1	Molino 1	(MLN-12001)	103.25
2	Molino 2	(MLN-12002)	103.25
3	Molino 3	(MLN-12003)	103.25
4	Molino 4	(MLN-12004)	103.25
5	Molino 6	(MLN-12006)	103.25
6	Sistema planetario de molino 1	(PNT-12001)	92.00
7	Sistema planetario de molino 2	(PNT-12002)	92.00
8	Sistema planetario de molino 3	(PNT-12003)	92.00
9	Sistema planetario de molino 4	(PNT-12004)	92.00
10	Sistema planetario de molino 6	(PNT-12006)	92.00
11	Conductor intermedio molinos 1 y 2	(TPT-12001)	89.25
12	Conductor intermedio molinos 2 y 3	(TPT-12002)	89.25
13	Conductor intermedio molinos 3 y 4	(TPT-12003)	89.25
14	Conductor intermedio molinos 4 y 6	(TPT-12004)	89.25
<b>COGENERACION</b>			
<b>CALDERAS</b>			
1	Caldera 5	(CDR-21005)	107.75
2	Caldera 4	(CDR-21004)	100.75
<b>TURBOGENERADORES</b>			
1	Turbogenerador 8	(TBG-22008)	93.75
2	Turbogenerador 7	(TBG-22007)	92.75
<b>FABRICA</b>			
<b>CLARIFICACIÓN Y EVAPORACIÓN</b>			
1	Filtro Cachaza	FTR-00010, FTR-00011, FTR-00012	88.75
<b>CRISTALIZACION</b>			
1	Racalentador de masa.	ITB 33001	92.25
2	Tacho Continuo Masa C	TCH 33010	92.25
<b>REFINERÍA</b>			
1	Tamiz vibrador	TMZ-00002	92.50

Tabla 21. Ponderación de Equipos con Criticidad Alta

El cuadro resumen de los resultados de equipos críticos en el proceso de Cogeneración la Caldera #5 (Caldera HPB), presenta una ponderación de **107.25**. una de las más altas de todo el conjunto.

La caldera HPB es una caldera recién construida y cuenta con tecnología novedosa y eficiente para producir una mayor generación de energía eléctrica. Parte de su diseño que la hace particular es que es una caldera que funciona con fluidización y esto consiste en la mezcla de combustible o materia prima, en nuestro caso es área natural con cierto tamaño ya establecido por los fabricantes. Este material es fluidizado con los pasajes de aire de combustión, que lo mantiene en suspensión en ambiente oxidante de alta temperatura, generando un área de alta combustión y turbulencia, lo que genera un mejor contacto de toda la superficie de las partículas de bagazo.

Por otra parte, uno de los componentes importantes para la inyección de agua hacia la caldera es la bomba de inyección de alta presión, ya que el flujo debe ser constante, a una presión y temperatura determinada, por ende, presentamos a continuación el análisis de dicho sistema de bombeo.

Como referencia e información complementaria retomamos elementos del manual de la bomba Sulzer para que el lector tenga una inducción técnica del equipo en estudio.



*Ilustración 10. Despiece de bomba, Manual e Instrucción para Operación y Mantenimiento*

### **Conjunto General Bomba.**

Las bombas de la serie MD son bombas centrifugas horizontales de multietapas proyectadas para alimentación de calderas y otras aplicaciones de alta presión. Las bombas son apropiadas para bombear fluidos limpios. Las presiones y temperaturas operacionales admisibles dependen de las especificaciones del material. Consulte la hoja de datos para límites de aplicación. Los materiales de construcción son elegidos según el fluido especificado en el pedido.

**Carcasa.** La carcasa se divide radialmente y consiste en cuerpo de succión, cuerpos de etapas y cuerpo de descarga. Las partes de la carcasa son selladas a través de anillos-O y unidas por tirantes.

**Eje.** El maquinado correcto del eje produce encajes y holguras precisos para montaje y operación. Los resaltes maquinados proporcionan la localización positiva de piezas montadas.

**Impulsores.** Los impulsores con canales cerrados son accionados por cuñas y sellados contra los elementos de la carcasa por anillos de desgaste sustituibles. El flujo es guiado de una etapa a otra a través de difusores estacionarios.

**Sellado del eje.** Las cámaras de sellado de la bomba, que están llenas con fluido, están selladas en el eje por empaque trenzado.

Las tapas de la carcasa son encajadas con una cámara de enfriamiento, cuando es necesario. Con el fin de prevenir la vaporización cerca del sellado del eje, se debe garantizar la cantidad de agua. Si esa recomendación no es seguida, eso podrá causar falla total en el sellado del eje.

**Soportes de cojinete.** Los soportes de cojinete se conectan mediante bridas a ambos lados de la bomba y están equipados con chumaceras de metal babbit. Dependiendo de las condiciones de funcionamiento, los soportes de cojinete pueden necesitar refrigeración para mantener una temperatura de los cojinetes aceptable. En ese caso, se debe asegurar la cantidad de agua necesaria para la refrigeración.

**Cojinetes / Lubricación.** El cojinete radial - lado accionado, es de tipo chumacera de metal babbit, dado que el empuje radial es despreciable. El cojinete axial - lado no accionado, es de tipo chumacera de metal babbit con segmentos, que absorbe el empuje axial principal. El empuje axial residual es absorbido por el dispositivo de compensación hidráulica. La lubricación de los cojinetes mediante aceite se realiza por baño. (Sulzer B. , 2015)

(Sulzer, Contexto, Manual de Instrucciones para Operación y Mantenimiento, 2014)

### **Regulador de nivel de aceite.**

En cada soporte de cojinete se encuentra instalado un regulador de nivel de aceite. Este dispositivo mantiene automáticamente el nivel de aceite en los soportes de cojinete y proporciona medios de monitoreo y llenado.

### **5.3.2 Contexto de Sistema de Bombeo**

**ORGANIZACIÓN: Ingenio “El Ángel”, Grupo El Ángel**

**CONTEXTO OPERACIONAL: Sistemas de Agua de Alimentación de Caldera de Alta Presión HPB (BMB-00036, BMB-00037, BMB-00038 y BMB-00039)**

Generalidades.

La función principal del sistema de agua de alimentación es el aporte de agua, previamente calentada en el desairador, hacia el economizador que está antes de ingresar al domo de la caldera de alta presión, para la producción de vapor a 100 bar y 545°C, pasando antes por 3 calentadores de un ciclo Rankine Regenerativo para precalentar el agua a 210°C, como se muestra a continuación:

(Sulzer, Contexto, Manual de Instrucciones para Operación y Mantenimiento, 2014)

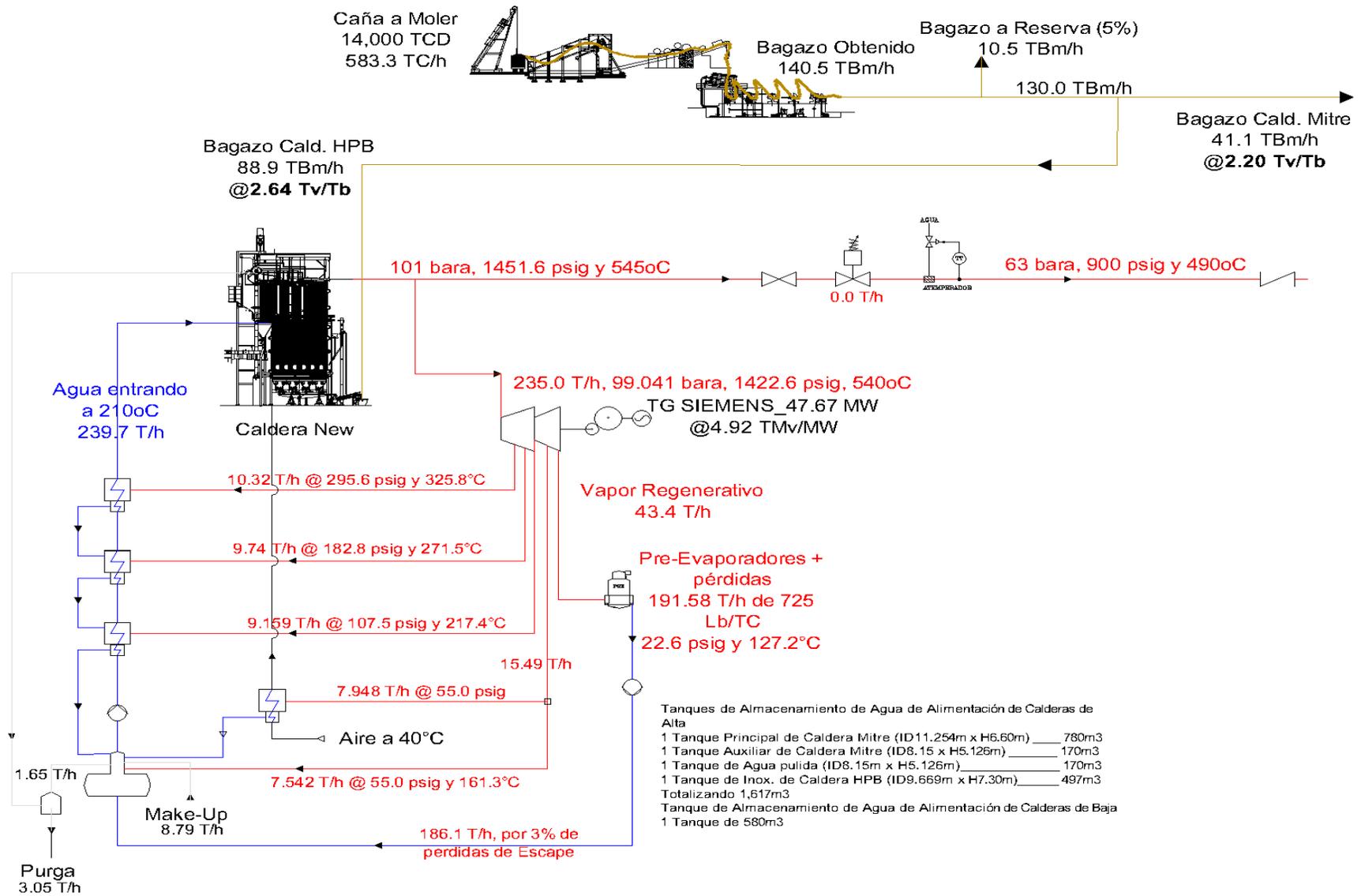


Figura 5. Funcionamiento de Calderas, Autores de tesis, 2018

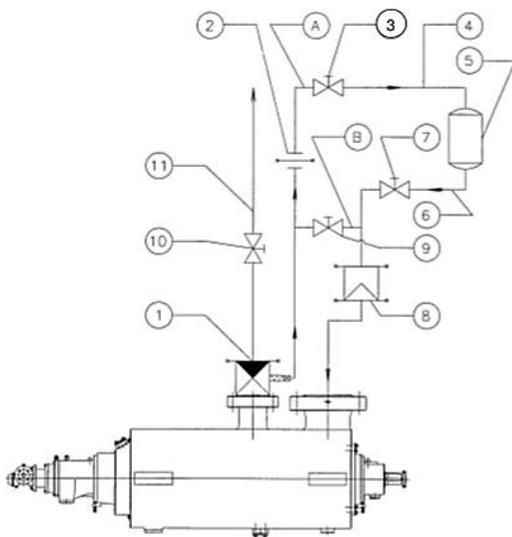
Otras funciones son:

- Mantener el nivel del domo de la caldera de alta presión, marca HPB.
- Atemperado del vapor entre 2 etapas de sobrecalentamiento.

El sistema dispone de 4 conjuntos bomba-motor, de las cuales 2 operan y las otras 2 quedan en reserva.

Para prevenir la entrada de cuerpos extraños (astillas de soldadura, rebabas, etc., ...) en la bomba, desde la tubería, durante el periodo inicial de funcionamiento, se puede instalar un filtro de protección de la tubería de entrada, hecho de acero a prueba de oxidación [anchura de la malla: 0,328 mm (malla # 50)]. La sección transversal abierta para pasaje del filtro debe ser de al menos 4 a 5 veces la sección transversal del tubo. En el caso de caída de la presión de succión en la bomba, el filtro debe ser removido y limpiado. Se cuenta con un monitoreo mediante un transmisor de presión diferencial, que al detectar una presión mayor que 0,35 bar dispara una ALARMA. Si fuera mayor que 0,5 bar se produce el "SHUT-OFF" de la bomba. Las diferencias de presión mayores causan daños al tamiz.

Todo el conjunto de bombas está protegido mediante dos líneas de mínima recirculación, una con válvula de control en cada bomba, que actúa por señal de caudal en la descarga de las bombas y otra mecánica de cavidad progresiva que actúa proporcionalmente según el incremento de presión en el múltiple de descarga. Cuando la bomba opera en carga parcial (flujo próximo de cero), casi toda la potencia suministrada al flujo es transformada en energía térmica. Si este flujo es inferior al flujo mínimo, ocurrirá calentamiento y continuará hasta que el fluido entre en el estado de ebullición, causando serios daños a los impulsores, anillos de desgaste estacionarios y dispositivo de compensación hidráulica, ocasionando una eventual parada de la bomba. Para evitar esto, debe siempre haber un flujo mínimo de fluido a través de la bomba.



Pos.	Denominación
1	Válvula de flujo mínimo (*)
2	Orificio calibrado (*)
3, 7, 9, 10	Válvula de bloqueo
4	Tubería de flujo mínimo
5	Reservorio
6	Tubería de succión
8	Filtro
11	Tubería de descarga

Figura 6. Partes de bomba, Manual de instrucciones para operación y mantenimiento, 2014

## Especificaciones de Diseño:

Tabla 22. Especificaciones de Diseño, Manual de instrucciones para operación y mantenimiento ,2014

CONDICIONES DEL FLUIDO (OPERACIÓN / SELECCIÓN)			COJINETES		
Líquido de bombeo	Agua Desmineralizada		Radial		Sleeve
Temperatura (oper. / máx) (oC)	145 / 155		Axial		Sleeve
Densidad (oper.) (kg/dm3)	0.922		Lubricación		Aceite (ISO VG 46)
Presión de vapor (oper.) (kgf/cm2 A)	4.23		<b>SELLO MECÁNICO</b>		
Viscosidad (oper.) (cP)	0.189		Fabricante -		
NPSH Requerido (m)	<b>8,9</b>		Cod. del Fabricante -		
Caudal (m3/h)	160		Tipo / Tamaño -		
Altura manométrica total (m)	1439		Plan API -		
Presión de succión (kgf/cm2 g)	4.8		Codigo API -		
Presión de descarga (kgf/cm2 g)	137.45		<b>PRENSAESTOPAS</b>		
Presión diferencial (kgf/cm2 g)	132.65		Fabricante		TEADIT
NPSH Requerido (m)	5.3		No de anillos		12
No de Etapas (un.)	11		Material		PTFE + GRAFITE
Rotación (rpm)	3576		Tamaño		D 85x110x11,5
Rendimiento (%)	75		<b>DRIVE (SUMINISTRADO POR HPB-SIMISA)</b>		
Potencia consumida (Kw)	771		Fabricante		WEG
Caudal mínimo (m3/h)	45		Potencia (cv)		1150
AMT Shutoff (m)	1705.5		Rotación		3576
Caudal de refrigeración (m3/h)	0.9		Tamaño de la carcasa		6810
Presión de refrigeración (kgf/cm2 g)	2 a 4		Tención (V)		4160
Perda de Carga en el filtro Ø10" (m)	<b>Mire doc. S4-LST154710</b>		Frecuencia (Hz)		60
Presión Descarga Caudal min. (kgf/cm2 g)	159.3		<b>ACOPLAMIENTO</b>		
			Fabricante		PTI
<b>CONSTRUCCIÓN</b>			Modelo		1015GL31-4
Carcasa Partida	Radial		Sentido de giro Vist L.A. <b>Horario</b>		Horario
Impulsor	Entre Cojinetes		<b>PESOS (Kg)</b>		
Bridas	Succión	Descarga	Extracción	Bomba	1199
DN	<b>150 mm / 6"</b>	<b>80 mm / 3"</b>	-	Placa de base	1545
Clase	<b>300#</b>	<b>1500#</b>	-	Acoplamiento/Protección	25
Acabamiento	<b>Espiral - 3,2 - 6,3 µm</b>			Drive	5005
Ejecución	<b>RF</b>			Otros	75
Posición	<b>Top</b>	<b>Top</b>	-		
Presión Hidrática (suc/desc.) (kgf/cm2 g)	22,9 / 275,3		Total		>7849
PMTA (suc/desc.) (kgf/cm2 g)	15,3 / 183,5 @ 155°C		<b>APUNTES</b>		
<b>MATERIALES</b>			<b>Plan de Refrigeración = D</b>		<b>D</b>
Carcasa	ASTM A487-CA6NM A		<b>Impulsor Diámetro (mim/proy/max) =</b>		<b>240 / 268 / 270 mm</b>
Impulsor	ASTM A743-CA6NM		<b>J:</b>		<b>0,608 Kg m2 / bomba</b>
Difusor	ASTM A743-CA6NM		<b>Nivel de ruido:</b>		<b>85 db(A) @ 3m</b>
Eje	AISI 420				
Anillo desgaste del impulsor	N/A				
Anillo desgaste estacionario	A 743-CA40- Benef. + Ntr.				
Manguito del eje	A 743-CA40- Benef.				
Caja del cojinete	ASTM A536-60-40-18				
Soporte de la caja del cojinete	ASTM A536-60-40-18				

## **Especificaciones de Operación**

En operación normal, dos bombas de alta presión estarán en servicio, mientras las otras dos bombas quedarán como reserva.

Las bombas seleccionadas en reserva entrarán en funcionamiento por disparo de alguna de las bombas seleccionada en servicio, según una orden de priorización.

El sistema de Agua de Alimentación se encuentra integrado en el sistema automático de arranque y parada de la planta de emergencia marca SDMO modelo X1000U de 1000 kW (1250 kVA) en Standby y 909 kW (1136 kVA) en Prime, con motor de 16 cilindros MTU 16V2000G85E a 1800rpm, y generador Leroy Somer LSA49.1L11 trifásico de 4 polos con excitación AREP y aislamiento H.

Desde el sistema de Agua de Alimentación se informa al programa secuencial de arranque y parada del cumplimiento de las condiciones particulares del sistema que intervienen en la condición "ready to start", de manera que se puedan iniciar las secuencias automáticas. Las condiciones son las siguientes:

- Válvulas de control de atemperación de vapor sobrecalentado en AUTO y CERRADAS.
- Válvula de bloqueo de alimentación al Economizador ABIERTA.
- Válvula de Bypass de válvula de bloqueo de alimentación al Economizador CERRADA.
- Una Bomba de Agua de Alimentación en MARCHA, con su Válvula de descarga en AUTO y ABIERTA y su Válvula de control de mínima recirculación () en AUTO.
- Válvula de Control del nivel del Caldera en AUTO.
- Una Bomba de Agua de Alimentación en MARCHA, con su Válvula de descarga en AUTO y ABIERTA y su Válvula de control de mínima recirculación en AUTO.
- Válvulas de línea de alivio de presión del Economizador en AUTO y ABIERTAS.

(Sulzer, Contexto, Manual de Instrucciones para Operación y Mantenimiento, 2014)

### **Modos de funcionamiento y mando del sistema o elemento.**

Las bombas centrífugas de agua de alimentación de la Caldera HPB son monitorizadas y controladas desde las pantallas de operación de las estaciones de operación instaladas en la Sala de Control Principal.

La bomba puede ser operada local o remotamente. LOCALMENTE, a pie de máquina, actuando sobre la seta de emergencia y en REMOTO, desde el DCS DeltaV de Emerson, en modo Automático o Manual.

Las bombas disponen de dos modos de operación en REMOTO: Manual y Automático.

Cuando el accionamiento de la Bomba de Agua de Alimentación se encuentra en modo MANUAL, la operación se realizará desde la estación de mando programada en el DCS (Pantalla HPB\_Desairador), mediante los pulsadores sobre el símbolo de la bomba.

Cuando el accionamiento de la Bomba de Agua de Alimentación se encuentra en modo AUTOMÁTICO, la bomba arranca y para mediante la lógica programada asociada al Grupo Funcional “Bomba de Agua de Alimentación”.

A su vez, este Grupo Funcional tiene dos modos de operación: Manual y Automático.

Cuando el accionamiento del Grupo Funcional se encuentra en modo MANUAL, se realizará el arranque del grupo desde la estación de mando programada en el DCS (Sistema de Agua de Alimentación), mediante el pulsador de marcha. La parada del Grupo Funcional se efectuará parando en modo manual la bomba de agua de alimentación.

Cuando el accionamiento del Grupo Funcional se encuentra en modo AUTOMATICO, la operación del grupo se realizará mediante la lógica programada en el DCS, descrita posteriormente en el apartado “Lazos de control y automatismos del sistema o elemento”. (Sulzer B. , 2015)

(Sulzer, Contexto, Manual de Instrucciones para Operación y Mantenimiento, 2014)

## Datos específicos de la Bomba de Alta Presión del sistema de agua de alimentación.

Tabla 23. Datos específicos técnicos de la bomba, Manual de instrucciones para operación y mantenimiento 2014

Nombre	Descripción	Unidad	Prioridad
<b>Tipo de Conductor</b>	Clase de equipo y código de identificación	Modelo 6x14 WXH-11 FLOWSERVE	Alta
<b>Fluido manejado</b>	Tipo	Agua	Alta
<b>Fluido corrosivo/erosivo</b>		Benigno	Media
<b>Aplicación-bomba</b>	Equipo donde está instalada		Media
<b>Diseño Bomba</b>	Características de diseño		Media
<b>Potencia Diseño</b>	Potencia diseño/nominal de la bomba	kW	Alta
<b>Potencia de Operación</b>	Potencia operación/nominal de la bomba	kW	Alta
<b>Utilización Capacidad</b>	Funcionamiento normal/capacidad de diseño	%	Media
<b>Presión de succión- Diseño</b>	presión de diseño	10 barg	Media
<b>Presión de descarga- Diseño</b>	presión de diseño	220 barg	Alta
<b>Tipo del Motor</b>	Tipo	Inducción	Media
<b>Grado de Protección del Motor</b>	Protección según IEC 60529	Especificar	Media
<b>Clase de Seguridad del Motor</b>	Categoría de riesgo de Explosión/Fuego		Alta
<b>Velocidad</b>	velocidad nominal	2.985 rpm	Media
<b>Número de etapas</b>		11	Baja
<b>Tipo de cuerpo</b>			Baja
<b>Orientación del eje</b>	Tipo	Horizontal	Baja
<b>Sellado del eje</b>	Tipo	Mecánico	Baja
<b>Tipo transmisión</b>	Tipo		Baja
<b>Acoplamiento</b>	Tipo	Flexible	Baja
<b>Ambiente</b>	Sumergido o montado en seco		Media
<b>Refrigeración Bomba</b>	Especificar si instalado sistema de refrigeración por separado	Si/No	Baja
<b>Radial /Thrust bearing</b>	Tipo	Según Estándar	Baja
<b>Bearing support</b>	Tipo	Según Estándar	Baja

## 5.4 Implementación del RCM en Sistema de Bombeo de Alta Presión.

El objetivo principal de la implementación del RCM en un sistema específico, es poder identificar metodologías idóneas de mantenimiento, que ayuden de manera directa al mejoramiento del funcionamiento de los equipos, garantizando la optimización de la disponibilidad de los equipos en estudio.

La metodología RCM según Neil Bloom, permite identificar las necesidades de mantenimiento de un activo partiendo de su contexto operacional. Estableciendo el enfoque y análisis de las 7 preguntas.

1. ¿Cuáles son las funciones y los estándares de ejecución asociados con el activo en su actual entorno de operación?
2. ¿En qué forma fallo el equipo, con respecto a la función que cumple en el contexto operacional?
3. ¿Qué causa cada fallo funcional?
4. ¿Qué ocurre cuando sucede un fallo?
5. ¿Cómo impacta cada fallo?
6. ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada fallo funcional?
7. ¿Qué puede hacerse si no se conoce una tarea de prevención adecuada a este fallo?

Proceso de implementación de RCM

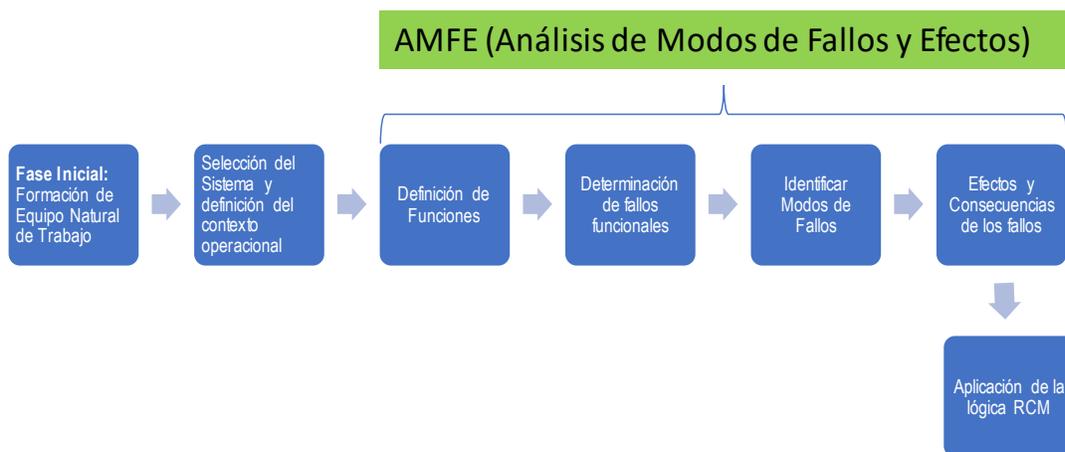


Figura 7. Proceso de Implementación de RCM, Autores de tesis, 2018

A continuación, se presenta los resultados de la aplicación de la metodología RCM en el sistema de bombeo de alta presión de la caldera HPB, Ingenio El Ángel.

Para la realización del análisis hemos utilizado una plantilla AMFE, con algunas modificaciones a nuestras necesidades. La plantilla base fue proporcionada como material didáctico de una asignatura impartida en el trayecto de la maestría.

El cuadro de análisis comprende desde la definición de las funciones y estándares de ejecución del sistema de bombeo, donde se describen las acciones operativas que el activo debe realizar dentro de su contexto operacional. Este es el punto de arranque ya que debemos conocer cuáles son los estándares que debe cumplir el sistema e identificar claramente cuando el activo no cumple con sus condiciones óptimas.

Posteriormente se definen los fallos funcionales del sistema, es decir; las funciones que el sistema presenta y que determinan la disminución de sus óptima disponibilidad. En nuestro caso describiremos algunos fallos registrado en el SCM, ya que no contamos con suficiente base historia también describiremos funciones registradas por la experiencia del personal técnico. Seguido de los fallos funcionales se detallan las causas físicas que originan dichos fallos, conocido como Modos de Fallo.

Seguido se identifica las consecuencias de los modos de fallo, incluyendo si es evidente el fallo, si afecta al medio ambiente y las acciones correctivas a retomar.

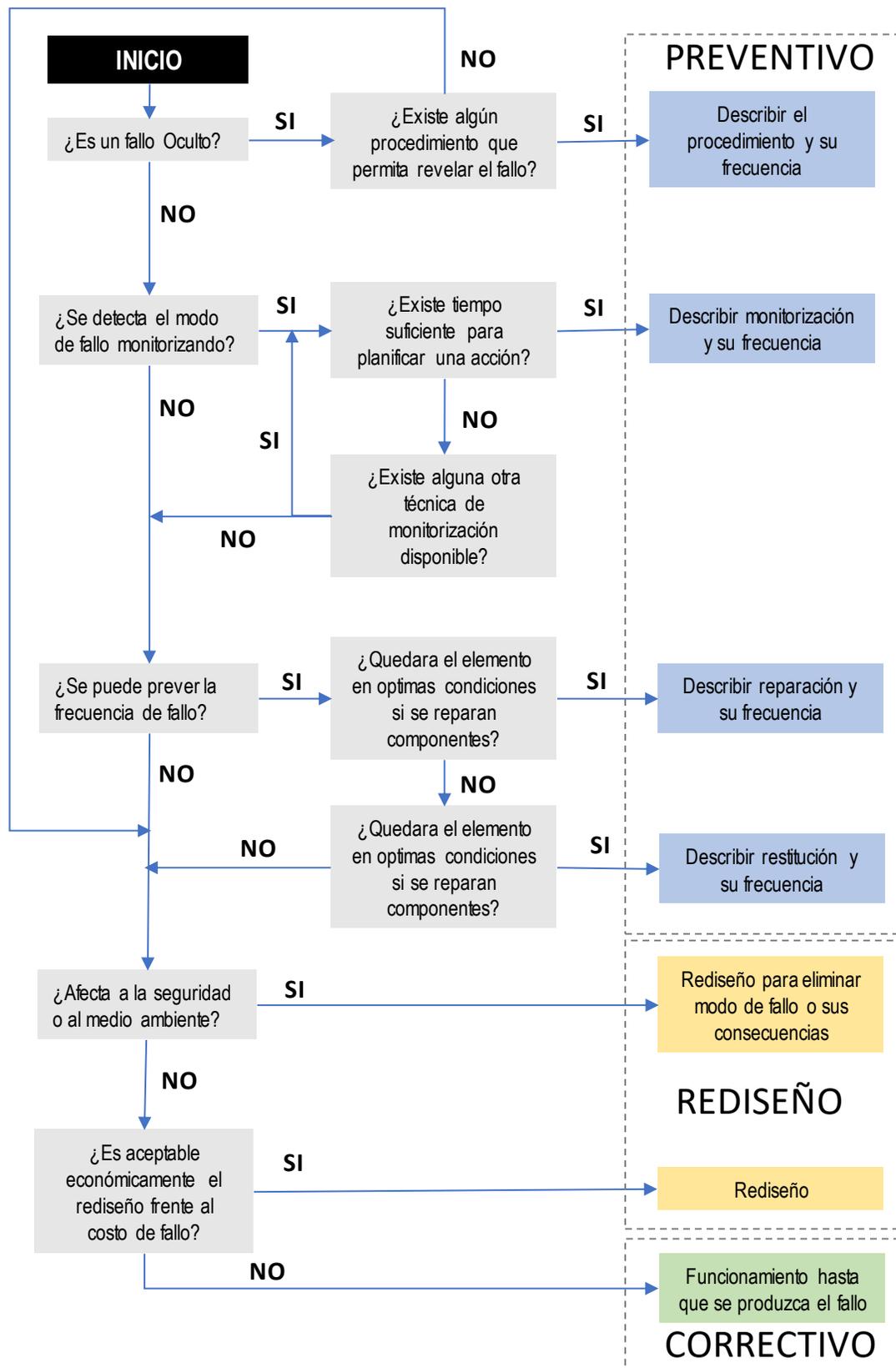
**Calculo de riesgo económico:** se realiza un cálculo matemático del riesgo económico por año que implican los modos de fallo en el sistema. Tomando como base la siguiente expresión:

$$\mathbf{RE/Año = FF * ((TPPR*IP) + CDF+ISHA)}$$

Los costos algunos han sido consultados con personal técnico y otros estimados a criterio. Ya que no contamos con suficiente historial registrado.

Selección de las estrategias del Mantenimiento (Árbol lógico de decisión del RCM): En esta fase del AMFE se identifican las actividades de mantenimiento que permitan prevenir los modos de fallos detallados anteriormente, a partir del siguiente árbol lógico de decisión del RCM.

Tabla 24. Esquema de Árbol de decisiones RCM



### 5.4.1 Implementación de AMFE

Tabla 25. Análisis de Modos de Fallo y Efectos

REGISTRO RCM		Sistema: Bomba de sistema de alimentación de agua a calderas de alta presión caldera HPB			ENT:							PLAN DE MANTENIMIENTO GENERAL			
GRUPO EL ANGEL		(BOMBAS: BMB-21004) A,B,C y D			Facilitadores:	German Molina, Hernan Tenorio, Eduardo Sandoval						SISTEMA:			
PLANTA INDUSTRIAL INGENIO EL ANGEL					martes, 11 de diciembre de 2018										
#	Función requerida	#	Fallo Funcional	#	Modo de Fallo	Frecuencia de eventos por año fallos/año	Efecto de Fallo	TPPR horas	Imp. Prod. \$/hora	Costos directos por Fallo \$/Fallo	Imp. SHA \$/Fallo	Riesgo \$/año	Acción de mantenimiento a ejecutar	Frecuencia de aplicación	Revisión del Programa de Planes Preventivos y Rutinarios de Sistema SCM Ingenio El Ángel
1	BOMBLEAR AGUA A ALTA PRESIÓN. (Operación Humana y Perifericos)	1A	No suministra la presión y el caudal requerido	1A1	Fallo causado por el humano (Desconexión de elementos de instrumentación y eléctrica sin consentimiento, Descuido en el monitoreo de parametros de operación, mantenimiento inadecuado o falta de mantenimiento, desconocimiento del funcionamiento del sistema y del conjunto físico.)	1	<b>Evidente / No evidente:</b> Si <b>Afecta SHA:</b> No <b>Efecto operacional (síntomas):</b> Obligado a poner en operación bomba de respaldo; sino la hay, se para la caldera <b>Acción correctiva:</b> Fortalecimiento en el funcionamiento del sistema, mejor supervisión, amonestaciones en casos extremos.	3	\$ 10.00	\$ 150.00	\$ -	\$ 180.00	Inducción a involucrados de la operación del sistema, acciones correctivas cuando se haya dañado físicamente componentes del sistema por algun descuido.	Cada inicio de zafra (6 meses)	No aplica
		1B	acoplamiento ineficiente	1B1	Fractura en elementos de sujeción del acoplamiento por mal aprete o fatiga de perneria y prisioneros	0.5	<b>Evidente / No evidente:</b> Si <b>Afecta SHA:</b> No <b>Efecto operacional (síntomas):</b> Obligado a poner en operación bomba de respaldo; sino la hay, se para la caldera <b>Acción correctiva:</b> Reposición de los elementos de sujeción del acoplamiento	1	\$ 8.00	\$ 12.00	\$ -	\$ 10.00	Mantenimiento correctivo para reparar el daño. Inspección rutinaria de verificación de estado de los elementos de sujeción	Semanal	Dentro de los planes preventivos anuales se detalla la actividad "probar" donde se pone en marcha la bomba y se descarta cualquier incoformidad. <i>PM-PA-BMB-MC-05 : Bombas centrífugas mayores 100 HP</i>
				1B2	Mala instalación de acoplamiento aflojamiento por falta perneria idonea	0.5	<b>Evidente / No evidente:</b> Si <b>Afecta SHA:</b> No <b>Efecto operacional (síntomas):</b> Obligado a poner en operación bomba de respaldo; sino la hay, se para la caldera <b>Acción correctiva:</b> Mejora en la suervisión de los trabajos de mantenimiento, Implementación de pruebas con registro Check List.	1	\$ 8.00	\$ 45.00	\$ -	\$ 26.50	Mantenimiento correctivo para reparar el daño. Inspección rutinaria de verificación de estado de los elementos de sujeción	Semanal	Dentro de los planes preventivos anuales se detalla la actividad "probar" donde se pone en marcha la bomba y se descarta cualquier incoformidad. <i>PM-PA-BMB-MC-05 : Bombas centrífugas mayores 100 HP</i>
		1C	Bancada inapropiada	1C1	Obra civil deficiente por mal diseño o sistema de construcción inapropiado (agregados del concreto en mal estado, hierro corroído, mal procedimiento de curado). Falta de supervisión de la obra.	0.5	<b>Evidente / No evidente:</b> Si <b>Afecta SHA:</b> No <b>Efecto operacional (síntomas):</b> Desalineamiento de conjunto, presencia de calentamiento por altas vibraciones. <b>Acción correctiva:</b> Reconstrucción o resanes de base de concreto para recuperar rigidez.	48	\$ 2.25	\$ 725.00	\$ -	\$ 416.50	1. Supervisión en el proceso de construcción. 2. Inspecciones rutinarias para verificación de estado de base de concreto.	mensual	No esta incluido en los Planes rutinarios la verificacion de bandas.
				1C2	Banco metálico deficiente por material liviano o perneria inapropiada. Falta de refuerzos o perfiles metálicos fuera de diseño.	0.5	<b>Evidente / No evidente:</b> Si <b>Afecta SHA:</b> No <b>Efecto operacional (síntomas):</b> Desalineamiento de conjunto, presencia de calentamiento por altas vibraciones. <b>Acción correctiva:</b> Refuerzo de estructura o cambio total de ser necesario. colocación pintura anticorrosiva para proteger el acero de la corrosión.	24	\$ 2.40	\$ 350.00	\$ -	\$ 203.80	1. Supervisión en el proceso de construcción. 2. Inspecciones rutinarias para verificación de estado de bancada metálica.	mensual	No esta incluido en los Planes rutinarios la verificacion de bandas.
		1D	Desalineamiento	1D1	Calentamiento en bomba o motor lado acoplamiento por mal alineamiento	2	<b>Evidente / No evidente:</b> No <b>Afecta SHA:</b> No <b>Efecto operacional (síntomas):</b> Altas temperaturas de motor, alto consumo de corriente, deficiencia en bombeo daño progresivo en conjunto. <b>Acción correctiva:</b> Parar sistema y verificar alineamiento para detectar anomalías. volver a realizar alineamiento con comparado o equipo laser. presencia de supervisor.	4	\$ 4.20	\$ 60.00	\$ -	\$ 153.60	1. Verificación y alineamiento de bomba. Uso de elementos de precisión. Reloj comparador, alineador laser.	Cada 6 meses	Dentro de los planes preventivos anuales se detalla la actividad "Alinear". <i>PM-PA-BMB-MC-05 : Bombas centrífugas mayores 100 HP</i>
2	BOMBLEAR AGUA A ALTA PRESIÓN. (Elementos mecánicos)	2A	No impulsar el fluido de forma eficiente	2A1	Fallo mecánico por sobrecalentamiento y vibraciones excesivas (cojinetes, acoples, eje, carcasa). Por mal ajuste en piezas internas	1	<b>Evidente / No evidente:</b> No <b>Afecta SHA:</b> No <b>Efecto operacional (síntomas):</b> Disparo de bomba por sobrecalentamiento en cojinetes, ruidos extraños es zona de baleros lado acople o cola de motor, altas vibraciones por desalineamiento. <b>Acción correctiva:</b> Inspección de ajustes internos de bomba. impulsores, cojinetes, etc.	48	\$ 4.20	\$ 200.00	\$ -	\$ 401.60	1. Revisión de los ajustes de impulsores. Montando bomba en bancada nivelada y girar manualmente para persivir roses en algun punto.	Cada 6 meses	Dentro de los planes preventivos anuales se detalla la actividad "Armar". <i>PM-PA-BMB-MC-05 : Bombas centrífugas mayores 100 HP</i>
				2A2	Fallo mecánico por fugas (Bridas, Válvulas, Strainers, empaquetadura)	1	<b>Evidente / No evidente:</b> Si <b>Afecta SHA:</b> No <b>Efecto operacional (síntomas):</b> Paro de sistema, poner en línea bombas de respaldo <b>Acción correctiva:</b> Cambio de elementos dañados, válvulas, bridas, strainers, empaques espirometalicos. etc. Inspecciones rutinarias en ducteria y valvuleria de sistema.	2	\$ 4.20	\$ 400.00	\$ -	\$ 408.40	1. Prueba de rutina antes de iniciar zafra, para rastrear fugas en toda la línea de succión y descarga. Considerando los 2. Cambio de empaquetadura trensada de ser necesario	1. Cada 6 meses 2. Semanal	Dentro de los planes preventivos anuales se detalla la actividad "probar" donde se pone en marcha la bomba y se descarta cualquier incoformidad. <i>PM-PA-BMB-MC-05 : Bombas centrífugas mayores 100 HP</i>
				2A3	Fallo por sellos (O-ring) en malas condiciones, reventados o no instalados	0.5	<b>Evidente / No evidente:</b> Si <b>Afecta SHA:</b> No <b>Efecto operacional (síntomas):</b> Deficiencia en bombeo, fugas de líquido por juntas entre etapas <b>Acción correctiva:</b> Sacar de línea bomba para abrir y revisar estado de juegos de O-ring.	36	\$ 4.20	\$ 250.00	\$ -	\$ 200.60	1. Verificar las condiciones de presión y caudal y desarrollar tendencias 2.Verificación de elementos de unión ; ajustes de elementos roscados .	Cada 6 Meses	Dentro de los planes preventivos anuales se detalla la actividad "desarmar y armar" para determinar daños y hacer ajustes de ser necesario. <i>PM-PA-BMB-MC-05 : Bombas centrífugas mayores 100 HP</i>

			2A4	Fallo en impulsores por ingreso de partículas metálicas al interior de la bomba.	0.5	<b>Evidente / No evidente:</b> No <b>Afecta SHA:</b> No <b>Efecto operacional (síntomas):</b> ineficiencia en bombeo, disparo de bomba por altas vibraciones, daños significativos en impulsores de bomba. <b>Acción correctiva:</b> Instalación de strainer en succión de la bomba, para separar las partículas no deseables.	72	\$ 25.00	\$ 1,200.00	\$ -	\$ 1,500.00	1. Seguimiento al monitoreo de vibraciones y desarrollar tendencias 2. Limpieza y prueba de los separadores magnéticos 3. Desarmado de la bomba, verificación de las partes internas y verificando los ajustes y tolerancias de los elementos rotóricos; cambiar los elementos que no cumplan con las tolerancias y luego realizar el balanceo dinámico del conjunto rotórico	Cada 8 horas	En los planes rutinarios zafrá, se establece una rutina de inspección y purgado de filtros Strainer. Plan: PM-PR-BMB-MC-01; Plan preventivo rutinario Purgado de Strainer bombas de inyección.
			2A5	Fallo en válvula de recirculación	0.1	<b>Evidente / No evidente:</b> Si <b>Afecta SHA:</b> No <b>Efecto operacional (síntomas):</b> Presurización de bomba por restricción en el desfogue de esta función de funcionamiento de válvula y sistema de recirculación en general. <b>Acción correctiva:</b> Verificación de funcionamiento de válvula y sistema de recirculación en general.	1	\$ 4.20	\$ -	\$ -	\$ 0.42	1. Inspección de funcionamiento de válvula a cargas nominales del sistema de bombeo.	Cada 6 Meses	Dentro de los planes preventivos anuales se detalla la actividad "probar" donde se pone en marcha la bomba y se descarta cualquier incoformidad. PM-PA-BMB-MC-05 : Bombas centrífugas mayores 100 HP
			2A6	Cavitación de bomba	0.1	<b>Evidente / No evidente:</b> Si <b>Afecta SHA:</b> No <b>Efecto operacional (síntomas):</b> Deficiencia en flujo, daño en impulsores. <b>Acción correctiva:</b> Verificación de buena instalación de bomba, mejoramiento en condiciones de operación, eliminación de vapores.	1		\$ 60.00	\$ -	\$ 6.00	1. Verificar las condiciones de presión y caudal (desarrollar tendencias). 2. Realizar el purgado de la bomba, eliminar vapores de las tuberías y arrancar la bomba.	Cada 3 Meses	Dentro de los planes preventivos anuales se detalla la actividad "probar" donde se pone en marcha la bomba y se descarta cualquier incoformidad. PM-PA-BMB-MC-05 : Bombas centrífugas mayores 100 HP
			2A8	Fallos en filtros de tubería succión y descarga	0.5	<b>Evidente / No evidente:</b> No <b>Afecta SHA:</b> No <b>Efecto operacional (síntomas):</b> Deficiencia en el flujo de descarga hacia la caldera, aumento de consumo de energía. <b>Acción correctiva:</b> Desarmado de filtros y limpieza exhaustiva. Implementación de rutina de mantenimiento en filtros.	2	\$ 2.40	\$ 250.00	\$ -	\$ 127.40	1. Verificación rutinaria de condiciones de filtros. 2. Limpieza rutinaria. 3. Pruebas previas al inicio de operación continuo.	Cada 8 Horas	En los planes rutinarios zafrá, se establece una rutina de inspección y purgado de filtros Strainer. Plan: PM-PR-BMB-MC-01; Plan preventivo rutinario Purgado de Strainer bombas de inyección.
			2A9	Fallos en placas de orificio	0.5	<b>Evidente / No evidente:</b> No <b>Afecta SHA:</b> No <b>Efecto operacional (síntomas):</b> No se tiene medición de flujo de agua de atemperación de alta presión, ni flujo de descarga. <b>Acción correctiva:</b> Revisión de condición de placas de orificio. Reparación o cambio.	2.5	\$ 4.20	\$ 50.00	\$ -	\$ 30.25	1. Inspección de placas de orificio. 2. Cambio de piezas de ser necesario	Cada 6 Meses	No se encuentra calendarizada esta actividad en los planes preventivos.
	2B	Eventos de sobrecalentamiento (Sistema de lubricación, Aceite y red de enfriamiento)	2B1	Fallo del circuito de lubricación (tuberías, conexiones, tanques y válvulas)	2	<b>Evidente / No evidente:</b> Si <b>Afecta SHA:</b> No <b>Efecto operacional (síntomas):</b> Sobrecalentamiento en casquetes lado cola y acople de bomba. <b>Acción correctiva:</b> Inspección y limpieza de tuberías, válvulas, tanques y bomba	2	\$ 4.20	\$ 60.00	\$ -	\$ 136.80	1. Limpieza de tubería conductora de agua fría para el enfriamiento de casquetes. 2. Inspección de válvulería y filtros strainer. 3. Mantenimiento preventivo a bomba de inyección agua de enfriamiento.	Cada 22 días (paro programado) / 250,000 tons/ mol.	En los planes rutinarios zafrá, se establece una rutina de inspección y purgado de filtros Strainer. Plan: PM-PR-BMB-MC-01; Plan preventivo rutinario Purgado de Strainer y sistema de enfriamiento bombas de inyección.
			2B2	Problemas en las condiciones físico químicas del aceite	1	<b>Evidente / No evidente:</b> Si <b>Afecta SHA:</b> Si <b>Efecto operacional (síntomas):</b> Incremento de la temperatura, puede provocar la parada de la unidad. <b>Acción correctiva:</b> revisión del sistema de lubricación, específicamente análisis del aceite	0.5	\$ 2.00	\$ 45.00	#####	\$ 196.00	1. Inspección rutinaria de estado y cambio de aceite. 2. Realizar pruebas al aceite para determinar impurezas que hacen daño al mecanismo de los casquetes.	Cada semana	En los planes rutinarios zafrá, se establece una rutina de lubricación a los elementos de transmisión. Plan: PM-PR-LUB-LB-02. Ruta de lubricación de Cogeneración
3	3A	No permite dar arranque a la bomba por condiciones permisivas no aceptables	3A1	Fallo en transmisores de temperatura. Bomba, motor en área de cojinetes	2	<b>Evidente / No evidente:</b> No <b>Afecta SHA:</b> No <b>Efecto operacional (síntomas):</b> Sobrecalentamiento en área de cojinetes <b>Acción correctiva:</b> Revisión de funcionamiento de sensores, limpieza, calibración o cambio de sensor.	2	\$ 12.00	\$ 350.00	\$ -	\$ 748.00	1. Calibrar y verificar funcionamiento. 2. Cambiar elemento por daño irreversible	Cada 6 Meses	En los planes preventivos anuales, se establecen las actividades de calibración de los transmisores de temperatura. Plan: PM-PA-ITT-IT-03; Instrumentos transmisores de Calderas.
			3A2	Fallo en transmisores de vibraciones. Bomba, motor en área de cojinetes	0.5	<b>Evidente / No evidente:</b> Si <b>Afecta SHA:</b> No <b>Efecto operacional (síntomas):</b> No detecta vibraciones aunque físicamente haya señales de vibración <b>Acción correctiva:</b> Inspección de sensores de vibraciones, calibración o cambio.	2	\$ 12.00	\$ 300.00	\$ -	\$ 162.00	1. Calibrar y verificar funcionamiento. 2. Cambiar elemento por daño irreversible	Cada 6 Meses	En los planes preventivos anuales, se establecen las actividades de calibración de los transmisores de temperatura. Plan: PM-PA-ITT-IT-03; Instrumentos transmisores de Calderas.
			3A3	Fallo en transmisores de velocidad	0.2	<b>Evidente / No evidente:</b> Si <b>Afecta SHA:</b> No <b>Efecto operacional (síntomas):</b> No permite visualizar y controlar la velocidad de la bomba. <b>Acción correctiva:</b> Revisión de sensores de velocidad.	2	\$ 12.00	\$ 250.00	\$ -	\$ 54.80	1. Calibrar y verificar funcionamiento. 2. Cambiar elemento por daño irreversible	Cada 6 Meses	En los planes preventivos anuales, se establecen las actividades de calibración de los transmisores de temperatura. Plan: PM-PA-ITT-IT-03; Instrumentos transmisores de Calderas.

				3A3	Fallo en tarjetas electrónicas	1	Evidente / No evidente: Si Efecto operacional (síntomas): No permite arrancar el sistema por defectos en el sistema eléctrico. Acción correctiva: Cambio de tarjetas dañadas, supervisión rutinaria por algún desperfecto.	Afecta SHA: No	0.5	\$ -	\$ 20.00	\$ -	\$ 20.00	1. Revisión, limpieza y pruebas de las tarjetas	Cada 6 Meses	En los planes preventivos anuales, se establecen las actividades de inspección de conexiones eléctricas. Plan: PM-PA-TBL-EL-01; Tableros y subtableros eléctricos.
				3A4	Conexión y borneras en mal estado	1	Evidente / No evidente: Si Efecto operacional (síntomas): Bajas en el sistema eléctrico constantes, probabilidad de disparos recurrentes. Acción correctiva: Verificación de conexiones y estado de borners. Inspección rutinaria y limpieza de tableros	Afecta SHA: No	4	\$ -	\$ 220.00	\$ -	\$ 220.00	1. Revisión de conexiones y estado de borners	Cada semana	En los planes preventivos anuales, se establecen las actividades de inspección de conexiones eléctricas. Plan: PM-PR-TBL-EL-02; Plan preventivo rutinario zafra para inspección de subtableros.
				3A4	Fallo en interruptor de nivel y temperatura de tanque	0.2	Evidente / No evidente: Si Efecto operacional (síntomas): La bomba sigue trabajando sin obedecer los niveles de la caldera y tanques de alimentación. Acción correctiva: Revisar interruptores de nivel y temperatura, mantenimiento o cambio.	Afecta SHA: No	1	\$ 4.20	\$ 250.00	\$ -	\$ 50.84	1. Calibrar y verificar funcionamiento. 2. Cambiar elemento por daño irreversible	Cada 6 Meses	En los planes preventivos anuales. Se establecen las actividades de calibración de transmisores de nivel Plan: PM-PA-ITN-IT-01; Instrumentos transmisores de nivel de Calderas.
				3A5	Fallo del cableado de conexiones al software de control	0.1	Evidente / No evidente: No Efecto operacional (síntomas): No responde a condiciones de operación al sistema por errores de comunicación. Acción correctiva: Sondeo de búsqueda de falla en línea de cableado de conexión a sistema de control. Reparación o cambio de elementos	Afecta SHA: No	4	\$ 4.20	\$ 80.00	\$ -	\$ 9.68	1. Verificación de daños superficiales en conexiones de eléctricas y de red a software de control de sistema de bombeo alta presión.	Cada 6 Meses	No se incluye esta actividad dentro de los planes preventivos
				3A6	Fallo de actuadores de control y válvulas de control	0.3	Evidente / No evidente: Si Efecto operacional (síntomas): Paro de Bomba Acción correctiva: Mantenimiento preventivo de elementos actuados, limpieza, calibración, ajustes.	Afecta SHA: No	1	\$ 4.20	\$ 250.00	\$ -	\$ 76.26	1. Verificación de internos, cambio de componentes mecánicos de las válvulas, Calibración de válvula y prueba de verificación	Cada 6 Meses	En los planes preventivos anuales. Se establecen las actividades de revisión de válvulas actuadas Plan: PM-PA-ITN-IT-03; Mantenimiento preventivo válvulas de control
				3A7	Fallo en elementos de visualización (pantallas de control)	0.1	Evidente / No evidente: Si Efecto operacional (síntomas): Falta de control y operatividad del sistema de bombeo. Acción correctiva: identificar el daño y programar visualización de pantallas de control	Afecta SHA: No	8	\$ -	\$ 650.00	\$ -	\$ 65.00	1. Verificación de errores en la programación de control de pantalla. Realizar mejoras de ser necesario.	Cada 6 Meses	No se encuentra calendarizada esta actividad en los planes preventivos.
4	Motores Eléctricos para impulsar las bombas y generar potencia: Velocidad 3,576 RPM	4A	No genera la potencia necesaria para accionar la bomba	4A1	Fallo en rodamientos por alta vibración o falta de lubricación	1	Evidente / No evidente: Si Efecto operacional (síntomas): Sobrecalentamiento en rodamiento, excesiva vibración, ruido extraño Acción correctiva: Verificación rutinaria de BCU, Lubricación rutinaria, cambio de rodamientos en caso extremo de vibración y/o calentamiento	Afecta SHA: No	3	\$ 15.00	\$ 300.00	\$ -	\$ 345.00	1. Seguimiento de las variables básicas: temperatura y vibraciones. 2. Lubricación rutinaria de rodamientos. 3. Cambio de baleros de ser necesario.	Cada 4 días	En los planes rutinarios zafra, se establece una rutina de lubricación a los elementos de transmisión. Plan: PM-PR-LUB-LB-02. Ruta de lubricación de Cogeneración
				4A2	Fallo en el aislamiento	0.1	Evidente / No evidente: No Efecto operacional (síntomas): El motor no responde, se va a tierra Acción correctiva: Megado del aislamiento. Barnizado del devanado y secado al horno.	Afecta SHA: No	20	\$ 4.20	\$ -	\$ -	\$ 8.40	Megado del motor, barnizado del devanado y secado al horno; estudio de factibilidad de instalación de heaters para mantener sin humedad los devanados (análisis esta recomendación)	anual	No esta incluida en los programas de mantenimiento revisados
				4A3	Barras rotas o bobinas cruzadas (Espiras cortocircuitadas)	0.5	Evidente / No evidente: Si Efecto operacional (síntomas): No realiza el arrancado del motor Acción correctiva: Inspecciones rutinarias, reparación de barras o bobinas.	Afecta SHA: No	72	\$ 4.20	\$ 350.00	\$ -	\$ 326.20	1. Seguimiento al monitoreo de vibraciones 2. Pruebas de Análisis de Corrientes 3. Reparación general del rotor; cambio de barras y prueba de trabajo.	1. Semanal 2. Semanal 3. Cada 6 meses	En los planes preventivos anuales, se establecen las actividades de mantenimiento para motores. Plan: PM-PA-MTR-EL-05. Motores de 1050 a 2500 HP
				4A4	Extrema vibración por desalineamiento	0.2	Evidente / No evidente: No Efecto operacional (síntomas): Consumo alto de corriente, flujo ineficiente de descarga. Acción correctiva: Verificar condiciones de bancadas, baleros y alineamiento. Desacoplar y volver a alinear.	Afecta SHA: No	72	\$ 4.20	\$ 350.00	\$ -	\$ 130.48	1. Seguimiento de variables básicas: ruido, vibración, temperaturas, consumo eléctrico. 2. Seguimiento y análisis detallado del monitoreo de vibraciones y de variables eléctricas 3. Realizar verificación de los elementos del acoplamiento; verificar medidas y tolerancias; además inspeccionar y cambiar de ser necesario los elementos de sujeción y arrastre.	1. diario 2. diario 3. semanal	En los planes rutinarios zafra, se establece una rutina de lubricación a los elementos de transmisión. Plan: PM-PR-LUB-LB-02. Ruta de lubricación de Cogeneración

			4A5	Fallos por obstrucción en rejilla de recirculación de aire de enfriamiento	1	Evidente / No evidente: Si Efecto operacional (síntomas): Deficiencia en funcionamiento, calentamiento en carcasa e internos Afecta SHA: No Acción correctiva: Limpieza rutinaria de rejilla de ventilador, inspección superficial de funcionamiento de ventilador, lectura de temperatura.	1	\$ 4.20	\$ -	\$ -	\$ 4.20	1. Inspección rutinaria de limpieza de motores	1. Semanal	En los planes rutinarios zafra, se establece una rutina de limpieza de rejillas. Plan: PM-PR-MTR-EL-06. Plan rutinario zafra de limpieza de rejilla ventiladores de motores	
5	Sistema Variador (regular la velocidad de la bomba para el caudal en condiciones de operación). Capacidad máxima 60 Hrz	5A	No regular la velocidad en las condiciones de operación y en los límites de vibración	5A1	Problemas de Fallo a tierra	0.1	Evidente / No evidente: No Efecto operacional (síntomas): Suma de las tres corrientes de fase, fuera del rango del Drive Afecta SHA: No Acción correctiva: Cambiar el componente que esta generando la falla.	2	\$ 10.00	\$ 60.00	\$ 8.00	1. Inspecciones rutinarias para detectar fallas. 2. cambio de componentes de ser necesario	1.Semanal 2.Cada 6 meses	En los planes preventivos anuales, se establece el mantenimiento a los variadores de frecuencia. Plan: PM-PA-VDF-EL-01 PL. Variadores de frecuencia a media y alta tensión	
				5A2	Fallo por subtensiones	0.1	Evidente / No evidente: No Efecto operacional (síntomas): Los valores de voltaje andan por debajo de los parametros del Drive. Afecta SHA: No Acción correctiva: Uso de reactores que se oponen a las fluctuaciones de tension, estudio de la calidad de la energia Suministrada al variador de frecuencia.	2	\$ 10.00	\$ 40.00	\$ -	\$ 6.00	1. Inspecciones rutinarias para detectar fallas. 2. cambio de componentes de ser necesario	1.Semanal 2.Cada 6 meses	En los planes preventivos anuales, se establece el mantenimiento a los variadores de frecuencia. Plan: PM-PA-VDF-EL-01 PL. Variadores de frecuencia a media y alta tensión
				5A3	Problemas en los componentes electrónicos de potencia	0.1	Evidente / No evidente: No Efecto operacional (síntomas): Los componentes electrónicos de otencia se ven dañados Afecta SHA: No Acción correctiva: Hacer revision continua del buen estado de los componentes Snubber de los dispositivos electronicos de potencia.	3	\$ 8.00	\$ 80.00	\$ -	\$ 10.40	1. Inspecciones rutinarias para detectar fallas. 2. cambio de componentes de ser necesario	1.Semanal 2.Cada 6 meses	En los planes preventivos anuales, se establece el mantenimiento a los variadores de frecuencia. Plan: PM-PA-VDF-EL-01 PL. Variadores de frecuencia a media y alta tensión
				5A4	Armonicos	0.1	Evidente / No evidente: No Efecto operacional (síntomas): Sobre calentamiento en los componentes electronicos del drive, ruido presente en las redes de comunicación Afecta SHA: No Acción correctiva: Uso de filtros, o reactores que se oponen a las fluctuaciones de tension.	4	\$ 6.00	\$ 150.00	\$ -	\$ 17.40	1. Inspecciones rutinarias para detectar fallas. 2. cambio de componentes de ser necesario	1.Semanal 2.Cada 6 meses	En los planes preventivos anuales, se establece el mantenimiento a los variadores de frecuencia. Plan: PM-PA-VDF-EL-01 PL. Variadores de frecuencia a media y alta tensión
				5A5	Problemas en la configuración del Drive	0.1	Evidente / No evidente: No Efecto operacional (síntomas): Vibraciones en el motor, intentos de arranque fallidos Afecta SHA: No Acción correctiva: Cada vez que se realice un cambio en la aplicación, correr el autotune del drive, ver los valores por defecto en el manual de programación del drive.	1	\$ 4.20	\$ 100.00	\$ -	\$ 10.42	1. Inspecciones rutinarias para detectar fallas. 2. cambio de componentes de ser necesario	1.Semanal 2.Cada 6 meses	En los planes preventivos anuales, se establece el mantenimiento a los variadores de frecuencia. Plan: PM-PA-VDF-EL-01 PL. Variadores de frecuencia a media y alta tensión
				5A6	Problemas de contaminación	0.1	Evidente / No evidente: No Efecto operacional (síntomas): Sobre calentamiento del Drive, mal funcionamiento en los ventiladores de refrigeración, cortocircuitos, mala operación de los contactos del drive. Afecta SHA: No Acción correctiva: Realizar limpieas periodicas del drive	1	\$ 4.20	\$ -	\$ -	\$ 0.42	1. Realización de limpieas periodicas	1.Semanal	En los planes preventivos anuales, se establece el mantenimiento a los variadores de frecuencia. Plan: PM-PA-VDF-EL-01 PL. Variadores de frecuencia a media y alta tensión
6	Válvula atemperación (sobrecalentado de alta). Atemperar el vapor sobrecalentado de alta presión	6A	No sea capaz de cumplir el proceso de control de atemperamiento del vapor sobrecalentado de alta presión	6A1	Fallos de componentes mecánicos de la válvula	0.1	Evidente / No evidente: Si Efecto operacional (síntomas): Afectación en el proceso de control de la temperatura de atemperación, con posibles pérdida de producción Afecta SHA: No Acción correctiva: Revisar el sistema de válvulas de control	24	\$ 4.00	\$ 100.00	\$ -	\$ 19.60	1. Seguimiento y análisis a la temperatura de atemperación (desarrollar perfiles de temperatura para definir en función del cambio de esta variable, posibles estrategias de mantenimiento) 2.Revisión de los componentes mecánicos de la válvula	1.diario 2. Al menos una vez al año	En los planes preventivos anuales. Se establecen las actividades de revisión de válvulas actuadas Plan: PM-PA-ITN-IT-03; Mantenimiento preventivo válvulas de control.
				6A2	Fallo de la instrumentación y control	0.1	Evidente / No evidente: Si Efecto operacional (síntomas): Afectación en el proceso de control de la temperatura de atemperación, con posibles pérdida de producción Afecta SHA: No Acción correctiva: Revisar el sistema de válvulas de control	8	\$ 4.00	\$ 100.00	\$ -	\$ 13.20	Pruebas y calibración a la instrumentación	1. Cada 6 meses	En los planes preventivos anuales. Se establecen las actividades de revisión de válvulas actuadas Plan: PM-PA-ITN-IT-03; Mantenimiento preventivo válvulas de control.
7	Bomba de respaldo del sistema de agua de alimentación	7A	No cumplir la función de respaldo	7A1	Similares a los de las bombas principales (esta bomba trabajo cuando la bomba principal pierde su función)	0.1	Evidente / No evidente: NO Efecto operacional (síntomas): pérdida total del proceso de bombeo Afecta SHA: NO Acción correctiva: corregir al menos una de las dos bombas	24	\$ 4.20	\$ 5,000.00	\$ -	\$ 510.08	Prueba de arranque y monitoreo de parámetros de operación (prueba de fallos ocultos)	1. mensual	Se describe en los protocolos de operación en casos de emergencia.
				7A2	Problemas en válvula de aislamiento de la línea de stand by ó en orificio de restricción	0.1	Evidente / No evidente: NO Efecto operacional (síntomas): pérdida total del proceso de bombeo. Afecta SHA: NO Acción correctiva: corregir al menos una de las dos bombas	4	\$ 4.00	\$ -	\$ -	\$ 1.60	Prueba de arranque y monitoreo de parámetros de operación (prueba de fallos ocultos)	1. mensual	Se describe en los protocolos de operación en casos de emergencia.
							Prueba de arranque y monitoreo de parámetros de operación (prueba de fallos ocultos)	mensual							

### 5.5 Costos de Mantenimiento Preventivo.

Dentro del actividades de mantenimiento presentadas en el cuadro de análisis AMFE, se describen planes de mantenimiento que se implementan en la planta desde el SCM.

A continuación, se presenta a detalle de costos de mano de obra y consumibles la implementación del mantenimiento preventivo en las bombas de inyección de alta presión, con el objetivo de tener un indicio de los costos que repercuten en el mantenimiento de este sistema.

Tabla 26. Costos de Mantenimiento Bombas de Inyección, Autores de tesis, 2019

MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE BOMBAS DE INYECCION CALDERAS DE ALTA									
ITEM	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	COSTOS MANO DE OBRA	ITEM	CONSUMIBLES				COSTOS CONSUMIBLES	COSTO TOTAL DE MANTENIMIENTO
				DESCRIPCION MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUB- TOTAL		
<b>CALDERA HPB</b>									
<b>Bomba titular de sistema de alimentación de agua de caldera HPB (BMB-21004A)</b>									
1	Cambio de balero delantero, se detecto malo en pruebas.	\$ 75.21							
2	Fabricación de dos anillos deflectores	\$ 74.40							
3	Desmontar, Revisar, Limpiar, reparar e instalar válvulas	\$ 110.67	1	EMPAQUE TRENZADO TEADIT GRAFITADO ESTILO 2200 DE 3/8"	2.20	\$ 69.00	\$ 151.80	\$ 152.70	\$ 733.06
			2	WIPPER DE TELA	2.00	\$ 0.45	\$ 0.90		
4	Desacoplar - Desmontar - Desarmar - Limpiar y revisar - Soldar - Maquinar piezas - Cambiar piezas dañadas - Balancear - Armar - Pintar	\$ 277.80	1	ACEITE MOBIL DTE MEDIUM- ISO VG 46	0.50	\$ 9.23	\$ 4.61	\$ 42.28	
			2	ARANDELA DE HIERRO PLANA DE 1/2"	8.00	\$ 0.08	\$ 0.64		
			3	EMPAQUE TRENZADO TEADIT PTEF EXPANDIDO CON GRAFITO ESTILO 2007G DE 1/2"	0.60	\$ 61.00	\$ 36.60		
			4	PERNO DE 3/16" X 3/4" CABEZA CILINDRICA TIPO ALLEN TODO ROSCA UNC	4.00	\$ 0.11	\$ 0.43		
<b>Bomba respaldo 1 de sistema de alimentación de agua de caldera HPB (BMB-21004B)</b>									
1	Desmontar, Revisar, Limpiar, reparar e instalar válvulas	\$ 88.00							
2	Desacoplar - Desmontar - Desarmar - Limpiar y revisar - Soldar - Maquinar piezas - Cambiar piezas dañadas - Balancear - Armar - Pintar	\$ 198.99	1	ACEITE DIESEL PREMIUM (IEA)	7.00	\$ 2.44	\$ 17.05	\$ 177.62	\$ 464.61
			2	ACEITE MOBIL DTE MEDIUM- ISO VG 46	0.50	\$ 9.23	\$ 4.61		
			3	EMPAQUE TRENZADO TEADIT PTEF EXPANDIDO CON GRAFITO ESTILO 2007G DE 1/2"	2.50	\$ 61.00	\$ 152.50		
			4	PERNO DE 3/16" X 3/4" CABEZA CILINDRICA TIPO ALLEN TODO ROSCA UNC	4.00	\$ 0.11	\$ 0.43		
			5	POLIETILENO ( PLASTICO ) NEGRO P/CONSTRUCCION	3.00	\$ 0.75	\$ 2.25		
			6	PRISIONERO ALLEN INOXIDABLE DE M5 X 10 MM PASO 0.8 MM	2.00	\$ 0.39	\$ 0.78		
<b>Bomba respaldo 2 de sistema de alimentación de agua de caldera HPB (BMB-21004C)</b>									
1	limpieza de filtro de agua	\$ 12.46							
2	Desacoplar - Desmontar - Desarmar - Limpiar y revisar - Soldar - Maquinar piezas - Cambiar piezas dañadas - Balancear - Armar - Pintar	\$ 213.66	1	ACEITE MOBIL DTE MEDIUM- ISO VG 46	0.50	\$ 9.23	\$ 4.61	\$ 140.92	\$ 458.56
			2	EMPAQUE TRENZADO TEADIT PTEF EXPANDIDO CON GRAFITO ESTILO 2007G DE 1/2"	2.20	\$ 61.00	\$ 134.20		
			3	PERNO DE 3/16" X 3/4" CABEZA CILINDRICA TIPO ALLEN TODO ROSCA UNC	4.00	\$ 0.11	\$ 0.43		
			4	PRISIONERO ALLEN DE 1/4" X 1/2" R/F			\$ -		
			5	PRISIONERO ALLEN INOXIDABLE DE M5 X 10 MM PASO 0.8 MM	2.00	\$ 0.39	\$ 0.78		
			6	WIPPER DE HILO	2.00	\$ 0.45	\$ 0.90		
3	Desmontar, Revisar, Limpiar, reparar e instalar válvulas	\$ 91.52							
<b>Bomba respaldo 3 de sistema de alimentación de agua de caldera HPB (BMB-21004D)</b>									
1	Desacoplar - Desmontar - Desarmar - Limpiar y revisar - Soldar - Maquinar piezas - Cambiar piezas	\$ 188.05	1	ACEITE MOBIL DTE MEDIUM- ISO VG 46	0.50	\$ 9.23	\$ 4.61	\$ 224.92	\$ 479.15
			2	BROCHA DE CERDA DE 2"	2.00	\$ 0.65	\$ 1.30		
			3	EMPAQUE TRENZADO TEADIT PTEF EXPANDIDO CON GRAFITO ESTILO 2007G DE 1/2"	2.20	\$ 61.00	\$ 134.20		
			4	GASOLINA POWER PREMIUM CON TECHRON	2.00	\$ 3.12	\$ 6.25		
			5	LAINA DE AJUSTE 18-8 STAINLESS STEEL SHIM STOCK, 6" X 50" ROLL, 0.005" THICK, No 9502K44	1.00	\$ 26.35	\$ 26.35		
			6	PERNO DE 1/2" X 2.1/2" CABEZA HEXAGONAL GRADO 2 R/O COMPLETO	1.00	\$ 47.35	\$ 47.35		
			7	PERNO DE 1/2" X 2.1/2" CABEZA HEXAGONAL GRADO 2 R/O COMPLETO	4.00	\$ 0.47	\$ 1.88		
			8	PERNO DE 3/16" X 3/4" CABEZA CILINDRICA TIPO ALLEN TODO ROSCA UNC	4.00	\$ 0.47	\$ 1.88		
			9	PRISIONERO ALLEN DE 1/4" X 1/2" R/F	2.00	\$ 0.11	\$ 0.21		
			10	PRISIONERO ALLEN DE 5/16" X 3/8"	2.00	\$ 0.05	\$ 0.10		
			11	PRISIONERO ALLEN INOXIDABLE DE M5 X 10 MM PASO 0.8 MM	2.00	\$ 0.39	\$ 0.78		
2	Desmontar, Revisar, Limpiar, reparar e instalar válvulas	\$ 63.36	1	RODILLO DE NYLON DE 4"	3.00	\$ 0.94	\$ 2.83	\$ 2.83	

## 5.6 Indicadores

En este apartado se pretende realizar la implementación de los indicadores de “tiempo promedio operativo hasta el fallo, tiempo promedio fuera de servicio y la disponibilidad”. Para ello tomaremos las ordenes de trabajo que hasta hoy en día están ingresadas a nuestro Sistema de Control de Mantenimiento y que representan fallos que han generado el paro del equipo y la intervención de mantenimiento correctivo en esta zafra 18/19

Tabla 27. Indicadores, Autores de tesis, 2019

INDICADORES										
<b>Equipo:</b>		Bomba titular de sistema de alimentación de agua de caldera HPB								
<b>Código Funcional:</b>		BMB-21004A								
<b>Código de Equipo:</b>		BMB-00038								
<b>Criticidad :</b>		Alta								
										
<b>Inicio de Operación:</b>		17/nov/2018 00:50:00								
<b>TTF =</b>	<b>84.168</b>	<b>Dias</b>								
<b>DT =</b>	<b>0.797</b>	<b>Dias</b>								
<b>MTTF =</b>	<b>10.52</b>	<b>Dias</b>								
<b>MDT =</b>	<b>0.10</b>	<b>Fallas /Dias</b>								
<b>DISPONIBILIDAD =</b>	<b>99.06</b>	<b>%</b>								
Ítem	OT	ACTIVIDAD	INICIO		FIN		Tiempo Fuera de Servicio DT (Down Time)		Tiempo Operativo Hasta el Fallo TTF (Time to)	
			FECHA	FECHA	Dias	Horas	Dias	Horas		
1	24325	Destrampar válvula de succión por entrapamiento	17/11/2018 12:43	17/11/2018 13:33	0.035	0.83	0.495	11.9		
2	24325	Limpieza de tubería de enfriamiento	18/11/2018 22:23	18/11/2018 22:54	0.022	0.52	1.368	32.8		
3	22824	Sobrecalentamiento en cojinete lado cola	28/11/2018 20:50	28/11/2018 23:28	0.110	2.63	9.914	237.9		
4	20748	Limpieza por obstrucción en strainer línea de salida	29/11/2018 03:44	29/11/2018 08:43	0.208	4.98	0.178	4.3		
5	21037	Intervención por ruido extraño en descarga de la bomba	03/12/2018 17:37	03/12/2018 19:23	0.074	1.77	4.371	104.9		
6	22735	Reparación de fuga en tuneria de agua de enfriamiento	26/12/2018 06:45	26/12/2018 10:43	0.165	3.97	22.474	539.4		
7	23639	Cambio de aceite por color y viscosidad fuera de lo normal	13/01/2019 16:29	13/01/2019 17:15	0.032	0.77	18.240	437.8		
8	23793	Ajuste en sensor de temperatura por lectura errónea	15/01/2019 07:25	15/01/2019 11:05	0.153	3.67	1.590	38.2		
			10/02/2019 00:00				25.538	612.9		
<b>Total:</b>					<b>0.797</b>	<b>19.13</b>	<b>84.168</b>	<b>2020.0</b>		

$$MTTF = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} TTF_i}{n}$$

$$MDT = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} DT_i}{n}$$

$$D = \frac{MTTF}{MTTF + MDT} \cdot 100\%$$

## VIII. CONCLUSIONES

Con este documento se propone el diseño de un Sistema de Gestión del Mantenimiento para ser implementado en Ingenio El Ángel, el cual a la fecha está en desarrollo con un avance significativo y con resultados satisfactorios según auditorías ISO 9001: 2015 y evaluación de riesgos de la aseguradora ACSA, que dejan constancia de la eficiencia de las metodologías implementadas.

El punto de partida y base fundamental del documento es el análisis de criticidad, teniendo estructurado, codificado e identificados los activos se procede a ejecutar la matriz con variables establecidas por los mismos dueños de procesos y servicios, obteniendo los resultados de cada área y analizando según su ponderación se establece que medidas se tomaran con los grupos de activos de cada criticidad.

Como resultado del análisis de criticidad de cada área se obtuvieron los siguientes porcentajes del total de equipos:

PORCENTAJE DE EQUIPOS ANALIZADOS BAJO LA MATRIZ DE CRITICIDAD						
PROCESO		CRITICIDADES				Total
		Alta	Media	Moderada	Baja	
PROCESAMIENTO DE CAÑA	<i>Alimentación de caña</i>	9.8%	70.7%	17.1%	2.4%	100%
	<i>Molienda</i>	26.4%	60.4%	11.3%	1.9%	100%
COGENERACION	<i>Caldera</i>	2.1%	34.0%	63.9%	0.0%	100%
	<i>Turbogeneradores</i>	50.0%	50.0%	0.0%	0.0%	100%
FABRICA	<i>Clarificación y Evaporación</i>	4.0%	92.0%	4.0%	0.0%	100%
	<i>Cristalización</i>	8.3%	8.3%	83.3%	0.0%	100%
	<i>Refinería</i>	4.4%	95.7%	0.0%	0.0%	100%

Definimos que las metodologías por implementar a los equipos que están dentro de la criticidad “Alta” será el Análisis de causa Raíz - ACR, que servirá para investigar cuales son las causas que han originado un determinado problema en los equipos, utilizando herramientas como el Análisis de Modos de Fallos y Efectos AMFE, identificando los modos de fallos más comunes para prevenirlos con acciones de mantenimiento acorde a lo identificado. Y por otra parte; para los equipos dentro de las ponderaciones “media, moderada y baja” se implementará la metodología TPM (Mantenimiento Productivo Total), basada en la capacidad de potencializar las habilidades del personal operador para realizar un mantenimiento planificado para optimizar la confiabilidad de los equipos.

La metodología AMFE implementada en el equipo Bomba de Inyección #2, pretende analizar el equipo para obtener información sobre sus fallos identificados con mayor frecuencia, tomando de referencia historial de lo recopilado en bitácoras, ordenes de trabajo, entre otros. El resultado de este

análisis sirve para mejorar y estructurar los planes de mantenimiento, de manera que sean acordes a los fallos que se presentan, definiendo las actividades a realizar y con qué frecuencia es recomendable su intervención para que no ocurra un fallo. Se pretende que estas acciones disminuyan los costos de riesgos por año y aumenten las disponibilidades de los equipos, evitando paradas prolongadas que generan pérdidas significativas.

Se espera que este documento pueda contribuir en la mejora de la gestión del mantenimiento de la planta, logrando en un largo plazo ser una empresa de clase mundial, trabajando en construir la cimentación con los lineamientos que exige la norma ISO 55001. Se aclara que hoy por hoy no existe un comparativo final de los tiempos perdidos de la zafra 2017-2018 con 2018-2019, ya que no concluimos aun con la zafra actual y no podemos comparar tiempos totales. Sin embargo, se ha evidenciado una mejora en la disponibilidad de los equipos con el seguimiento controlado del mantenimiento preventivo a los equipos, como también se han detectado muchos posibles fallos con las rutas predictivas realizadas desde el inicio de la zafra. Lo que nos proyecta a que los resultados obtenidos al final de un ciclo completo del periodo de mantenimiento y zafra serán satisfactorios.

## IX. REFERENCIAS

- 1) Ángel, I. E. (01 de Noviembre de 2018). Evolución de Ingenio El Ángel. Apopa , San Salvador .
- 2) Carlos Alberto Parra Márquez, A. C. (Segunda Edición, 2015). *Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicada en la Gestión de Activos ¿*. Sevilla, España: INGEMAN (Asociación Española para el Desarrollo de la Ingeniería de Mantenimiento).
- 3) Sulzer. (2014). *Contexto, Manual de Instrucciones para Operación y Mantenimiento*. Sulzer: Sulzer.
- 4) Sulzer. (2014). Manual de Instrucciones para Operación y Mantenimiento. En Sulzer, *Manual de Instrucciones para Operación y Mantenimiento*.
- 5) Sulzer, B. (2015). Sistema de Agua y Vapor. *Manual de inspecciones de reparación y mantenimiento*, 30-70.
- 6) Telecomunicaciones. (2017). Evolución de la Gestión de Activos ISO 55001. [https://www.google.com/search?q=ISO+55001&client=firefox-b&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjaxOaU7LDgAhXSk1kKHTFsBqIQ\\_AUIDigB&biw=1047&bih=504#imgdii=PxWhFnwZnMt\\_0M:&imgrc=b88HVc3HxItg1M:](https://www.google.com/search?q=ISO+55001&client=firefox-b&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjaxOaU7LDgAhXSk1kKHTFsBqIQ_AUIDigB&biw=1047&bih=504#imgdii=PxWhFnwZnMt_0M:&imgrc=b88HVc3HxItg1M:)
- 7) Newbrough E. T., Administración de mantenimiento industrial, Páginas 100- 120
- 8) <http://www.buenastareas.com/ensayos/Costos-De-Mantenimiento/2127203.html>
- 9) <https://es.scribd.com/doc/83230275/Tema-1-Costos-y-Mantenimiento-de-Maquinaria>
- 10) <http://es.scribd.com/doc/78184429/parada-de-planta>
- 11) <https://es.scribd.com/document/65222914/Auditoria-de-Mantenimiento-Cap-1>
- 12) [https://es.scribd.com/doc/44009115/ Costos-de-Mantenimiento.docx](https://es.scribd.com/doc/44009115/Costos-de-Mantenimiento.docx)

## **X. ANEXO I. NOMENCLATURA**

- **OCR**= Optimización Costo Riesgo
- **HH**= Horas Hombre
- **ICV**= Ingreso del Ciclo de Vida
- **CCV**= Costo del Ciclo de Vida
- **BCV**= Beneficio del Ciclo de Vida
- **ROA**= Returns on Assets – (Devolución sobre activos)
- **VPN**= Valor Presente Neto
- **TIR**= Tasa Interna de Retorno
- **LTIF**= Lost Time Incident Feequency – (Tiempo Perdido por Frecuencia de Accidentes)
- **CTMN**= Costo Total del Mantenimiento
- **CTPR**= Costo Total de la Producción
- **PERC**= Progreso en los Esfuerzos de Reducción de Costos
- **TBMP**= Trabajo en Mantenimiento Programado
- **CRPP**= Costo Relativo con Personal Propio
- **CMOP**= Costo de Mano de Obra Propio
- **CTMN**= Costo Total del Mantenimiento
- **CRMT**= Costo Relativo con Material
- **CMAT**= Costo con Material
- **CMOE**= Costo de Mano de Obra Externa
- **CEPM**= Costo de Entrenamiento de Personal de Mantenimiento
- **IMRO**= Inmovilización en Repuestos
- **CIRP**= Capital Inmovilizado en Repuestos
- **CIEQ**= Capital Invertido en Equipos
- **CMVD**= Costo de Mantenimiento de Venda
- **VLVD**= Valor de Venda
- **VLRP**= Valor de Reposición
- **GMAO**= Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador
- **CMMS**= Computer Maintenance Management System
- **AC**= Análisis de Criticidad
- **AMFE**= Análisis de Modos de Fallos y Efectos

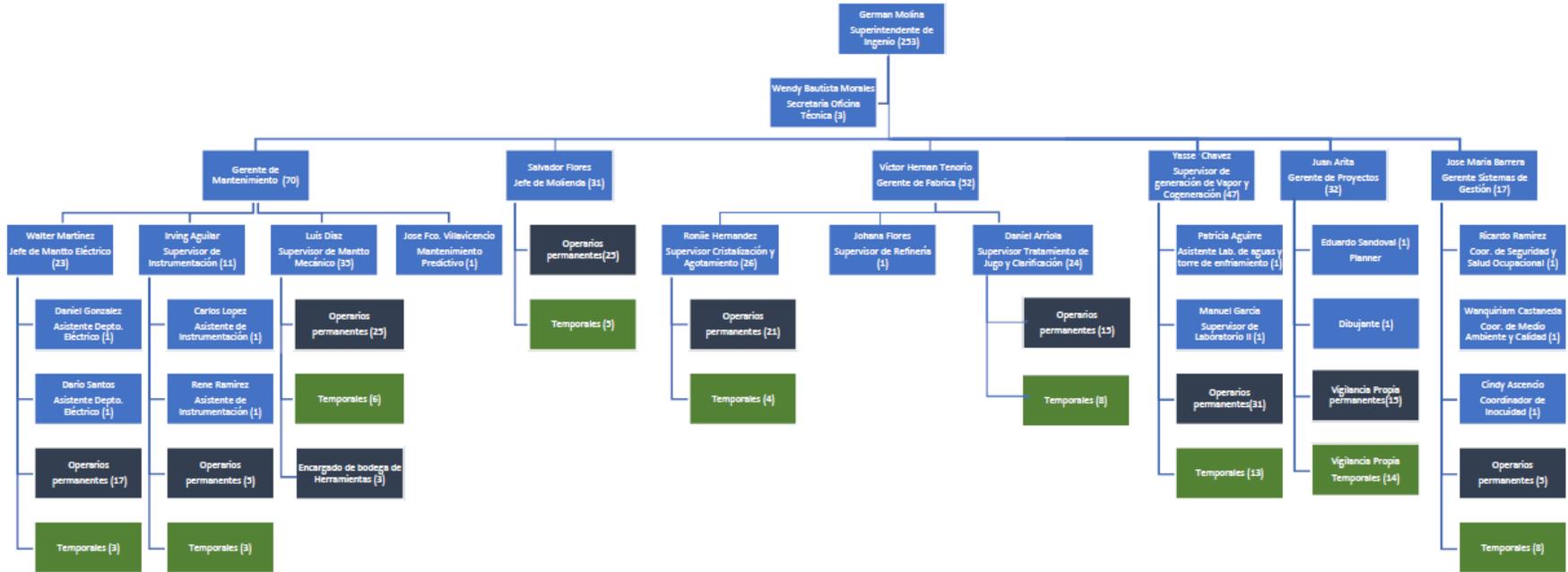
- **SGM**= Sistema de Gestión del Mantenimiento
- **ACR**= Análisis de Causa Raíz
- **KPI**= Key Performance Indicator – (Indicador Clave de Desempeño)
- **MTTF**= Mean Time to Failure – (Tiempo medio entre fallo)
- **FF**= Frecuencia de Fallo
- **MDT**= mean down time – (Tiempo Promedio Fuera de servicio)
- **CIF**= *Cost, Insurance and Freight* – (Costo, Seguro y Flete)
- **OT**= Ordenes de Trabajo
- **RE**= Riesgo Económico
- **TPPR**= Tiempo Promedio para Reparación
- **IP**= Impacto de Producción
- **CDF**= Costo Directo por Fallo
- **ISHA**= Impacto en la Seguridad, Higiene y Ambiente

## XI. ANEXO II. TABLAS, GRAFICAS Y FIGURAS

Ilustración 1. Zonificación Ingenio El Ángel .....	22
Ilustración 2. Evolución de Ingenio El Ángel, Autores de Tesis, (2018).....	23
Ilustración 3. Tiempo Perdido por Zafras, Ingenio El Ángel, Autores de tesis, (2018).....	23
Ilustración 4. Periodos del Ingenio, (2018), Autores de tesis.....	27
Ilustración 5. Descripción gráfica del Proceso Ingenio El Ángel, (2018), Autores de Tesis.....	28
Ilustración 5. Descripción gráfica del Proceso Ingenio El Ángel, (2018), Autores de Tesis.....	29
Ilustración 6. Estructura de Activos, Autores de Tesis, (2018).....	31
Ilustración 7. Telecomunicaciones, (2017), Evolución de la Gestión de Activos, Recuperado de <a href="https://www.google.com/search?q=ISO+55001&amp;client=firefox-b&amp;source=lnms&amp;tbm=isch&amp;sa=X&amp;ved=0ahUKEwjaxOaU7LDgAhXSk1kKHTFsBqIQ_AUIDigB&amp;biw=1047&amp;bih=504#imgdii=PxWhFnwZnMt_0M:&amp;img">https://www.google.com/search?q=ISO+55001&amp;client=firefox-b&amp;source=lnms&amp;tbm=isch&amp;sa=X&amp;ved=0ahUKEwjaxOaU7LDgAhXSk1kKHTFsBqIQ_AUIDigB&amp;biw=1047&amp;bih=504#imgdii=PxWhFnwZnMt_0M:&amp;img</a> .....	35
Ilustración 8. Gráfico Tela de Araña, Puntuación AMORMS .....	51
Ilustración 10. Despiece de bomba, Manual e Instrucción para Operación y Mantenimiento.....	115
Figura 1. Mantenimiento en la Práctica, como aplicar las teorías modernas del mantenimiento y lograr resultados, Pedro Eliseo Silva Ardila, pag. 146.....	10
Figura 2. Consecuencias del Modo de Fallo, 2018, Autores de tesis. ....	43
Figura 3. Cronología del Mantenimiento Ingenio El Ángel, Autores de Tesis , 2018.....	64
Figura 4. Proceso de Introducción de datos en GMAO, Autores de tesis, 2018.....	65
Figura 5. Funcionamiento de Calderas, Autores de tesis, 2018.....	118
Figura 6. Partes de bomba, Manual de instrucciones para operación y mantenimiento, 2014.....	119
Figura 7. Proceso de Implementación de RCM, Autores de tesis, 2018.....	124
Tabla 1. Tipo de Activos de Ingenio El Ángel, (2018), Autores de Tesis.....	31
Tabla 2. Variable y criterios de Matriz de Criticidad, Autores de tesis, 2018.....	41
Tabla 3. Cuadro de Mando Integral.....	46
Tabla 4. Cuadro de Mando Indicadores Operativos (Carlos Alberto Parra Márquez, Segunda Edición, 2015).....	49
Tabla 5. Puntuación de AMORMS, Ingenio El Ángel.....	51
Tabla 6. Tipos de Software de Mantenimiento, 2018.....	62
Tabla 7. Estructura Recurso Humano, Autores de tesis, 2019.....	79
Tabla 8. Estructura Recurso Humano, Instrumentación, Autores de tesis, 2019.....	80
Tabla 9. Estructura Recurso Humano, Bombas y Transmisiones de potencia. Autores de tesis, 2019.....	80
Tabla 10. Estructura de Personal, Autores de Tesis, 2019.....	81
Tabla 11. Sugerencia de estructura de personal, Autores de tesis, 2019.....	82
Tabla 12. Gráfico de saldos inventarios por semana, Autores de tesis, 2019.....	83
Tabla 13. Gráfico de Ingreso y Egresos en bodega de materiales. Autores de Tesis, 2019.....	84
Tabla 14. Manejo Presupuestario IEA, Autores de tesis, 2016.....	88
Tabla 15. Balance Ingenio El Ángel. Estado de Resultados, 2016, Autores de tesis.....	101
Tabla 16. Balance de Activos, Autores de tesis, 2019.....	104
Tabla 17. Balance de Pasivos, Autores de tesis, 2019.....	106
Tabla 18. Desempeño Inicial, Análisis de Resultados, Autores de tesis, 2019.....	109
Tabla 19. Cuadro Resumen Análisis de Resultados, Autores de tesis, 2019.....	110

Tabla 20. Cronograma de Implementación de SCM .....	113
Tabla 21. Ponderación de Equipos con Criticidad Alta.....	114
Tabla 22. Especificaciones de Diseño, Manual de instrucciones para operación y mantenimiento ,2014 .....	120
Tabla 23. Datos específicos técnicos de la bomba, Manual de instrucciones para operación y mantenimiento 2014 .....	123
Tabla 24. Esquema de Árbol de decisiones RCM .....	126
Tabla 25. Análisis de Modos de Fallo y Efectos .....	127
Tabla 26. Costos de Mantenimiento Bombas de Inyección, Autores de tesis, 2019 .....	131
Tabla 27. Indicadores, Autores de tesis, 2019 .....	132

# ORGANIGRAMA



## CUESTIONARIO AUDITORIA AMORMS

\* La respuesta se debe justificar en una escala desde 1 a 5 (justificar su respuesta), 150 preguntas

	Sub-Categorías	FAQ	Escala 1-5	Pounded	Pounded
1.1	Visión Gerencial & Liderazgo	1.1.1	¿Existen Directrices Corporativas sobre el proceso de Gestión de Activos?	1	1
		1.1.2	¿Existe Conciencia de la Gestión de Activos y su Administración? (Roles/Alcances/Responsabilidades)	1	
		1.1.3	¿Existe un Control detallado sobre los objetivos del negocio desde la Gerencia Corporativa?	1	
		1.1.4	¿Tiene la Gerencia Corporativa un liderazgo integral y sostenible sobre el negocio? (Control Sostenible)	1	
		1.1.5	¿La Gerencia Corporativa, las gerencias intermedias y los niveles técnicos y de ejecución comparten de forma eficiente el liderazgo del negocio? (Empoderamiento)	1	
1.2	Plan Integral de Gestión de Activos	1.2.1	¿La organización cuenta con un modelo integral de gestión de activos incluida en su visión y misión?	1	1
		1.2.2	¿Existe un plan integral diseñado para implantar los diversos procesos propuestos por el modelo de gestión de activos?	1	
		1.2.3	¿Existe un plan de Gestión de Activos a largo plazo y está integrado con los objetivos y metas del negocio?	1	
		1.2.4	¿Las técnicas de ingeniería de confiabilidad y mantenimiento están vinculadas con los procesos propuestos por el modelo de gestión de activos?	1	
		1.2.5	¿Se tiene definido un proceso integral de auditoría y mejora continua del modelo de gestión de activos a ser implementado?	1	
1.3	Políticas Integrales de Mantenimiento (Gerencial)	1.3.1	¿Existe una política de mantenimiento integrada con la Gestión Corporativa del negocio?	1	1
		1.3.2	Las políticas de mantenimiento de corto, mediano y largo plazo, ¿están ajustadas a la realidad del negocio?	1	
		1.3.3	¿La política de mantenimiento ha sido creada de acuerdo con las políticas estratégicas del negocio?	1	
		1.3.4	¿Las políticas de operación y mantenimiento están vinculadas e integradas con los objetivos y metas del negocio?	1	
		1.3.5	¿Las políticas de Mantenimiento y Confiabilidad están integradas con la visión y misión del negocio?	1	
1.4	Estructura Organizacional	1.4.1	¿Existe de forma general una estructura organizacional bien definida?	3	2.2
		1.4.2	¿Existe una estructura organizacional eficiente para gestionar los procesos de mantenimiento y confiabilidad (están claras las responsabilidades de los grupos de confiabilidad)?	2	
		1.4.3	¿Existe una estructura organizacional eficiente para gestionar las operaciones?	3	

1.4

		1.4.4	¿La Organización tiene grupos específicos relacionados con la implantación de técnicas en las áreas de Confiabilidad y Mantenimiento?	2	
		1.4.5	¿La Organización tiene una estructura administrativa y técnica, orientada a soportar el proceso integral de Gestión de Activos?	1	
1.5	Control Financiero (KPIS claves del negocio)	1.5.1	¿Existe un procedimiento bien desarrollado para gestionar el control financiero (KPIS claves del negocio)?	2	1.6
		1.5.2	¿Los procesos de control financiero se aplican a partir del análisis de los KPIS claves de forma continua y no de forma eventual?	1	
		1.5.3	¿El sistema de control financiero es monitoreado y auditado de forma eficiente?	2	
		1.5.4	¿El control financiero está totalmente vinculado con las metas y objetivos de la organización?	2	
		1.5.5	¿El proceso de control de los KPIS financieros están integrado con los procesos indicadores técnicos y económicos de las áreas de mantenimiento y confiabilidad?	1	
2.1	Gestión de Riesgos	2.1.1	¿Está definida de forma clara la política integral de gestión de Riesgos alineada con el modelo de Gestión de Activos?	1	1
		2.1.2	¿Existe un proceso integral de gestión para el control del riesgo en las áreas de mantenimiento y confiabilidad?	1	
		2.1.3	¿Existe un proceso eficiente para comunicar los diferentes niveles de riesgos que están expuestos los integrantes de las áreas de mantenimiento y confiabilidad?	1	
		2.1.4	Los riesgos en los procesos de mantenimiento y confiabilidad, ¿son analizados, revisados y actualizados en forma regular?	1	
		2.1.5	¿La organización utiliza modelos de gestión de riesgo como base para la toma de decisiones en las áreas de mantenimiento y confiabilidad?	1	
2.2	Priorización de equipos	2.2.1	La organización ha desarrollado un modelo de criticidad de equipos basados en Riesgo	1	1.4
		2.2.2	El modelo de Riesgo priorización de equipos está alineado con los objetivos del negocio	1	
		2.2.3	La información utilizada para estimar la frecuencia y la de las fallas es tomada de una fuente confiable y veraz	1	
		2.2.4	El modelo de priorización de equipos es un modelo estándar para toda la organización y es utilizado en todas las áreas operacionales de la organización	1	
		2.2.5	Los resultados de jerarquización de equipos se utilizan para tomar decisiones de mejora en la operación y mantenimiento de los activos	1	
2.3	Gestión de los procesos de Seguridad, Salud y Ambiente	2.3.1	¿Existe un plan eficiente de emergencias y contingencias en la organización?	2	2.2
		2.3.2	¿Se ha comunicado al personal sobre las potenciales consecuencias sobre los eventos que pueden afectar seguridad, la salud y el ambiente?	3	
		2.3.3	¿Se tiene desarrollada una política de emergencias y seguridad bien documentada y comunicada?	2	
		2.3.4	¿Los planes de emergencias y seguridad son revisados, mejorados y actualizados de forma continua?	2	

		2.3.5	¿Los planes de emergencias están certificados por organizaciones locales e internacionales reconocidas?	2		
3.1	Gestión de las fallas	3.1.1	¿Existe un procedimiento estándar para gestionar las fallas en toda la organización?	1	1	
		3.1.2	¿El procedimiento de análisis de fallas es de fácil aplicación y es aceptado por toda la organización?	1		
		3.1.3	¿Existe un proceso eficiente sobre la información recopilada en los análisis de fallas (proceso eficiente de documentación y registro)?	1		
		3.1.4	¿El proceso de análisis de fallas es llevado a cabo por equipos interdisciplinarios que permitan validar con hechos reales las causas encontradas?	1		
		3.1.5	¿El proceso de gestión de fallas tiene indicadores previamente definidos y analizados, que permitan medir la eficiencia y la efectividad de las recomendaciones emitidas (el proceso de análisis de fallas está incorporado a un proceso de mejoramiento continuo)?	1		
3.2	Equipos multidisciplinarios de optimización	3.2.1	¿Los trabajadores están bien organizados y motivados para el logro de los objetivos del negocio?	3	2.4	1.5
		3.2.2	¿El ambiente de trabajo es propicio para realizar análisis que promuevan cambios y procesos de mejora?	3		
		3.2.3	¿Existe un proceso eficiente de comunicación entre la gerencia de la organización y el resto de los niveles administrativos?	3		
		3.2.4	¿La estructura organizacional de los trabajadores está orientada a soportar el proceso integral de gestión de activos?	1		
		3.2.5	¿Existe un proceso estándar que promueva a los trabajadores a participar en equipos multidisciplinarios?	2		
3.3	Métodos de Análisis de Fallas	3.3.1	¿La organización utiliza un método estándar de análisis de fallas para toda la organización?	1	1	
		3.3.2	¿La metodología de Análisis de Fallas permite identificar el área de oportunidad en función de nivel de Riesgo provocado por los modos de fallas?	1		
		3.3.3	¿La metodología de Análisis de Fallas propone un procedimiento que permita validar de forma eficiente las hipótesis planteadas (validación con hechos reales)?	1		
		3.3.4	¿Las recomendaciones generadas de los análisis de fallas son seleccionadas a partir de un procedimiento de Análisis Costo Riesgo Beneficio?	1		
		3.3.5	¿Se evalúan y auditan los resultados reales de las acciones recomendadas una vez finalizados los análisis de fallas?	1		
4.2	Programación y planificación	4.1.1	Existe definida una estrategia a nivel gerencial de optimización del mantenimiento	1	2	1.4
		4.1.2	¿Existe un proceso detallado y eficiente de programación y planificación del mantenimiento?	3		
		4.1.3	¿Se cumplen de forma eficiente las Estrategias de Planificación y Programación para el mantenimiento de los equipos?	3		
		4.1.4	¿Las estrategias de planificación y programación del mantenimiento están alineadas con el plan de negocio de la organización?	2		

		4.1.5	¿Las estrategias de planificación y programación del mantenimiento se analizan y se auditan los resultados de aplicación de estas estrategias?	1		
4.3	Procedimientos e instructivos de trabajos	4.2.1	¿Existe una estructura que permita documentar los procedimientos e instructivos de trabajo?	1	1.2	
		4.2.2	¿Existe un marco general de referencia y soporte para generar documentación sobre los procedimientos e instructivos de trabajo?	2		
		4.2.3	¿Existe un sistema de control documental alineado con algún estándar local o internacional?	1		
		4.2.4	¿Los procedimientos de trabajo son utilizados activamente por toda la fuerza de trabajo?	1		
		4.2.5	¿Las mejoras a los procedimientos de trabajo son realizadas e incluidas en los planes de adiestramiento del personal?	1		
4.4	Planes de Mantenimiento por Condición (técnicas predictivas)	4.3.1	¿Existe un proceso eficiente de gestión del mantenimiento por condición?	2	1.4	
		4.3.2	¿Se realizan actividades de mantenimiento por condición de forma organizada y continua?	2		
		4.3.3	¿Existe un plan de monitoreo de condiciones basado en el nivel de criticidad por Riesgo de los activos de la organización?	1		
		4.3.4	¿El monitoreo de condiciones es parte integral de una estrategia de optimización del mantenimiento?	1		
		4.3.5	¿El proceso de monitoreo de condiciones de la compañía es auditado y se le hace seguimiento a la efectividad de las recomendaciones emitidas?	1		
4.5	Técnicas de optimización en las áreas de Confiabilidad, Mantenimiento y Operaciones	4.4.1	¿La organización ha desarrollado un modelo guía de implantación de las metodologías de Confiabilidad y Mantenimiento, orientado a cumplir con los objetivos del negocio?	1	1	
		4.4.2	¿La organización cuenta con un grupo de soporte encargado de administrar y facilitar las herramientas de Confiabilidad y Mantenimiento?	1		
		4.4.3	Se aplican de forma organizada y constante los diferentes métodos de Confiabilidad y Mantenimiento (RCM, RCA, TPM, RBI, Lean.....)?	1		
		4.4.4	¿Se miden, auditan y confirman los resultados de las aplicaciones de los métodos de Confiabilidad y Mantenimiento?	1		
		4.4.5	¿Se revisan y actualizan los métodos de Confiabilidad y Mantenimiento (se toman en cuenta las novedades, actualizaciones y desarrollo de nuevos métodos de optimización)?	1		
5.1	Sistema de soporte informático de mantenimiento (software de mantenimiento)	5.1.1	¿Existe un sistema eficiente de soporte informático para el mantenimiento?	3	2.4	2.2
		5.1.2	¿El diseño de los órdenes de trabajo dentro del software es adecuado y se utiliza de forma eficiente?	3		
		5.1.3	¿El sistema de órdenes de trabajo ayuda a mejorar los procesos de programación y planificación del mantenimiento?	3		
		5.1.4	¿El software de mantenimiento es utilizado en forma extensa por toda la organización, incluyendo todos los tipos de paros (correctivos, preventivos, por condición, detenciones mayores, seguimiento de componentes de fallas, etc.)?	2		

		5.1.5	¿El sistema de soporte informático de mantenimiento genera de forma automática indicadores técnicos y económicos, los cuáles son ampliamente usados por toda la organización para mejorar la toma de decisiones?	1		
5.2	Sistema de control de documentos	5.2.1	Existe un sistema general de administración de documentos técnicos de mantenimiento (planos, P&D, flujogramas de procesos, manual de operaciones, etc.)	1	1	
		5.2.2	¿Existe un sistema de administración de documentos que integre la información del mantenimiento con las otras áreas de la organización?	1		
		5.2.3	¿Existe un sistema de administración de documentos que cumpla con alguna norma o estándar de calidad?	1		
		5.2.4	¿El sistema de administración de la documentación está totalmente implementado de forma informática?	1		
		5.2.5	¿El sistema de administración de documentos, está en línea para toda la organización y se usa de forma amplia y eficiente?	1		
5.3	Manejo de repuestos, materiales (logística)	5.3.1	¿El proceso de general de abastecimiento y logística de repuestos es eficiente?	3	2.6	
		5.3.2	¿El proceso de abastecimiento y planificación de materiales es organizado y tiene un flujo ordenado y bien controlado?	3		
		5.3.3	¿El proceso de manejo y planificación de materiales está desarrollado para toda la planta?	2		
		5.3.4	¿EL proceso de abastecimiento y planificación de materiales está integrado de forma eficiente con el área de mantenimiento?	3		
		5.3.5	¿EL proceso de Abastecimiento y planificación de materiales tiene indicadores de optimización integrados a nivel de los objetivos del negocio que son evaluados, analizados, utilizados y auditados de forma continua?	2		
5.4	Procesos de administración de la bodegas e inventarios	5.4.1	¿La administración del inventario es llevada a cabo por una organización bien estructurada para esta función?	3	2.8	
		5.4.2	¿La administración del inventario es llevada y controlada por una herramienta de soporte informática?	3		
		5.4.3	¿El proceso de administración de la bodega y manejo de inventarios, incluye indicadores de optimización de repuestos utilizando técnicas de análisis de Riesgo?	3		
		5.4.4	El software de administración de los repuestos genera de forma automática, ¿indicadores de análisis de inventarios que son utilizados para optimizar los diversos procesos de la gestión de materiales?	3		
		5.4.5	¿Los procesos de administración de abastecimiento y manejo de inventarios están orientados a lograr los objetivos del proceso de Gestión de Activos?	2		
6.1	Indicadores de desempeño técnico	6.1.1	¿Existe un proceso eficiente de registro de la información histórica de los equipos?	2	1.2	1.8
		6.1.2	¿Se realizan de forma eficiente análisis de mejora sobre la información histórica de fallas y operación de los equipos?	1		
		6.1.3	¿Existe un programa estándar de análisis de indicadores implementado de forma eficiente?	1		

		6.1.4	¿Se realizan análisis sistemáticos de fallas a partir de indicadores de riesgo previamente definidos?	1	
		6.1.5	La organización evalúa y toma decisiones a partir de indicadores de mejora en confiabilidad y mantenibilidad de forma eficiente (¿MTTF, MTTR, Disponibilidad..., ¿etc.?)	1	
6.2	Programas de revisión de los planes de mantenimiento	6.2.1	¿Se realizan análisis de mejora sobre los diferentes tipos de mantenimientos ejecutados?	1	1
		6.2.2	¿Se toman acciones sobre los análisis realizados a los diferentes tipos de mantenimientos ejecutados?	1	
		6.2.3	¿El análisis de los mantenimientos ejecutados, es realizado de forma eficiente y sistemática?	1	
		6.2.4	¿Las recomendaciones realizadas a partir del análisis de los mantenimientos ejecutados, son tomadas en cuenta y se auditan los resultados de las acciones emitidas?	1	
		6.2.5	¿Se realiza algún proceso de benchmarking en relación a los indicadores de mantenimiento y confiabilidad?	1	
6.3	Procesos de control de las operaciones	6.3.1	¿Existe un procedimiento dónde se detallen los procesos operacionales?	3	2.4
		6.3.2	¿Se relacionan los procesos operacionales con todas actividades de producción?	3	
		6.3.3	¿Se relaciona las estrategias operacionales con las estrategias del mantenimiento?	2	
		6.3.4	¿Están vinculadas de forma eficiente las metas operacionales con la planificación de las actividades de mantenimiento?	2	
		6.3.5	¿Están integradas las estrategias de operación y producción con los procesos de programación y planificación del mantenimiento?	2	
6.4	Control de contratistas	6.4.1	¿El uso de contratistas es eficiente y se tienen modelos de contratos establecidos por áreas y tipos de trabajo?	3	2.6
		6.4.2	¿Los contratos de corto y largo plazo están totalmente estandarizados?	2	
		6.4.3	¿Existe un proceso de validación y auditoría de las credenciales de las contratistas que participan en los diferentes procesos de mantenimiento y operación?	3	
		6.4.4	¿Existen un proceso eficiente de evaluación del desempeño real de los contratistas, que sea constantemente monitoreado y que permita tomar acciones sobre las desviaciones encontradas?	3	
		6.4.5	¿Los contratos de negocios establecidos con los contratistas están totalmente alineados en términos de estrategias con los objetivos y metas del negocio?	2	
6.5	Gestión de talleres	6.5.1	La organización cuenta con un servicio eficiente: ¿propio o contratado de talleres para actividades de mantenimiento?	3	1.8
		6.5.2	¿Existe un proceso interno que permita evaluar el desempeño de los servicios prestados por los talleres?	3	
		6.5.3	¿Existe un modelo de contrato estándar desarrollado para todos los servicios solicitados a los talleres?	1	
		6.5.4	¿Existe un procedimiento específico que permita evaluar los tiempos de entrega, los costos y la calidad de ejecución de los servicios ofrecidos por los talleres?	1	

		6.5.5	¿Existe un modelo de auditoría y benchmarking certificado bajo una norma local o internacional, que permita evaluar los Servicios ofrecidos por los talleres?	1		
7.1	Asset Life Cycle Cost Management	7.1.1	¿Existe un procedimiento eficiente de análisis del ciclo de vida de los activos?	1	1	
		7.1.2	¿Se analiza y se pronostica el ciclo de vida de los activos de la organización?	1		
		7.1.3	¿Existe un proceso de evaluación del impacto económico de la Confiabilidad en el ciclo de vida de los activos (Modelos Woodard, Willans and Scott..., etc.)?	1		
		7.1.4	¿El proceso de Análisis de Ciclo de vida de los activos es llevado a cabo por equipo multidisciplinario de toda la organización en dónde participan los grupos de operaciones y mantenimiento?	1		
		7.1.5	¿Se documenta de forma eficiente la información del ciclo de vida de los activos y se auditan los resultados de Ciclo de Vida de los equipos seleccionados?	1		
7.2	Manejo de información en el Ciclo de Vida del Activo	7.2.1	¿La administración de la organización revisa regularmente los factores claves de su sistema de gestión de activos (incluyendo política de gestión de activos, estrategia, objetivos, y planes) para asegurar su eficacia, adecuación y conveniencia a lo largo de todo el Ciclo de Vida?	1	1.4	1.3
		7.2.2	¿La información económica y técnica (factores claves de la gestión de activos) es considerada para la revisión, seguimiento y sustitución de los equipos?	2		
		7.2.3	¿La organización usa la información económica y técnica para mejorar continuamente su sistema de gestión de activos global a lo largo de todo el Ciclo de Vida?	2		
		7.2.4	¿La organización asegura que los resultados de las revisiones realizadas a los factores claves de la gestión de activos, esté disponible, para que la alta dirección tome en cuenta los resultados obtenidos, durante el análisis y la revisión de los planes estratégicos de la organización a lo largo de todo el Ciclo de Vida?	1		
		7.2.5	¿La organización mantiene los registros de las revisiones de los factores claves de la gestión de activos y comunica información relevante a los empleados, proveedores de servicios contratados u otras áreas relacionadas (interesadas - stakeholders) con el proceso de gestión de activos a lo largo de todo el Ciclo de Vida?	1		
7.3	Mantenimientos especiales (paradas de plantas, overhauls...)	7.3.1	¿Las detenciones mayores son implementadas en forma ordenada bajo un modelo de gestión de grandes paradas de plantas?	3	1.6	
		7.3.2	¿Las detenciones mayores son implementadas por grupos a dedicación exclusiva?	2		
		7.3.3	¿Las detenciones mayores son programadas, planificadas y ejecutadas bajo el uso de herramientas de optimización de confiabilidad y riesgo?	1		
		7.3.4	¿Existe un proceso de registro de las detenciones mayores que permita recopilar las lecciones aprendidas y todas las actividades son especificadas y estandarizadas?	1		
		7.3.5	¿Existe una estrategia de integral de optimización de los procesos paradas de plantas, se auditan y se realizan análisis de benchmarking y de mejora continua?	1		

8.1	Contro de Calidad	8.1.1	¿Existe un modelo eficiente de gestión de la calidad dentro del área de mantenimiento?	3	3	1.8
		8.1.2.	¿Existe el conocimiento de que la calidad contribuye a la mejora del desempeño de los procesos de mantenimiento y confiabilidad?	3		
		8.1.3.	¿La organización del mantenimiento está alineada con los programas de mejoramiento de la calidad?	3		
		8.1.4.	¿La organización de mantenimiento ha sido acreditada en alguna norma relacionada con la calidad?	3		
		8.1.5	¿La compañía está acreditada en alguna norma de la calidad y se ha incorporado el proceso de gestión de la calidad dentro del mantenimiento?	3		
8.2	Programas de mejora continua	8.2.1	¿Las mejoras en los procesos de mantenimiento y confiabilidad son llevadas de forma ordenada y actualizadas bajo un modelo específico?	1	1	
		8.2.2	¿Existe un marco de referencia para incluir mejoras en los procesos de mantenimiento y confiabilidad?	1		
		8.2.3	¿Existe un programa de seguimiento a las propuestas de mejoras en las áreas de mantenimiento y confiabilidad?	1		
		8.2.4	¿El proceso de Mejora continua es una práctica común en las áreas de mantenimiento y confiabilidad?	1		
		8.2.5	¿El proceso de mejora continua es una práctica estándar de todos los negocios que conforman el proceso industrial analizado?	1		
8.3	Programas de desarrollo de personal	8.3.1	¿La organización cuenta con un departamento que se encargue del proceso de adiestramiento formal al personal de toda la organización?	2	1.4	
		8.3.2	¿Se provee de adiestramiento eficiente al personal nuevo de la organización?	2		
		8.3.3	¿Existe un plan de entrenamiento específico y ajustado a todo el ciclo de vida del trabajador?	1		
		8.3.4	¿El programa de adiestramiento de todo el personal está adecuado al puesto de trabajo y está orientado a lograr los objetivos del negocio?	1		
		8.3.5	¿El programa de entrenamiento incluye formación en las áreas de técnicas modernas de mantenimiento, confiabilidad y gestión de activos?	1		

## Pantallas de Sistema de Control de Mantenimiento.

A continuación, se presenta de manera gráfica las pantallas principales del SCM (*Sistema de Control de Mantenimiento*). desde el registro de los activos hasta el seguimiento de las ordenes de trabajo.

**Equipos:** En esta pantalla se puede realizar la búsqueda de los equipos ingresados en el sistema por medio del código o descripción. En la parte inferior se detalla la información técnica del equipo seleccionado.

Además; se pueden ingresar información adicional referente al equipo, notas, imágenes y el adjunto de archivos con formato Excel, Word, JPG y PDF, que fortalezca la información del equipo.

Descripcion	Orden
Bomba tanque de agua efluente de STC de alta a calderas de baja (BMB-21040C)	10
Bomba 1 sistema hidráulico de grúa de hilo (BMB-11001)	10
Bomba 2 sistema hidráulico de grúa de hilo (BMB-11002)	20
Bomba 2 de asepsia (BMB-12016B)	10
Bomba respaldo 1 de retorno a torre de enfriamiento molinos (BMB-12013B)	20
Bomba titular de retorno a torre de enfriamiento molinos (BMB-12013A)	30
Bomba titular de tanque de agua de chumaceras (BMB-12017A)	10
Bomba respaldo1 de tanque de agua de chumaceras (BMB-12017B)	20
Bomba 2 de sistema hidráulico de prensa (BMB-61009)	10

Funcion	Bomba 1 sistema hidráulico de grúa de hilo	Equipo	BMB-00001 Bomba, OFFSHORE, ZX100/400/8.5*3/ 4WEH32/T6ELM066
Codigo Funcional	BMB-11001	Tipo Equipo	Bomba
Proceso	1221 Alimentación de Caña	Capacidad	
Criticidad	Alta	Marca	OFFSHORE
Clasificacion 1	Planta	Modelo	ZX100/400/8.5*3/ 4WEH32/T6ELM066
Clasificacion 2	Procesamiento de caña	Serie	
Clasificacion 3		Placa No.	
Padre	Sistema hidráulico de grúa de hilo	Proveedor	
Tablero Padre		Fecha de Compra	

**Solicitud de mantenimiento:** Pantalla para generar la solicitud de mantenimiento de cualquier equipo de la planta.

**Autorizaciones de Solicitud de Mantenimiento:** Pantalla donde se gestionan las solicitudes enviadas por los diferentes supervisores. El planificador de mantenimiento se encarga de gestionar y autorizar las actividades a realizar.

No.	Fecha	Estado	Descripción de la Solicitud	Seleccionar
3420	14/02/2019 00:00	Solicitada	Se armó la bomba queda en taller mecánico	<input type="checkbox"/>
3192	30/01/2019 00:00	Solicitada	Al tratar de cambiar el sello mecanico de la bomba se descubrio que la vavlula de descarga no cierra. P	<input type="checkbox"/>
3163	28/01/2019 00:00	Solicitada	Cambio de vv en sistema de inyección de condensos para limpieza de bb de los recibidores del tacho cc	<input type="checkbox"/>
3147	28/01/2019 00:00	Solicitada	Cambio de tuveria universal para tubería de agua	<input type="checkbox"/>
2987	16/01/2019 00:00	Solicitada	Cambio de vv check de 3" en bb de agua de lavado de telas en filtros de cachaza	<input type="checkbox"/>
2924	15/01/2019 00:00	Solicitada	Cambio de retenedor a reductor de recibidor	<input type="checkbox"/>
2836	09/01/2019 00:00	Solicitada	Revision y reparacion de fuga	<input type="checkbox"/>

Detalle | Consumibles | Herramientas | Mano de Obra

Prioridad : No Urgente

Sistema : MECANICA

Tipo Orden : CORRECTIVO

Código Función : BMB-21021 Bomba 2 dosificadora de químicos hacia domo caldera MITRE (BMB-21021)

Equipo : BMB-00069 Bomba, NEPTUNE, 6100-N3-127002, NL

Solicitante : 5 Daniel Gonzalez

**Ordenes de Trabajo Activas:** Una vez autorizada la solicitud se genera el número de Orden de mantenimiento, enlistándose en esta pantalla donde detalla la siguiente información.

Sistemas Zafra - Mantenimiento

Ordenes de Trabajo Activas    Sistema :     Tipo Orden

Imprimir Herramientas :     Imprimir Consumibles :

Prioridad Orden :     Area :     Empleado :     Fecha Creación :     Imprimir CheckList    Imprimir OT    Imprimir MO

Número	Fecha Inicio	Proceso	Cod Funcional	Equipo	Sup	Descripción	Imprimir
25625	16/02/19	1241	PHT-0504	TMS-00001	50	Para realizar certificados al transmisor de PH jugo encalado	<input type="checkbox"/>
25624	16/02/19	1243	CTF-34009	CTF-00009	5	Cambio de fajas	<input type="checkbox"/>
25623	16/02/19	1232	BMB-22028B	BMB-00165	5	revisio por estar entrapada	<input type="checkbox"/>
25622	16/02/19	1243	CTF-34015	CTF-00015	5	cambio de telas	<input type="checkbox"/>
25621	16/02/19	1241	PHT-0504	TMS-00001	4	cambio de electrodo de medicion	<input type="checkbox"/>
25620	16/02/19		CGD-3327	CGD-00027		CAMBIO DE CILINDRO DE LEVANTE ( DESCABESADO) Y CAMBIO DE MANGUERA # 12 DE	<input type="checkbox"/>
25619	16/02/19		CGD-3315	CGD-00015	19	CAMBIO DE TIJERAS SUP EINFERIOR Y REVISAR FALLA DEL GIRO	<input type="checkbox"/>
25618	12/02/19	1242	EVP-32014	EVP-00014	137	Limpieza mecánica de evaporador - Limpieza química de evaporador - Prueba hidrostática d	<input type="checkbox"/>
25617	16/02/19	1241	FT-0509	TMF-00053	137	Cambio de válvula de 1.1/2" de toma muestra ph	<input type="checkbox"/>
25616	13/02/19	1242	EVP-32008	EVP-00008	137	Limpieza mecánica de evaporador - Limpieza química de evaporador - Prueba hidrostática d	<input type="checkbox"/>
25614	16/02/19	1611	TRC-3353	TRC-00053	19	CAMBIO DE TERMINAL DE DIRECCION (DAÑADO)	<input type="checkbox"/>
25613	16/02/19	1418	CMN-3314	CMN-00009	103	CAMBIO DE TERMINALES DE DIRECCION	<input type="checkbox"/>
25611	16/02/19	1221	BMB-11008	BMB-00439	168	Cambio de acople	<input type="checkbox"/>
25610	16/02/19		VEH-4375	VEH-00061	92	REVISAR FALLA DE ARRANQUE	<input type="checkbox"/>
25609	16/02/19		CMN-4303	CMN-00012	41	SOLDAR ESCAPE	<input type="checkbox"/>

Tipo trabajo:

Proceso: Clarificación    Emp. Asignado 1:

Supervisor: Carlos Lopez    Emp. Asignado 2:

Equipo: Transmisor de PH, ABB, TV84PH2000200, 603092299    Emp. Asignado 3:

Funcion: Ph jugo encalado (PHT-0504)    Emp. Asignado 4:

% Avance: 0    Creada el: 16/02/19 19:28    Prioridad:

**Ingreso de mano de Obra:** Realizada la actividad de mantenimiento, el personal que realizo la intervención al equipo debe registrar las horas que duró la reparación. El registro de hace partiendo del número de OT, código del empleado, horas de reparación y el porcentaje del avance. Por ejemplo, si la actividad ya está finalizada debe ingresarse el 100%.

Registro de Mano de Obra a OT    OT No :     Generar Pre-Requisiciones

Número:     Tipo trabajo:

Proceso: 1242    Evaporación    Funcion: Evaporador 14 cuarto y quinto efecto (EVP-32014)

Proyecto:     Equipo: Evaporador

Actividad	% de avance
Limpieza mecánica de evaporador	100.00
Limpieza química de evaporador	100.00
Prueba hidrostática de evaporador	100.00

Horas de ejecución							
Codigo	Horario Corrido	Tipo	Fecha	Hora Inicio	Hora Final	Horas	% avance
1271	<input type="checkbox"/>	Ejecucion	16/02/2019	14:00	18:00	4	100.00
1391	<input type="checkbox"/>	Ejecucion	16/02/2019	14:00	18:00	4	100.00
1408	<input type="checkbox"/>	Ejecucion	16/02/2019	14:00	18:00	4	100.00
1493	<input type="checkbox"/>	Ejecucion	16/02/2019	14:00	18:00	4	100.00
1807	<input type="checkbox"/>	Ejecucion	16/02/2019	14:00	18:00	4	100.00

Herramientas

Empleado:

Descripción de trabajo realizado:

**Cierre de OT:** Cuando la Orden de Trabajo (OT) está al 100% automáticamente se envía un correo al solicitante del trabajo, para que pueda verificar y dar por terminado la reparación solicitada. A la vez, en la pantalla de “Ordenes de Trabajo Activas” las OT’s que tienen el 100% se somborean de color verde, simbolizando que la OT ya está terminada y poder revisar la finalización de esta.

Sistemas Zafra - Mantenimiento

**Ordenes de Trabajo Activas** Sistema :  Tipo Orden

Imprimir Herramientas :  Imprimir Consumibles :

Prioridad Orden :  Area :  Empleado :  Fecha Creación :

Imprimir CheckList Imprimir OT Imprimir MO

Número	Fecha Inicio	Proceso	Cod Funcional	Equipo	Sup	Descripción	Imprimir
25625	16/02/19	1241	PHT-0504	TMS-00001	50	Para realizar certificados al transmisor de PH jugo encalado	<input type="checkbox"/>
25624	16/02/19	1243	CTF-34009	CTF-00009	5	Cambio de fajas	<input type="checkbox"/>
25623	16/02/19	1232	BMB-22028B	BMB-00165	5	revisión por estar entrapada	<input type="checkbox"/>
25622	16/02/19	1243	CTF-34015	CTF-00015	5	cambio de telas	<input type="checkbox"/>
25621	16/02/19	1241	PHT-0504	TMS-00001	4	cambio de electrodo de medicion	<input type="checkbox"/>
25620	16/02/19		CGD-3327	CGD-00027		CAMBIO DE CILINDRO DE LEVANTE ( DESCABESADO) Y CAMBIO DE MANGUERA # 12 DE	<input type="checkbox"/>
25619	16/02/19		CGD-3315	CGD-00015	19	CAMBIO DE TUERAS SUP EINFERIOR Y REVISAR FALLA DEL GIRO	<input type="checkbox"/>
25618	12/02/19	1242	EVP-32014	EVP-00014	137	Limpieza mecánica de evaporador - Limpieza química de evaporador - Prueba hidrostática d	<input type="checkbox"/>
25617	16/02/19	1241	FT-0509	TMF-00053	137	Cambio de válvula de 1.1/2" de toma muestra ph	<input type="checkbox"/>
25616	13/02/19	1242	EVP-32008	EVP-00008	137	Limpieza mecánica de evaporador - Limpieza química de evaporador - Prueba hidrostática d	<input type="checkbox"/>
25614	16/02/19	1611	TRC-3353	TRC-00053	19	CAMBIO DE TERMINAL DE DIRECCION (DAÑADO)	<input type="checkbox"/>
25613	16/02/19	1418	CMN-3314	CMN-00009	103	CAMBIO DE TERMINALES DE DIRECCION	<input type="checkbox"/>
25611	16/02/19	1221	BMB-11008	BMB-00439	168	Cambio de acople	<input type="checkbox"/>
25610	16/02/19		VEH-4375	VEH-00061	92	REVISAR FALLA DE ARRANQUE	<input type="checkbox"/>
25609	16/02/19		CMN-4303	CMN-00012	41	SOLDAR ESCAPE	<input type="checkbox"/>

Tipo trabajo  Emp. Asignado 1

Proceso Clarificación Emp. Asignado 2

Supervisor Carlos Lopez Emp. Asignado 3

Equipo Transmisor de PH, ABB, TV84PH2000200, 603092299 Emp. Asignado 4

Funcion Ph jugo encalado (PHT-0504) % Avance 0 Creada el 16/02/19 19:28 Prioridad :

**Bitácora:** Para la época de zafra los supervisores mecánicos de turno y área fabrica describen las actividades e intervenciones realizadas durante su turno, por lo que se diseñó la siguiente pantalla para que la información quede registrada en el sistema.

**Bitácora** Zafra :  Equipo :  Supervisor :  Actividad :

No	Fecha	Turno	Responsable	Sistema
375	17/02/2019	De 10:00 pm a 06:00 am	137 Daniel Arriola Castillo	FABRICA
374	16/02/2019	De 02:00 pm a 10:00 pm	48 Ronnie Hernandez	FABRICA
373	16/02/2019	De 02:00 pm a 10:00 pm	5 Daniel Gonzalez	MECANICA

Archivos

No.	Tipo	Nombre
	IMAGEN	

**Actividades realizadas en el turno**

Sup.	Equipos	Tipo Intervención	Hora Inicio	Hora Fin
83	MLN-00011	Correctivo	10:30	14:00
48	BMB-00245	Correctivo	16:00	16:30
48	CTF-00009	Correctivo	20:00	21:00
48	CTF-00015	Correctivo	16:00	21:00
137	CCD-00003	Correctivo	02:45	03:30
137	CTF-00019	Petición (Servicio)	03:00	05:30
137	TCH-00005	Petición (Servicio)	02:30	03:30
137	EVP-00008	Operativo	00:00	05:30
137	TCH-00011	Petición (Servicio)	04:00	05:00

Descripción  
Queda embancado molino sweco, por fuga en válvula check

Condición Final  17/11/2018

Sup. finaliza  Fecha finalización

Función :  
Molino de preparación de masilla 5 (MLN-33005) Molino

**Ordenes de trabajo**

OT	Equipo

Fecha apertura :