

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA



*Diseño de un Modelo de Gestión de Mantenimiento  
para la empresa Explotec S.A.*

Informe de Práctica de Especialidad para optar por el Título:  
Ingeniera en Mantenimiento Industrial, grado Licenciatura

Fabiola Meneses Fernández

Cartago, Costa Rica, 2016

Carrera evaluada y acreditada por:

Canadian Engineering Accreditation Board Bureau Canadien d'Accréditation des Programmes  
d'Ingénierie



**CEAB**

**Profesor Guía**

**Ing. Juan Pablo Arias Cartín.**

**Asesor Industrial**

**Sr. Daniel Cruz Porras.**

**Tribunal Examinador**

**Ing. Carlos Piedra Santamaría.**

**Ing. Luis Gómez Gutiérrez.**

## **INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE Y LA EMPRESA**

### **Información del estudiante**

Nombre: Fabiola Angélica Meneses Fernández.

Cédula: 2-698-575

Carné TEC: 201021593

Teléfono celular: (+506) 8816-6915

Correo electrónico: [fmeneses1404@gmail.com](mailto:fmeneses1404@gmail.com)

### **Información del proyecto**

Nombre del proyecto: “Diseño de un Modelo de Gestión de Mantenimiento para la empresa Explotec”

Profesor asesor: Ing. Juan Pablo Arias Cartín.

Horario de trabajo del estudiante: Lunes a Viernes: 7:30 am -5:30 pm.

### **Información de la empresa**

Dirección: 2 kilómetros al oeste del Ebais de Volio en San Ramón, Alajuela.

Teléfono: (506)2456-0000

Actividad Principal: Producción venta y asesoría en el uso de explosivos.

## Dedicatoria

*A Dios por siempre cuidarme y bendecirme.*

*A mis padres Rodrigo y Angélica y a mis hermanos Rodrigo y Alejandra. Porque son lo más importante que tengo en la vida. Mi fortaleza para vencer cualquier obstáculo  
¡Los amo!*

## Agradecimientos

*A Dios por haberme permitido alcanzar una meta más.*

*A mis padres por ser incondicionales, por enseñarme lo que no se aprende en las aulas y por tanta ayuda. Gracias por tanto amor y por haber formado un hogar lleno de tanto cariño y respeto. Sin ustedes nada de esto lo hubiera logrado.*

*A mis hermanos, por ser personas excepcionales, por darme una razón para luchar y por su cariño y apoyo siempre.*

*A mis abuelos, primos y tíos que de una u otra manera siempre me ayudaron en esta etapa.*

*A mis amigos Ire, Sophi, Danni, Lia, Vera y Oscar por tantos momentos vividos y por su valiosa amistad.*

*A mis amigos de Mante, Pablo J, Minos, Alonso, Cristian, Alfredo y Pablo R por todo el esfuerzo y ser parte de esta etapa.*

*A los profesores quienes contribuyeron a mi formación profesional y al profesor tutor Juan Pablo Arias por su gran aporte y orientación en el desarrollo de mi proyecto.*

*A la empresa Explotec, en especial al Sr. Daniel Cruz Porras, Gerente General por permitirme realizar mi práctica profesional y darme la oportunidad de crecer profesionalmente y a todo el personal por su buen trato y aporte técnico.*

*Y a todos los que conocí en el camino, gracias.*

## Índice General

Capítulo 1. Generalidades de la empresa .....	16
1.1 Manifiesto de la empresa .....	17
1.2 Descripción del proceso productivo.....	18
1.3 Descripción del proyecto .....	19
1.4 Objetivos del Proyecto .....	21
1.4.1 Objetivo General: .....	21
1.4.2 Objetivos Específicos:.....	21
1.5 Alcance del proyecto.....	21
1.6 Estado actual del mantenimiento en la empresa. ....	22
Capítulo 2. Concepto sobre el Modelo de Gestión de Mantenimiento .....	24
2.1 Concepto de modelo de gestión de mantenimiento.....	24
Capítulo 3. Evaluación de la Situación Actual .....	27
3.1. Solución propuesta .....	34
Capítulo 4. Análisis de Modos y efectos de fallas potenciales.....	36
4.1 Definición y aspectos generales.....	36
4.2 Criterios de evaluación del AMEF .....	39
i. Severidad (S).....	39
4.2.1 Ocurrencia (O) .....	42
4.2.2 Detección(D).....	42
4.2.3 Criterio de evaluación del NPR .....	44
4.3 Aplicación del AMEF .....	45
4.3.1 Equipo por estudiar .....	45

4.3.2	Formato utilizado.....	48
4.4	Resultados del AMEF .....	48
Capítulo 5.	Manual de mantenimiento preventivo.....	51
5.1	Ficha técnica.....	51
5.1.1	Encabezado: .....	51
5.1.2	Información descriptiva: .....	52
5.1.3	Registro de falla: .....	52
5.2	Planes de Mantenimiento Preventivo .....	53
5.2.1	Especificación del equipo.....	53
5.2.2	Labores por realizar .....	55
5.2.3	Frecuencia .....	55
5.2.4	Personal requerido.....	56
5.3	Hojas de inspección .....	56
5.4	Programación del mantenimiento y optimización en la asignación de los recursos	57
5.5	<i>Software</i> de Mantenimiento Preventivo .....	60
Capítulo 6.	Propuesta de Modelo de Gestión de Mantenimiento .....	61
6.1	Organización y definición de responsabilidades .....	61
6.1.1	Organigrama .....	61
6.1.2	Descripción y responsabilidades de los puestos .....	62
6.1.3	Departamento de mantenimiento .....	65
6.2	Modelo de Gestión de Mantenimiento Planteado .....	66
	.....	68
6.3	Propuesta de indicadores.....	69
Capítulo 7.	Control de bodegas.....	71
7.1	Propuesta de trabajo.....	71

7.2	Bodega de herramientas mayores .....	72
7.3	Bodega de herramientas menores .....	74
Capítulo 8.	Análisis Económico .....	75
8.1	Impacto del modelo de gestión y los planes de mantenimiento .....	75
8.2	Mejoramiento en la línea de producción mediante la implementación de una Ensayadora .....	76
8.2.1	TIR y VAN .....	78
Capítulo 9.	Conclusiones .....	80
Capítulo 10.	Recomendaciones .....	81
Capítulo 11.	Bibliografía .....	82
Apéndices	.....	84
Apéndice 1:	Fichas Técnicas .....	85
Apéndice 2:	Programa de Mantenimiento .....	107
Apéndice 3:	Hojas de inspección Periódicas .....	116
Apéndice 4:	Formato para las Ordenes de trabajo .....	130
Apéndice 5:	Formato para el control de herramientas y consumibles .....	132
Anexos	.....	135
Anexo 1:	Evaluación de la norma Covenin 2500-93 .....	136
Anexo 2:	Análisis de modos y efectos de fallas para la línea de producción de Anfo de la empresa Explotec.....	165
Anexo 3:	Inventario de bodegas .....	191
Anexo 4:	Análisis Económico .....	197
Anexo 5:	Cotizaciones de Ensayadoras .....	200
Anexo 6:	Diagrama de Gantt .....	208



## Índice de figuras

Figura 1-1: Proceso Productivo de la fabricación del Anfo.....	18
Figura 2-1: Fases del Modelo de Gestión.....	25
Figura 2-2: Ciclo de Trabajo de Mantenimiento .....	26
Figura 4-1: Esquema de proceso de aplicación del AMEF .....	37
Figura 5-1: Especificación del equipo para el programa de mantenimiento .....	53
Figura 6-1: Organigrama propuesto para la empresa Explotec .....	62
Figura 6-2: Relación de la Gerencia de Operaciones con los demás departamentos .....	63

## Índice de tablas

Tabla 1-1: Equipo utilizado en el proceso productivo.....	19
Tabla 3-1: Áreas y principios básicos evaluados en la norma COVENIN 2500-93 .....	29
Tabla 3-3: Continuación del resumen de la puntuación obtenida por cada área.....	31
Tabla 4-1 Criterio de evaluación de severidad.....	41
Tabla 4-2: Criterio de evaluación para la ocurrencia de una causa de falla .....	42
Tabla 4-3 Criterio de evaluación para la detección.....	43
Tabla 4-4: Criterio de evaluación del NPR.....	44
Tabla 4-5: Descripción del equipo a estudiar.....	46
Tabla 4-6 Descripción del equipo a estudiar.....	47
Tabla 4-7: Formato utilizado para en análisis de modos, efectos y fallas. ....	48
Tabla 5-1: Codificación utilizada para el programa de mantenimiento.....	54
Tabla 5-2: Nomenclatura utilizada para los periodos de tiempo .....	55
Tabla 5-3: Nomenclatura utilizada para el personal asignado .....	56
Tabla 5-4: Nomenclatura para los días semanales utilizada en las inspecciones de mantenimiento.....	57
Tabla 5-5: Nomenclatura utilizada en las inspecciones de mantenimiento .....	57
Tabla 7-1: Formato para el control de la bodega de herramientas mayores .....	73
Tabla 7-2: Formato propuesto para los consumibles ubicados .....	74
Tabla 8-1: Costo actual implicado a tiempo de paro por averías .....	75
Tabla 8-2: Costos del ahorro mensual para dos escenarios de personal, al implementar los manuales de mantenimiento preventivo .....	76
Tabla 8-3: Costo de operación para el sistema actual de llenado de anfo en comparación con el sistema con ensacadora.....	77
Tabla 8-4: Costo del consumo mensual de energía del sistema de llenado de Anfo actual.	78

Tabla 8-5: Tabla comparativa del TIR y el VAN de los dos escenarios posibles en la mejora del sistema de llenado de anfo..... 79

## Índice de gráficos

Gráfico 3-1: Resultado de la evaluación del Mantenimiento .....	33
Gráfico 5-1: Horas estimadas de mantenimiento preventivo.....	58
Gráfico 5-2: Horas promedio dedicadas a mantenimiento .....	59

## **Glosario**

AMEF: Análisis de Modos y Efectos de Fallas.

Anfo: Mezcla de nitrato de amonio con combustible fosil diesel.

NPR: Número de prioridad del riesgo.

SAE: Society of Automotive Engineers. (Sociedad de ingenieros en Automoción)

ISO: International Organization for Standardization. (Organización Internacional de Estandarización)

## **Resumen Ejecutivo**

En la actualidad, los altos estándares de calidad y la competencia en el mercado, han generado que las empresas a nivel mundial, busquen disminuir los costos de producción, sin perjudicar la calidad del producto, evitando a toda costa imprevistos que puedan afectar el servicio al cliente. A su vez, con el crecimiento del mercado, la maquinaria se ve obligada a llevar un alto rendimiento garantizando, además de su disponibilidad y confiabilidad. Es aquí donde una buena gestión del mantenimiento, se vuelve una inversión, para garantizar cero imprevistos y alcanzar los objetivos de la empresa.

Explotec es el líder centroamericano en la elaboración de explosivos, quien ha tenido un crecimiento exponencial en el mercado tanto nacional como internacional, de forma que, busca su mejora continua para satisfacer las necesidades de sus clientes. Por este motivo, en el presente trabajo, se realizó un Modelo de Gestión de Mantenimiento para la empresa. Donde se logra integrar el mantenimiento a la organización, mediante la creación del departamento de mantenimiento y una propuesta de cambio organizacional de la misma.

Como parte del modelo de gestión, se desarrolló un análisis de modos de efectos y fallas (AMEF) para garantizar la seguridad requerida en el proceso productivo, debido al cuidado que conlleva el manejo de productos explosivos. Esta seguridad debe considerarse primordial en todos ámbitos de la empresa y el mantenimiento no es la excepción.

Mediante el AMEF, se analizaron todas las posibles fallas que se pueden presentar en la línea de producción y utilizando la norma SAE J 1739 para la evaluación de la criticidad de los resultados, se determinan los planes de mantenimiento preventivo, las fichas técnicas, las inspecciones periódicas, el personal requerido para el departamento de mantenimiento y mejoras en la línea de producción donde se obtuvieron los resultados con mayor criticidad.

Se realiza un plan de 5 S en las bodegas de herramientas de mantenimiento y la bodega de consumibles de mantenimiento, dentro de los entregables a la empresa, respecto a este tema, se propuso una estandarización y un formato para el control de entradas y salidas de ambas bodegas.

Se pudo determinar que, con mejoras en ciertos sistemas de la línea de producción, se lograrían ahorros significativos con un tiempo de recuperación menor a los dos años. Al igual

que con la implementación de los planes de mantenimiento se generarían ahorros representativos para la economía de la empresa.

*Palabras claves: Modelo de Gestión de Mantenimiento, Disponibilidad, Confiabilidad, Planes de Mantenimiento. AMEF*

## **Abstract**

At present, the high quality standards and the competition in the market, have generated that world-wide companies keep finding ways for the reduce of production´s costs, without harming the quality of the product, avoiding at all costs, unexpected issues that affect the client´s service. With the growth of the market, the machinery has been forced to carry a high performance guarantee, in addition to its availability and reliability. Here is where good maintenance management becomes an investment, to guarantee zero unforeseen and achieve the objectives of the company.

Explotec is the Central American leader in the development of explosives, which has had an exponential growth in the national and international market, so that it seeks its continuous improvement to achieve the needs of its customers. For this reason, in this document, a Maintenance Management Model was performed for the company. Where it is possible to integrate the maintenance to the organization, through the creation of the maintenance department and a proposal of organizational change of itself.

As part of the management model, an analysis of the modes of effects and failures (AMEF) was developed to guarantee the safety required in the production process, due to the careful handling of the explosive products. This safety should be considered paramount in all areas of the company and maintenance is no exception.

Through the AMEF, there are analyzed all the possibilities that can be presented in the productive line and the application of the standard SAE J 1739 for the evaluation of the criticality of the results, they determine the plans of preventive maintenance, the datasheets, the periodical inspections, the staff required for the maintenance department and improvements in the design of the productive line where the results were obtained with the mayor criticality.

A plan of 5 S is carried out in the maintenance tools warehouses and the maintenance consumables warehouse, within the deliverables to the company, with respect to this subject, a standardization and a format for the control of inputs and outputs were proposed. wineries

It was found that, with some improvements in certain productive line systems, significant savings were achieved with a recovery time less than two years. As with the implementation of maintenance plan, representative savings are generated for the company's economy.

*Key Words: Model Maintenance Management, Availability, Reliability, Maintenance Plans.  
AMEF*



## Capítulo 1. Generalidades de la empresa

Explotec inició operaciones, en marzo del 2002. Incursionó en el mercado costarricense con pruebas gratuitas para los clientes potenciales y mejoras sustanciales en el empaque y servicios relacionados a la venta de los productos, respecto a su principal competencia.

Para el 2003, la empresa contaba con 8 trabajadores y ofrecía 3 líneas de productos:

- Accesorios para voladura, lo cual es fragmentar roca mediante explosivos,
- emulsiones sensitivas y no sensitivas
- Mezcla de nitrato de amonio y algún combustible fósil llamado Anfo debido a sus siglas en inglés (Ammonium Nitrate and Fuel Oil).

El 8 de febrero de ese mismo año, en el Tajo El Común en Guachipelín de Escazú se realiza la actividad de lanzamiento de Explotec S.A. donde se llevó a cabo la primera voladura oficial de la empresa.

Después de esto, se inició el camino de crecimiento y el mercado costarricense empezó a parecer pequeño para el potencial que exponía la empresa. Por esta razón, en el mismo 2003, se inicia la expansión hacia Centroamérica con las primeras exportaciones hacia Nicaragua.

En busca de la expansión internacional, se inicia una relación comercial con la empresa Dyno Nobel, la cual poco tiempo después fue adquirida por la gigante transnacional ORICA, lo cual contribuyó al afianzamiento de Explotec en Centroamérica.

En 2005, se realiza la primera exportación a Panamá. Un año después fue necesario abrir nuevas instalaciones ubicadas en Alajuela que albergaban cerca de 20 trabajadores.

Durante el 2007, Explotec abre oficinas en Nicaragua e inaugura el primer polvorín fuera de Costa Rica. En este mismo año diversifica la oferta de productos con la introducción de cemento expansivo entre los productos comercializados y nace la empresa hermana Gruatec, la cual se dedica a la venta y alquiler de grúas. Para el 2009 Explotec abre oficinas en El Salvador.

En el 2011, además de iniciar exportaciones hacia Honduras, la empresa concluye la construcción de la nueva sede principal en instalaciones propias, ubicadas en San Ramón de Alajuela.

Durante el 2014, abre oficinas en Honduras y se consolida indiscutiblemente como el líder centroamericano en explosivos para obras de ingeniería.

El 2014 da la bienvenida a otra diversificación en los productos con el inicio de la comercialización de aceros de barrenación.

En el 2016, adquiere la primera máquina perforadora de gran diámetro (track drill) lo que le permite brindar directamente el servicio con la calidad que garantiza Explotec S.A.(Explotec, 2016)

### **1.1 Manifiesto de la empresa**

“En Explotec creemos que antes que un producto, damos un servicio. Un servicio basado en las necesidades de nuestros clientes.

Nos preocupamos por darles soluciones a tiempo que involucren no solo lo que piensan, sino también lo que sienten. Por eso, desarrollamos una plataforma integral de soluciones para la fragmentación de roca, que incluye explosivo, acero y equipo.

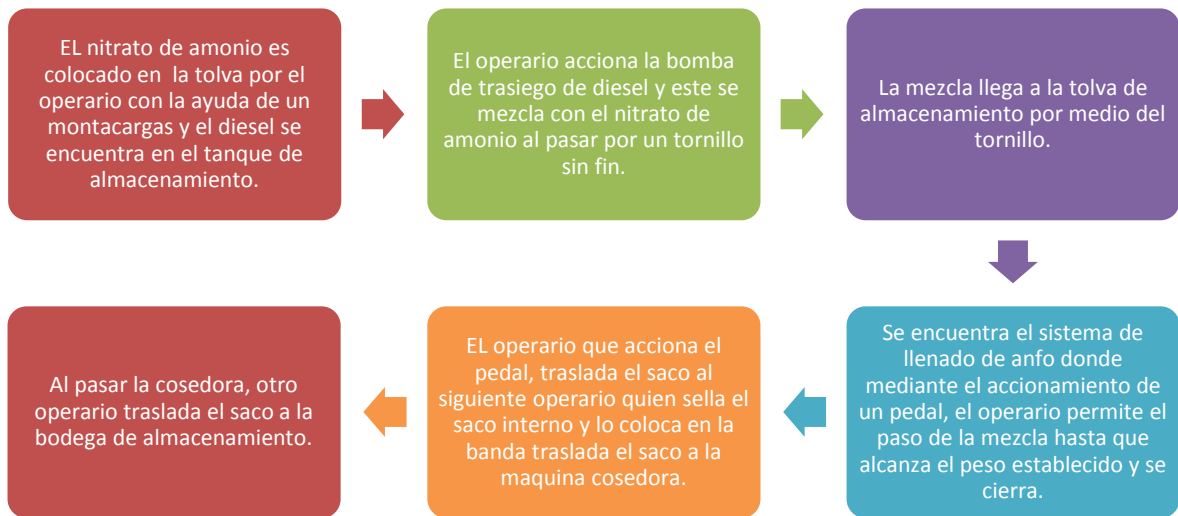
Creemos que cualquier ejecución para nuestros clientes, debe garantizar el mejoramiento de su proyecto y debe satisfacer todas sus necesidades.

Nuestro equipo trabaja en aplicar e intensificar esa filosofía, cada producto, un servicio, para hallar soluciones efectivas a lo que requieren. Así, creemos estar desarrollando proyectos que son una garantía real para nuestros clientes. Tenemos la responsabilidad de seguirlo haciendo.”

## 1.2 Descripción del proceso productivo

El proceso productivo de la mezcla de nitrato de amonio con diesel (Anfo), listo para entregar al cliente se muestra en el siguiente diagrama de flujo.

**Figura 1-1: Proceso Productivo de la fabricación del Anfo**



**Fuente: Elaboración propia, Word 2014.**

El tanque que contiene el diesel cuenta con un flujómetro para determinar la cantidad de combustible ubicada en el tanque de almacenamiento. Y los equipos involucrados en el proceso productivo se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 1-1: Equipo utilizado en el proceso productivo**

Familia	Código	Descripción
FABRICA DE AMFO	MA-001	Bomba de Diesel
FABRICA DE AMFO	MA-002	Bomba Hidráulica
FABRICA DE AMFO	MA-003	Variador de frecuencia eléctrica WEQ/ Mod FW10 Easydrive
FABRICA DE AMFO	MA-004	Motoreductor del tornillo 1 marca WEQ/7.5 HP/Trifásico/ 240 voltios
FABRICA DE AMFO	MA-005	Motoreductor del colochó marca Marathon/ 1.5 HP/ monofásico/ 220 voltios
FABRICA DE AMFO	MA-006	Medidor de flujo marca Tuthill/ Mod CC56
FABRICA DE AMFO	MA-007	Medidor de flujo marca Tuthill/ Mod CC56
FABRICA DE AMFO	MA-009	Motoreductor del tornillo 2 WEQ/ 5 HP/ trifásico
FABRICA DE AMFO	MA-010	Motoreductor para la banda transportadora de ANFO WEQ/ 2 HP/ trifásico/ 220 voltios/ 90 grados
FABRICA DE AMFO	MA-011	Impresora de sacos Video Jet/ Modelo 1220
FABRICA DE AMFO	MA-013	Cosedora de sacos Union Special/ Serie 80800RL
FABRICA DE AMFO	MA-014	Compresor de aire de pistón Quincy/ Mod QT-54/ 5 HP/ 230 voltios
FABRICA DE AMFO	MB-035	Motor para diesel marca Jabsco
FABRICA DE AMFO	MB-036	Motoreductor Marathon Electric /HP1.5/ Mod 5KCR49WNO297EU
FABRICA DE AMFO	MB-037	Motor Marathon Electric HP3/4 Mod 5KC49PN0114CY
FABRICA DE AMFO	MQ-027	Máquina cosedora manual
FABRICA DE AMFO	MQ-028	Máquina cosedora manual
FABRICA DE AMFO	MQ-029	Máquina cosedora manual
FABRICA DE AMFO	MQ-030	Romana Ballar de 500 kilos
FABRICA DE AMFO	MQ-060	MOTOR MOF FLAN WEG 1800 3.00HP PARA FABRICA DE ANFO
FABRICA DE AMFO	MQ-061	VARIADOR DE FRECUENCIA 3HP 240 V TRIFASICO
FABRICA DE AMFO	MQ-062	PLC (RELE ZELIO 100...200V Y MODULO DE EXTENSION
FABRICA DE AMFO	MQ-066	BOMBA DIESEL
FABRICA DE AMFO		Bandas transportadoras

**Fuente: (Explotec, 2016)**

### 1.3 Descripción del proyecto

El diseño de un modelo de gestión de mantenimiento para la empresa Explotec, consiste en integrar el mantenimiento al sistema de trabajo de la empresa, para esto primero se deben determinar las razones del porqué no se realizan los planes de mantenimiento. Para esto se realizará un diagnóstico del estado actual, tanto de la organización de la empresa como del mantenimiento, mediante la aplicación de la norma Covenin 2500-93. Una vez obtenidos los resultados, se definirá un plan de acción con el fin de lograr que la empresa cuente con una cultura organizacional dispuesta y anuente a cumplir los planes de mantenimiento que mejoren la productividad y la disponibilidad de los equipos del proceso productivo.

Para el diseño de los planes de mantenimiento y determinación del personal y horas requeridas para el cumplimiento del mismo, se realizará un Análisis de Modos y Efectos de Fallas para determinar los equipos críticos y poder abarcar todas las posibles fallas que se pueden

presentar en el proceso, este análisis se realizará para todo el sistema de la línea de producción.

Actualmente, la empresa no cuenta con un departamento de mantenimiento. En ocasiones han tenido planes de mantenimiento preventivo, sin embargo, no se hizo uso de ellos. Además de una falta en la administración del mantenimiento, se da dentro de la cultura de la empresa, una ausencia de disciplina para cumplir con las rutinas de planes de mantenimiento programado. Se espera que, al realizarse este proyecto, se establezca un departamento de mantenimiento donde se defina la misión y visión de la empresa, el organigrama del departamento, codificación, estructura de costos, documentos y registro que se encargue de las programación, realización y control de los planes de mantenimiento. Así también, establecer una disciplina del cumplimiento del mantenimiento, en todas las personas involucradas en el mismo.

Para la mejora de sistema de mantenimiento, se propone utilizar un *software* de mantenimiento como herramienta para la organización del mismo, ya que la empresa no cuenta con registros de averías, ni implementan indicadores de mantenimiento para la retroalimentación.

Se realizará un plan de “5 s” para determinar con qué repuestos se cuenta en bodega y la estandarización para disminuir tiempos de búsqueda de herramientas de mantenimiento y evitar comprar consumibles que existen, pero, que se desconoce su ubicación dentro de la empresa.

Es de suma importancia establecer el mantenimiento para garantizar la disponibilidad de los equipos debido a que el producto que se genera es un agente explosivo. Una falla en algún equipo implica además de una pérdida económica, un riesgo a la seguridad de la empresa.

## **1.4 Objetivos del Proyecto**

### **1.4.1 Objetivo General:**

Diseñar un Modelo de Gestión de Mantenimiento para la empresa Explotec, que le permita generar valor y apoyar el cumplimiento de los objetivos de la organización.

### **1.4.2 Objetivos Específicos:**

- I. Identificar los elementos que forman parte del modelo de gestión y sus interrelaciones.
- II. Definir las estrategias de mantenimiento que permiten a la organización el cumplimiento de los objetivos.
- III. Garantizar la sostenibilidad del servicio de mantenimiento por medio de una estrategia de cambio organizacional.
- IV. Optimizar la gestión del mantenimiento mediante herramientas de software de mantenimiento y control de bodega de repuestos y de herramientas.

## **1.5 Alcance del proyecto**

El proyecto por realizar, tiene como alcance el diseño de un Modelo de Gestión de Mantenimiento, de forma que se le brindará a la empresa, herramientas y técnicas para gestionar el mantenimiento del equipo involucrado en el proceso productivo de la empresa.

Al crear un plan de integración del mantenimiento al sistema de la empresa y proponer soluciones de acuerdo con los puntos débiles que se determinen en el desarrollo del proyecto, se determinará la mejor forma de crear una disciplina en el mantenimiento de los activos de la empresa.

Se entregarán los planes de mantenimiento preventivo diseñados para cada equipo descrito en capítulos más adelante, así como se realizará un estudio del tiempo requerido para las labores de mantenimiento donde se determinará si el personal actual es el adecuado y si es factible subcontratar el mantenimiento. Para el diseño de los planes de mantenimiento, se realizará un análisis de modos y efectos de fallas potenciales con el fin de reconocer los equipos críticos y poder determinar mejoras en el proceso productivo.

Se realizará un documento en el programa que sea de conveniencia, para realizar un registro del mantenimiento, con el fin de llevar un control y un orden en el departamento de

mantenimiento y como complemento de este fin, se propondrá un manejo de bodegas basado en el plan de 5 s realizado.

Al finalizar este proyecto, se entregará un modelo de gestión de mantenimiento donde se documente cómo integrar dicho departamento de mantenimiento y que el mismo cuente con los registros y los planes de correspondientes para lograr crear un impacto en la empresa. Ya que con dichos planes y la culturalización del mantenimiento se espera mejorar la disponibilidad de los equipos y ver reflejada la importancia del departamento al crear un beneficio económico a la empresa.

### **1.6 Estado actual del mantenimiento en la empresa.**

Actualmente, la empresa no cuenta con un departamento de mantenimiento, las tareas que le corresponden las coordinan la persona encargada de producción y el técnico encargado del mantenimiento. Dependiendo del personal que producción no esté requiriendo, se le asignan tareas de mantenimiento a dichas personas.

Se cuentan con diez operarios disponibles, los cuales trabajan en producción, mantenimiento, trabajos de campo en voladura y entrega de producto. La tarea por realizar de cada operario es asignada el propio día, usualmente cuatro personas son asignadas al proceso productivo y el resto son asignadas a voladuras, entregas o a labores de mantenimiento.

Existen tiempos muertos que se dan tanto en la mañana como en la tarde, ya que en el tiempo luego de realizar las cargas de material a los camiones de entrega y el tiempo de espera para la llegada de la custodia. Por este motivo quedan usualmente dos personas para labores varias, a las cuales se les asigna los trabajos de mantenimiento, sin embargo estas tareas no son programadas de acuerdo con el tiempo que disponen y los operarios no pueden finalizar las labores, a esto se le suma el tiempo que tardan en encontrar las herramientas requeridas, debido a la falta de organización de las mismas.

En la tarde cuando regresan los choferes, se les debe asignar alguna tarea, si producción no tiene labores pendientes recurren a mantenimiento, el horario aproximado de retorno de los choferes es entre 2 y 3 pm, lo que genera que estas personas trabajen dos horas aproximadamente en estas labores, esto causa que las tareas de mantenimiento no se logren terminar y queden pendientes para la próxima oportunidad que haya que realizar mantenimiento.

El personal es rotativo en las labores, lo que implica que ningún operario tiene un puesto fijo, lo que es una ventaja ya que de esta forma siempre están realizando tareas diferentes y se vuelve menos monótono el trabajo. Sin embargo, es una desventaja si no se está bien organizado, en este caso, el departamento de mantenimiento, de forma que es más difícil llevar un registro y un control de las tareas de mantenimiento.

Se cuenta con un Gantt de labores de mantenimiento con las tareas que se deben realizar diariamente, semanales, mensuales, trimestrales y anualmente. Sin embargo, estas tareas no se realizan debido a que no hay personal definido para las labores.

El principal problema detectado es la ausencia de un departamento de mantenimiento, con personal asignado para estas labores, así como una ausencia de un único jefe para los operadores. Estos reciben mandatos tanto del encargado de producción, del departamento de logística y del encargado en mantenimiento. Esto principalmente se debe a que, en el organigrama de la empresa, el jefe de los operarios es el encargado de planificación, sin embargo, este puesto se encuentra vacante, lo que conlleva a asumir las labores de cada trabajador según convenga a los encargados superiores.



## **Capítulo 2. Concepto sobre el Modelo de Gestión de Mantenimiento**

### **2.1 Concepto de modelo de gestión de mantenimiento**

Para lograr una correcta administración del mantenimiento se debe lograr la unión de distintos aspectos que cada uno cumple, un fin definido pero unidos se logran complementar y gestionar una labor eficiente.

En la historia del mantenimiento, distintos autores han realizado modelos de gestión de mantenimiento donde lo que buscan es abarcar todas las actividades destinadas a determinar los objetivos y prioridades del mantenimiento. Se sugieren distintas estrategias y responsabilidades con el fin de facilitar la planificación, programación y control de la ejecución del mismo.

En el modelo propuesto en el artículo (A. Crespo Márquez, 2009) este consta de ocho fases, las cuales se muestran en la Figura 2-1 y define que el proceso de la gestión del mantenimiento cuenta con ocho etapas, la primera consiste en la definición de los objetivos y estrategias del mantenimiento, las cuales están directamente relacionadas con el plan de negocio de la empresa. La segunda y tercera fase hace referencia a la jerarquización de equipos por criticidad de falla e importancia en el proceso y al análisis de puntos débiles en dichos equipos de alto impacto. De esta forma se puede hacer énfasis y tener controlados, al menos al principio, los equipos de mayor importancia. Conforme se realiza la mejora continua, se van incluyendo los demás equipos, hasta abarcarlos todos.

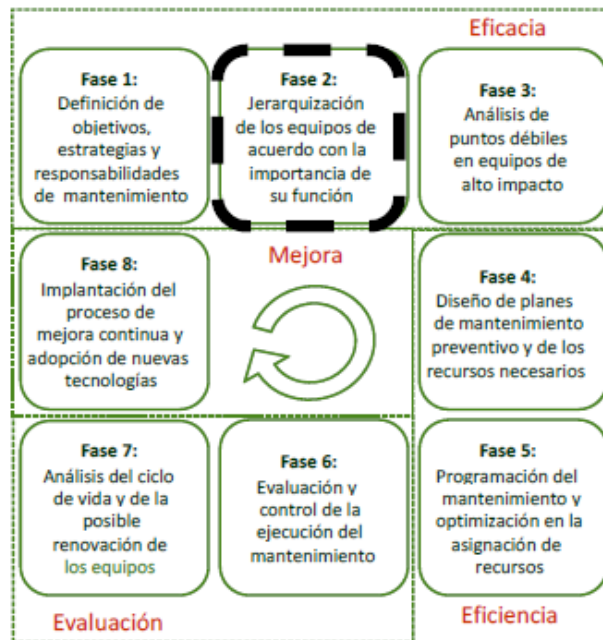
La cuarta y quinta fase abarca el diseño y programación de los planes de mantenimiento preventivo, así como, la asignación de los recursos necesarios para ser implementados.

Para el éxito de la gestión del mantenimiento en una organización, depende de esta primera parte y determina la efectividad de los planes, la programación y organización de mantenimiento. Esta efectividad refleja en qué medida la organización cumple sus objetivos y las necesidades de la empresa. Todo lo anterior se mide en la calidad del servicio que se le brinda al cliente.

Una vez implementados los planes de mantenimiento, se realiza la evaluación y control de la ejecución del mantenimiento, así como el análisis del ciclo de vida de los equipos y se puede analizar posibles renovaciones. Estos son parte de la fase 6 y 7 del modelo de gestión mientras la implementación del proceso de mejora continua es la última fase donde también se adoptan

nuevas tecnologías. En este aspecto es cuando se manifiestan las habilidades de solución de problemas y el cumplimiento con la programación del mantenimiento, lo que disminuirá los costos relacionados con el mantenimiento y minimizar el desperdicio.

**Figura 2-1: Fases del Modelo de Gestión**



**Fuente: (A. Crespo Márquez, 2009)**

Estas fases son utilizadas para la realización del modelo de gestión en la empresa, de manera que, a lo largo del proyecto, se utilizan distintas técnicas para la realización de cada fase.

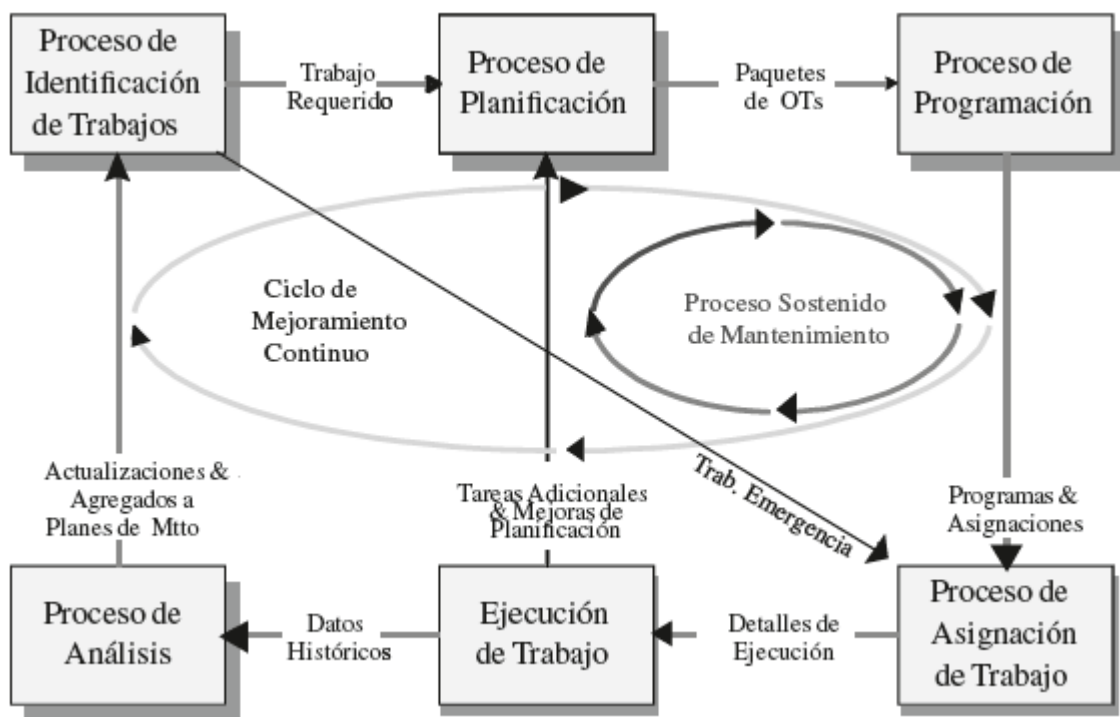
Según los autores de *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo*, dicho mantenimiento es un sistema linealmente dependiente de factores ligados a la gestión del mantenimiento, así como de factores internos y externos a la organización. Por lo que se debe buscar la integración de la gestión del mantenimiento al sistema.

En el artículo previamente mencionado, describen dos ciclos de trabajo de mantenimiento basados en la norma ISO 9001-2008. El primer ciclo es denominado como Ciclo Habitual de Mantenimiento y el segundo es conocido como el Ciclo de Mejoramiento Continuo, el cual

puede considerarse como continuación del primero. En estos ciclos de trabajo se distinguen aspectos importantes por considerar para la elaboración de cualquier modelo de gestión de mantenimiento.

El ciclo Habitual de Mantenimiento define la secuencia lógica de proceso operativo de las actividades de mantenimiento, las cuales son indispensables en cualquier modelo de gestión. Estas están conformadas por la planificación, la programación, la asignación de labores y la ejecución de las mismas. El ciclo de Mejoramiento Continuo, agrega el proceso de análisis del proceso para implementar mejoras, así como la nueva asignación de tareas para desarrollar las mejoras propuestas. En caso de imprevistos de labores críticas que deben ser realizadas inmediatamente, existe una conexión directa de la identificación de labores a la asignación de trabajo. Estos ciclos previamente mencionados, se presentan en la siguiente figura, que indica cómo realizar una propuesta de un modelo de gestión,

**Figura 2-2: Ciclo de Trabajo de Mantenimiento**



Fuente: (Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera, & Crespo, 2013)

### Capítulo 3. Evaluación de la Situación Actual

Es necesario realizar una evaluación del estado actual del mantenimiento para tener un punto de partida y determinar los motivos por los cuales no se realiza una correcta gestión del mantenimiento. Esto se hace con el fin de lograr una mejora lo más acertadamente posible a la situación real de la empresa. Para realizar esta evaluación se utilizará la norma venezolana COVENIN 2500-93, propiamente denominada como “El Manual para Evaluar los Sistemas de Mantenimiento en la Industria”.

Dicha norma analiza distintos factores que influyen en el desarrollo del mantenimiento tales como la organización de la empresa, la organización de las funciones de mantenimiento, la planificación, programación y control de las actividades de mantenimiento, así como la competencia del personal.

Se define como principio básico el concepto que refleja las normas de organización y funcionamiento, sistemas y equipo que deben existir y aplicarse para lograr los objetivos del mantenimiento. Además, se definen los principios básicos para cada factor que influye en el mantenimiento. Estos principios contemplan distintos aspectos llamados deméritos, que al realizarse u omitirse, influyen en la evaluación de cada principio básico. Al respecto es necesario definir términos que son utilizados en la evaluación, para un mejor entendimiento de los rubros por evaluar. Estos son obtenidos de la norma venezolana COVENIN 3049-93 y se definen a continuación.

**Mantenimiento Rutinario:** Es el mantenimiento que comprende labores diarias o semanales tales como lubricación, limpieza y ajustes al equipo. Dichas tareas, deben de estar estandarizadas y controladas. Usualmente es un mantenimiento autónomo ya que es realizado por el operario encargado de la máquina.

**Mantenimiento programado:** El mantenimiento programado se define como el tipo de mantenimiento brindado a los equipos, basado principalmente en las recomendaciones de los fabricantes y las experiencias tenidas con el equipo con el transcurrir del tiempo. Estas tienen una frecuencia en periodos desde quincenales hasta anuales y son realizadas por la organización de mantenimiento.

**Mantenimiento por avería:** Es el tipo de mantenimiento realizado al equipo debido a una falla que imposibilita la producción, por lo que se debe realizar de manera inmediata. Este mantenimiento implica paradas innecesarias y aumento de costos para la empresa.

**Mantenimiento Correctivo:** Implica el mantenimiento a mediano plazo con el fin de mejorar las condiciones de los equipos y su funcionamiento, es programado a tiempo para evitar una avería

que imposibilite la producción. Puede ser realizado por la organización de mantenimiento o también por contratación externa. La norma COVENIN 2500-93, define 12 áreas diferentes por evaluar en la empresa, sin embargo, en este caso se omite el área del mantenimiento circunstancial y el mantenimiento preventivo. Esto por cuanto en la empresa no se cuenta con registros de tiempos entre fallas ni estadísticas de fallas de los equipos. Por lo que no es innecesario evaluar estos mantenimientos debido a su inexistencia. Se muestran las áreas a evaluar en la empresa con sus respectivos principios básicos.

.

**Tabla 3-1: Áreas y principios básicos evaluados en la norma COVENIN 2500-93**

<b>Área</b>	<b>Principio Básico</b>
1. Organización de la empresa	1.1 Funciones y Responsabilidades
	1.2 Autoridad y Autonomía
	1.3 Sistema de información
2. Organización del mantenimiento	2.1 Funciones y responsabilidades
	2.2 Autoridad y autonomía
	2.3 Sistema de información
3. Planificación del mantenimiento	3.1 Objetivos y metas
	3.2 Políticas para planificación
	3.3 Control y evaluación
4. Mantenimiento Rutinario	4.1 Planificación
	4.2 Programación e implementación
	4.3 Control y evaluación
5. Mantenimiento Programado	5.1 Planificación
	5.2 Programación e implementación
	5.3 Control y evaluación
7. Mantenimiento Correctivo	7.1 Planificación
	7.2 Programación e implementación
	7.3 Control y evaluación
9. Mantenimiento por Avería	9.1 Atención a las fallas
	9.2 Supervisión y ejecución
	9.3 información sobre las averías
10. Personal de Mantenimiento	10.1 Cuantificación de las necesidades de personal
	10.2 Selección y formación
	10.3 Motivación e incentivos
11. Apoyo Logístico	11.1 Apoyo administrativo
	11.2 Apoyo gerencial
	11.3 Apoyo general
12. Recursos	12.1 Equipos
	12.2 Herramientas
	12.3 Instrumentos
	12.4 Materiales
	12.5 Repuestos

**Fuente: (Norma COVENIN 2500-93 Manual Para Evaluar Los Sistemas De Mantenimiento En La Industria, 1993)**

Mediante el análisis en conjunto con la gerencia y el encargado de mantenimiento, se realizó la evaluación para cada área, puntuando cada demérito. (Anexos) Para darle un significado al valor obtenido, se utilizó la escala establecida por Vásquez en el documento de “Instrucción de medición para diagnosticar la gestión de mantenimiento” la cual se muestra a continuación:

**0-50% / Inconsciencia:** No existe una gestión de mantenimiento básica. Por debajo del promedio con muchas oportunidades de mejorar.

**51-70% / Consciencia:** Existe una gestión de mantenimiento básica, pero se desconocen las mejores prácticas de mantenimiento clase mundial o de las filosofías de mantenimiento existente. En promedio y con oportunidades para mejorar.

**71-80% / Entendimiento:** Existe una gestión de mantenimiento básica, por encima del promedio. Se aplican algunas de las mejores prácticas de mantenimiento clase mundial.

**81-90% / Competencia:** Existe una gestión de mantenimiento con tendencia a clase mundial, pero existen pequeñas brechas por cerrar. Es un sistema muy bueno con nivel de operaciones efectivas.

**91-100% / Excelencia:** Existe una gestión de mantenimiento de clase mundial con las mejores prácticas operacionales.

**Se puede observar en la**

, los resultados obtenidos para cada área evaluada.

**Tabla 3-2: Puntuación para las áreas evaluadas**

A	B	C	D								E	F	G		
Área	Principio Básico	Pts	Deneméritos								Σ Deneméritos	Puntaje	%	Nivel	
1. Organización de la empresa	1.1 Funciones y Responsabilidades	60	15	10	15							40	20	33,3	
	1.2 Autoridad y Autonomía	40	5	7	9	6						27	13	32,5	
	1.3 Sistema de información	50	8	4	4	5	0	0				21	29	58,0	
	<b>Total obtenible</b>	<b>150</b>										<b>88</b>	<b>62</b>	<b>41,3</b>	Inconsciencia
2. Organización del mantenimiento	2.1 Funciones y responsabilidades	80	15	12	13	8	8	13				69	11	13,8	
	2.2 Autoridad y autonomía	50	14	14	2	8						38	12	24,0	
	2.3 Sistema de información	70	15	2	3	1	10	2				33	37	52,9	
	<b>Total obtenible</b>	<b>200</b>										<b>140</b>	<b>60</b>	<b>30,0</b>	Inconsciencia
3. Planificación del mantenimiento	3.1 Objetivos y metas	70	20	1	2	8						31	39	55,7	
	3.2 Políticas para planificación	70	4	15	5	13						37	33	47,1	
	3.3 Control y evaluación	60	10	6	2	10	4	5	1	4		42	18	30,0	
	<b>Total obtenible</b>	<b>200</b>										<b>110</b>	<b>90</b>	<b>45,0</b>	Inconsciencia
4. Mantenimiento Rutinario	4.1 Planificación	100	6	5	4	18	3	2				38	62	62,0	
	4.2 Programación e implementación	80	2	4	9	4	8	4	3	4		38	42	52,5	
	4.3 Control y evaluación	70	10	6	2	10	4	5	1	4		42	28	40,0	
	<b>Total obtenible</b>	<b>250</b>										<b>118</b>	<b>132</b>	<b>52,8</b>	Conciencia
5. Mantenimiento Programado	5.1 Planificación	100	2	2	2	18	3	9	9			45	55	55,0	
	5.2 Programación e implementación	80	2	2	14	4	8					30	50	62,5	
	5.3 Control y evaluación	70	5	15	3	2	5	1	16			47	23	32,9	
	<b>Total obtenible</b>	<b>250</b>										<b>122</b>	<b>128</b>	<b>51,2</b>	Conciencia

Fuente: Elaboración propia Excel, 2014.



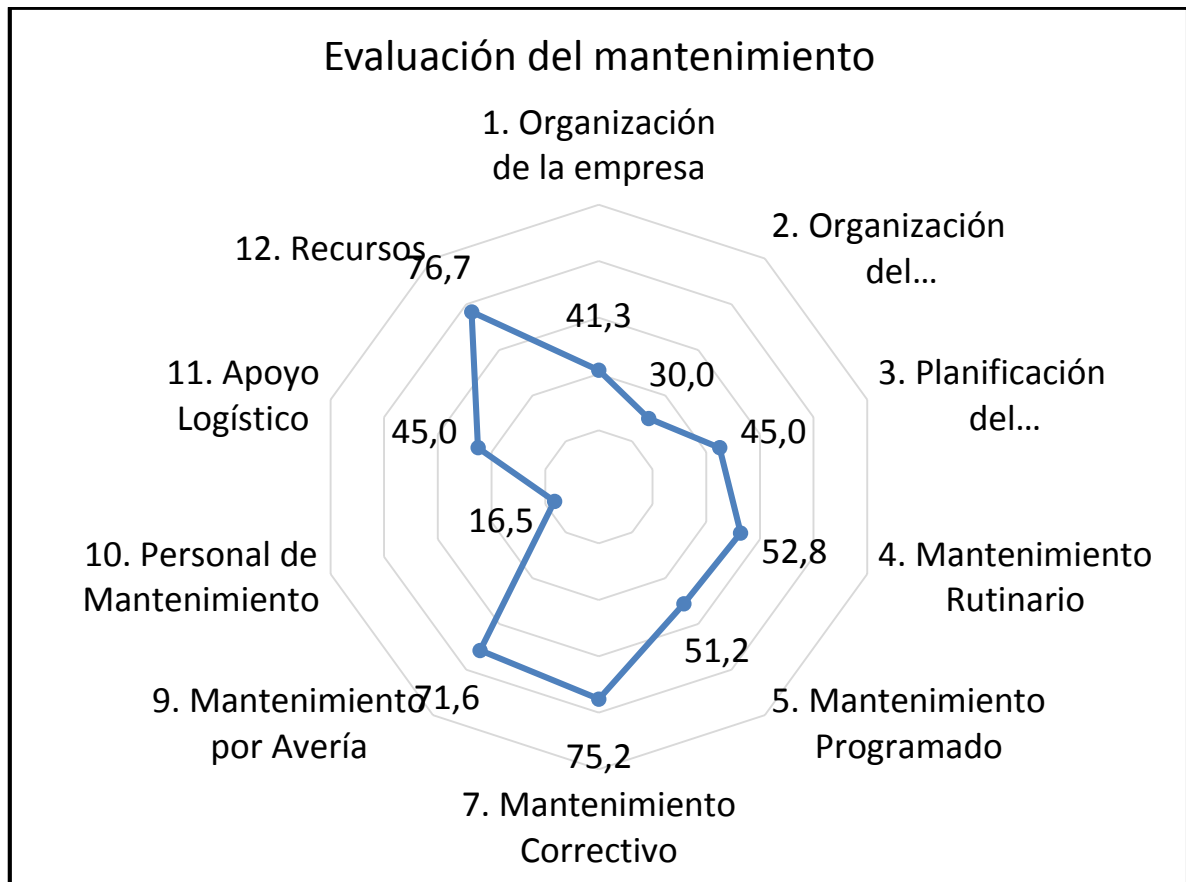
**Tabla 3-3: Continuación del resumen de la puntuación obtenida por cada área**

A	B	C	D												E	F	G	
Área	Principio Básico	Pts	Deneméritos												Σ Deneméritos	Puntaje	%	Nivel
7. Mantenimiento Correctivo	7.1 Planificación	100	5	5	4	4									18	82	82,0	
	7.2 Programación e implementación	80	10	2	16	3									31	49	61,3	
	7.3 Control y evaluación	70	0	7	2	4									13	57	81,4	
	<b>Total obtenible</b>	<b>250</b>													<b>62</b>	<b>188</b>	<b>75,2</b>	Entendimiento
9. Mantenimiento por Avería	9.1 Atención a las fallas	100	3	5	15	2	2								27	73	73,0	
	9.2 Supervisión y ejecución	80	3	1	3	2	3	5	0	2					19	61	76,3	
	9.3 información sobre las averías	70	10	2	13										25	45	64,3	
	<b>Total obtenible</b>	<b>250</b>													<b>71</b>	<b>179</b>	<b>71,6</b>	Entendimiento
10. Personal de Mantenimiento	10.1 Cuantificación de las necesidades de personal	70	25	18	19										62	8	11,4	
	10.2 Selección y formación	80	8	9	10	7	7	10	9						60	20	25,0	
	10.3 Motivación e incentivos	50	17	8	10	10									45	5	10,0	
	<b>Total obtenible</b>	<b>200</b>													<b>167</b>	<b>33</b>	<b>16,5</b>	Inconciencia
11. Apoyo Logístico	11.1 Apoyo administrativo	40	7	8	8	1	2								26	14	35,0	
	11.2 Apoyo gerencial	40	8	5	5	3	2								23	17	42,5	
	11.3 Apoyo general	20	5	1											6	14	70,0	
	<b>Total obtenible</b>	<b>100</b>													<b>55</b>	<b>45</b>	<b>45,0</b>	Inconciencia
12. Recursos	12.1 Equipos	30	1	2	1	1	3	4							12	18	60,0	
	12.2 Herramientas	30	1	1	1	4	4								11	19	63,3	
	12.3 Instrumentos	30	1	1	1	1	4	4							12	18	60,0	
	12.4 Materiales	30	1	1	2	3	3	1	2	1	2	2			18	12	40,0	
	12.5 Repuestos	30	1	1	1	3	3	1	3	1	1	2			17	13	43,3	
	<b>Total obtenible</b>	<b>150</b>													<b>35</b>	<b>115</b>	<b>76,7</b>	Entendimiento

Fuente: Basado en (Norma COVENIN 2500-93 Manual Para Evaluar Los Sistemas De Mantenimiento En La Industria, 1993)

Se realizó un diagrama radial con el fin de visualizar los resultados obtenidos, tal como se muestra en el gráfico siguiente.

**Gráfico 3-1: Resultado de la evaluación del Mantenimiento**



**Gráfico 3-1: Resultado de la evaluación del Mantenimiento. Fuente: Elaboración propia, Excel 2014.**

Se puede determinar que el área de personal de mantenimiento, da el más bajo porcentaje, sin embargo, este se ve altamente ligado con la organización de mantenimiento, el cual obtuvo una puntuación de 30%. Este dato se cataloga como una inexistencia de la gestión de mantenimiento básica e influye en las demás áreas de tipos de mantenimiento y planificación del mismo.

La cuantificación de la necesidad de personal para las labores de mantenimiento no está determinada por los requerimientos de la empresa, sin embargo, con la situación actual y el crecimiento de la empresa es una situación crítica que requiere ser determinada.

Si se realiza una mejora, en la organización de mantenimiento en conjunto con la organización de la empresa, los demás aspectos se verán mejorados considerablemente, ya que estas dos áreas son primordiales para coordinar y planificar los distintos tipos de mantenimiento. Aspectos como órdenes de trabajo, organigramas actualizados y asignación de responsabilidades son aspectos por considerar para una mejora de la misma.

Se considera también que los distintos tipos de mantenimiento realizados en la empresa, tal como el correctivo, tienen una buena gestión. Siempre se busca cómo mejorar algún módulo del proceso y se logra hacer efectivamente ya que no requiere detener la producción.

El mantenimiento por avería, cuando se realiza, es efectivo y busca siempre de manera práctica y eficaz solucionar el problema para tratar de que la producción se detenga el mínimo tiempo posible. Esto también se ve beneficiado por la facilidad de recursos tales como repuestos, equipos y herramientas que se cuentan en bodega, área que se ve reflejada en la puntuación como catalogada por encima del promedio y con varias mejoras, podría llegar a ser de clase mundial.

El mantenimiento programado obtuvo una puntuación más baja y se ve influenciado principalmente a la falta de planificación en conjunto con los demás departamentos y la constante reprogramación de las tareas, debido a la reasignación de labores para el personal determinado para cumplir con este aspecto.

El mantenimiento rutinario cuenta también con una puntuación calificada igual al mantenimiento programado, como una gestión de mantenimiento básica, con desconocimiento de mejores prácticas y filosofías existentes. Existen los programas de mantenimiento diario y semanal, sin embargo, no se realizan porque los operarios de las máquinas rotan diariamente lo que genera una falta de compromiso y además, de que no se lleva un control del cumplimiento de las labores, lo que provoca el desentendimiento por parte de los operarios.

### **3.1. Solución propuesta**

Al realizar el análisis de las debilidades y fortalezas de las distintas áreas de la empresa, se deciden varias acciones que se deben realizar para cambiar la situación actual.

- Se define la necesidad de establecer un departamento de mantenimiento, así como sus responsabilidades y personal requerido.

- Se requiere realizar un estudio de modos de falla de los equipos del proceso para determinar los manuales de mantenimiento y estimar el requerimiento de personal, dependiendo de la cantidad de horas asignadas a las tareas de mantenimiento.

## Capítulo 4. Análisis de Modos y efectos de fallas potenciales

### 4.1 Definición y aspectos generales

El análisis de modo y efectos de fallas potenciales, conocido por sus siglas como AMEF, se define como un grupo sistemático de actividades dirigidas que permite identificar y evaluar fallas de un producto o un proceso, así como, los efectos que estas generan. Por consiguiente, mediante un análisis de frecuencia, severidad y ocurrencia, se permite jerarquizarlas y tomar acciones para atender las fallas que generan mayor vulnerabilidad en la confiabilidad del proceso y reducir las probabilidades de que se repitan.

Un AMEF tiene aplicaciones, tanto para diseño de productos como para procesos productivos y el alcance que tenga, depende de su aplicación. La norma define como tres casos básicos a los cuales se pueden enfocar y se definen a continuación:

1. AMEF enfocado al diseño, tecnología o proceso nuevo. Este analiza los modos de falla causados por el diseño que están asociados con la funcionalidad de un elemento o componente.
2. AMEF de proceso, el cual analiza procesos productivos o de ensamble y se enfoca a determinar defectos para cumplir con los requerimientos pedidos por el cliente.
3. AMEF con un alcance dirigido hacia el impacto del ambiente, seguridad o localización nueva en el diseño o proceso existente.

Originalmente la aplicación del AMEF se limitaba a la etapa del diseño, sin embargo, según lo expuesto por Lore, 1998; Vandenbrande, 1998 y Cotnareanu, 1999; el campo de la aplicación del AMEF se ha ampliado abarcando aspectos tales como:

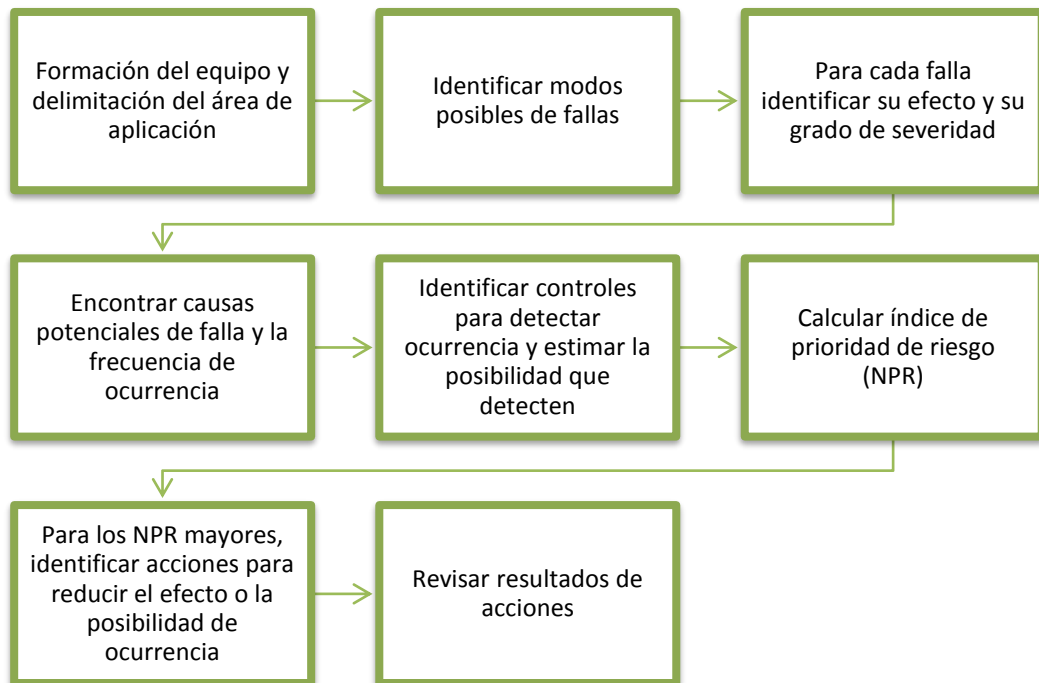
- Las fallas y obstáculos impiden que la instalación de un equipo se realice fácil y rápidamente.
- Los modos de fallas potenciales que obstaculizan que el mantenimiento y el servicio a un equipo se practique fácil y rápidamente.
- La facilidad de utilización de un equipo.
- Seguridad y riesgos ambientales.

En este caso, el análisis de modo y efectos de fallas, se realiza para un proceso ya que se ha superado la etapa de diseño. Por lo que se busca lograr los siguientes resultados:

- Identificar las funciones y requerimientos del proceso.
- Identificar los modos de fallas potenciales relacionadas con el proceso y el producto.
- Evaluar los efectos de fallas sobre el cliente.
- Identificar las causas potenciales de las fallas en el proceso y las variables en las cuales se orienten controles para reducir la ocurrencia o detección de condiciones de falla.
- Desarrollar una lista clasificada de modos de fallas estableciendo un sistema de prioridades para considerar acciones correctivas y preventivas.
- Documentar los resultados para evaluar los resultados y trabajar en una mejora continua.
- Estimar el tiempo de las tareas por realizar.

Para lograr estos alcances es necesario seguir un procedimiento el cual está establecido según (Gutiérrez Pulido & De La Vara Salazar) como:

**Figura 4-1: Esquema de proceso de aplicación del AMEF**



**Fuente: (Gutiérrez Pulido & De La Vara Salazar)**

Durante el desarrollo de la AMEF se utiliza el término “cliente” el cual no solo hace referencia al usuario final, sino también a una operación de ensamble posterior, de servicio o regulaciones gubernamentales.

Es de suma importancia contar con un equipo de trabajo que involucren representantes de las distintas áreas afectadas, esto con el fin de realizar un análisis lo más apegado a la realidad posible y lograr beneficios para todas las partes.

La norma SAE define ciertos conceptos que son importantes para llevar a cabo la aplicación del AMEF de proceso en cualquier ámbito, los cuales se muestran a continuación:

**Modo de falla potencial:**

El modo potencial de falla, se define como la forma en la cual el proceso pudiera fallar potencialmente en cumplir con los requerimientos del proceso o con los objetivos para los cuales fue diseñado. También se puede describir, como una no conformidad para dicha operación específica. Puede ser una causa asociada con un modo de falla potencial de una operación posterior o subsecuente o un efecto asociado con una falla potencial de una operación anterior o previa.

Para cada función del proceso, puede haber distintos modos de fallas potenciales, los cuales se enlistan dentro de una columna en la tabla que se debe realizar. Estos modos de falla no necesariamente tienen que haber ocurrido previamente y deben ser descritos en términos físicos o técnicos.

Existen preguntas que son de utilidad para completar esta parte del proceso las cuales son:

- ¿Cómo puede fallar el proceso en el cumplimiento de los requerimientos?
- ¿Qué consideraría el cliente, ya sea el usuario final o el proceso subsecuente, como objetable?

**Efectos de fallas potenciales:**

Los efectos de fallas potenciales son definidos como aquellos que, de un modo de falla sobre el proceso mismo, una operación siguiente o sobre el cliente final.

En esta etapa se deben describir todos los posibles efectos que pueden ocasionar los modos de falla. Esta descripción debe ser lo más específica posible y para facilitar esta etapa, las personas a cargo de la realización el AMEF deben ser capaces de contestar la siguiente

pregunta, ¿Qué ocasionará el modo de falla identificado? Donde esta pregunta debe considerar distintos niveles de efectos de falla por evaluar, tales como:

- Efectos locales: Estos son impactos inmediatos y efectos en el área local.
- Efectos mayores subsecuentes: Los cuales producen impacto entre los efectos locales y el usuario final.
- Efectos finales: Estos son meramente efectos en el usuario final del producto.

Estos niveles facilitan el análisis de los efectos de falla ya que no se debe limitar a los efectos de fallas que sean catastróficas. También se deben considerar si el modo de falla puede tener consecuencias en la seguridad, en el ambiente o generar algún incumplimiento de la ley.

### **Causas de fallas potenciales:**

Una causa de una falla potencial se define como la falla pudiera ocurrir y descrita en términos de algo que pueda ser corregido o controlado.

Se recomienda listar cada causa de falla asignable a cada modo de falla. Puede presentarse dos casos, uno que la causa sea exclusiva a un modo de falla y el otro que no sean exclusivas entre si y en este caso, para corregir la causa se debe determinar cuáles de las causas raíz son contribuidores principales y cuáles pueden ser más fáciles de controlar.

En este apartado, si al corregir la causa de falla, se da un impacto directo en el modo de falla, se puede dar por completado esta parte del proceso del AMEF.

## **4.2 Criterios de evaluación del AMEF**

El AMEF tiene como principal función, clasificar las fallas con una prioridad de riesgo, para esto se requieren definir la severidad, la frecuencia y la detección de cada falla las cuales son primordiales para lograr el objetivo del análisis. Seguidamente, se brindará la definición de estas variables junto con su rango de calificación establecido.

### **4.2.1 Severidad (S)**

La severidad representa la gravedad que tiene un efecto de falla sobre el cliente u operación siguiente. Se considera como el rango asociado con el efecto más serio, para un modo de falla dado y es evaluado en una escala del 1 al 10. Y este valor solo puede cambiarse si se realizan



cambios en el diseño del proceso o del producto. El criterio de evaluación para la severidad, se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 4-1 Criterio de evaluación de severidad**

Efecto en el cliente	Efecto en Manufactura	Calificación
Extremo	Afectación en la operación de la máquina, sin repuestos en bodega, puede conducir a un riesgo mortal en el operador, reparaciones > a 8 horas, afectación de otros componentes de la máquina.	10
Crítico	Afectación en la operación segura de la máquina, repuestos difíciles de obtener, puede conducir a un riesgo mortal para el operador. Reparaciones > 8 horas.	9
Muy Alto	Pérdidas de funciones primarias de la máquina, 100% producto desechado, reparaciones mayores obligan a detener la máquina varias horas, riesgos graves al usuario.	8
Alto	Fallo no permite continuar el proceso, algún porcentaje del producto es desechado, reparaciones mayores con técnico especializado, riesgo moderado al usuario.	7
Moderado	Algún módulo de la máquina opera con desempeño reducido, pero permite continuar con el proceso, producto retenido/reprocesado, reparaciones mayores en o fuera de la máquina. Riesgo bajo al usuario.	6
Bajo	Algún módulo de la máquina opera con desempeño reducido, pero permite continuar con el proceso, producto reprocesado, reparaciones menores en máquina. Riesgo bajo al usuario.	5
Muy bajo	Algún módulo de la máquina presenta problemas que generan pérdidas de tiempo en ajustes, producto reprocesado, reparaciones menores en máquina. Riesgo bajo al usuario.	4
Menor	Los fallos permiten continuar con el proceso, afectación mínima del producto, reparaciones menores en máquina. Riesgo insignificante al usuario.	3
Significativamente menor	Los fallos permiten continuar con el proceso, afectación mínima del producto, ajustes de máquina. Riesgo insignificante al usuario.	2
Ninguno	Sin efectos adversos sobre la máquina, producto o el usuario.	1

**Fuente: (DaimlerCrysler Corporation, 2003)**

#### 4.2.2 Ocurrencia (O)

Es la probabilidad de que una causa o mecanismo específico de una falla ocurra. Si se tiene un control o una prevención de las causas de fallas mediante cambios de diseño en el proceso, se puede lograr una reducción de esta probabilidad.

Se utiliza un rango del 1 al 10 y se especifica en la siguiente tabla:

**Tabla 4-2: Criterio de evaluación para la ocurrencia de una causa de falla**

<b>Criterio de ocurrencia</b>	<b>Presencia de la falla</b>	<b>Calificación</b>
Muy Alto	Diaria. Más de 2 veces	10
	Diaria. 1 o 2 veces.	9
Alto	Semanalmente 3 a 6 veces.	8
	Semanalmente 1 o 2 veces.	7
Moderado	Quincenalmente	6
	Mensualmente	5
	Bimensualmente	4
Bajo	Semestralmente	3
	Anualmente	2
Remoto	No se ha presentado	1

**Fuente: (Llorente, 2011)**

#### 4.2.3 Detección(D)

Esta variable evalúa la efectividad de las formas o medios de detección del modo de falla potencial. Puede suponerse que la causa de falla ha sucedido y evaluar la eficiencia de los controles actuales para prevenir el modo de falla antes de que alcance el proceso siguiente. No es una estimación sobre la probabilidad de que la falla ocurra, sino una estimación de la

probabilidad de detectar, suponiendo que la falla ha ocurrido ya. En la siguiente tabla se muestra el criterio de evaluación para la variable de detección.

**Tabla 4-3 Criterio de evaluación para la detección**

Detección	Criterio	Tipo de Inspección			Calificación
		A	B	C	
Casi imposible	Certeza absoluta de no detección			x	10
Muy remota	Los controles probablemente no detectan			x	9
Remota	Los controles tienen poca oportunidad de detección			x	8
Muy baja	Los controles tienen poca oportunidad de detección			x	7
Baja	Controles tienen poca probabilidad de detección		x	x	6
Moderada	Controles tienen alguna probabilidad de detección		x		5
Moderadamente Alta	Los controles tienen una buena oportunidad para detectar	x	x		4
Alta	Los controles tienen una buena oportunidad para detectar	x	x		3
Muy Alta	Controles casi seguros para detectar	x	x		2
Casi total certeza	Controles seguros para detectar	x			1

Tipo de inspección	
A	Programada/específica
B	Chequeo rutinario diario
C	Inspección visual ocasional

**Fuente: (Llorente, 2011)**

#### 4.2.4 Criterio de evaluación del NPR

Una vez asignado el valor de estas variables, se puede proceder a calcular el Número de Prioridad de Riesgo(NPR) el cual es el producto de la severidad, ocurrencia y detección. Tal como se expresa en la siguiente ecuación:

$$NPR = S \times O \times D$$

Con el valor obtenido de NPR, para cada causa evaluada, se obtiene una priorización de las tareas a mejorar donde abarcan condiciones de calidad, mantenimiento y seguridad.

Para realizar la clasificación del riesgo para el AMEF realizado se propone que para NPR mayores a 300, se clasifiquen como extremos, debido al riesgo que implica trabajar con material explosivo. Dicha propuesta se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 4-4: Criterio de evaluación del NPR**

<b>NPR</b>	<b>Clasificación</b>
0-100	Bajo
100-200	Moderado
200-300	Alto
300-1000	Extremo

**Fuente: basado en (DaimlerCrysler Corporation, 2003)**

### **4.3 Aplicación del AMEF**

En este capítulo, se muestra la metodología aplicada en el análisis de modos fallas y efectos realizados en la línea de producción de la empresa, utilizando los términos explicados en el apartado previo.

Para poder hacer de este trabajo una integración del conocimiento y la experiencia, se trabajó en conjunto con la persona encargada de mantenimiento de la empresa, se realizaron entrevistas a los operarios que son asignados con mayor frecuencia en el proceso productivo y que a su vez tienen mayor tiempo de laborar en la empresa, para conocer funcionamientos propios de la máquina y cómo reaccionan ellos ante una falla común presentada. También se solicitó asesoría a profesionales externos a la empresa para realizar un análisis más exhaustivo.

#### **4.3.1 Equipo por estudiar**

Existe una única línea de producción, la cual involucra todos los equipos de la planta. Estos se clasifican por su ubicación en dos zonas distintas y cada una cuenta con distintos sistemas que en conjunto hacen posible el proceso productivo.

El análisis de modos fallas y efectos, fue realizado para cada sistema del proceso productivo. En la siguiente tabla se muestra el sistema y las unidades que lo componen.

**Tabla 4-5: Descripción del equipo a estudiar**

<b>Ubicación</b>	<b>Sistema</b>	<b>Unidad</b>
<b>Planta Superior</b>	<b>Sistema de Diesel</b>	Motor de trasiego de diesel
		Bomba de succión trasiego de diesel
		tubería de diesel
		Filtro de Succión
		Filtro de expulsión
		Tanque de diesel
		Electroválvula de cierre
		Flujómetro
		Panel eléctrico
		Variador de frecuencia
	<b>Mesa Hidráulica</b>	Bomba Hidráulica
		Motor de la bomba
		Pistones Hidráulicos
		Tanque Hidráulico
		Tubería Hidráulica
		Mandos Hidráulicos
		Estructura
	<b>Sistema de Tornillo</b>	Motor
		Tornillo
		Acople entre caja y tornillo
		Panel Eléctrico
		Caja Reductora
		Estructura
	<b>Sistema de traslado</b>	Moto reductor
		Acople entre caja y tornillo de transporte
		tornillo de transporte
		Panel Eléctrico
Estructura		

**Fuente: Elaboración propia, Excel 2014.**

**Tabla 4-6 Descripción del equipo a estudiar**

<b>Ubicación</b>	<b>Sistema</b>	<b>Unidad</b>
<b>Planta Inferior</b>	<b>Sistema de llenado de ANFO</b>	Moto reductor
		Acople entre caja y tornillo
		Tornillo
		Pedal de activación
		Romana
		Panel Eléctrico
		Sistema mecánico de cierre de llenado
		Caja Reductora
		Estructura
		<b>Cosedora de Sacos</b>
	Motor Eléctrico	
	Motor Eléctrico banda	
	Caja Reductora	
	Panel Eléctrico	
	Piñones de cadena	
	Cadena	
	Rodamiento de Tracción	
	Banda de hule	
	<b>Sistema Neumático</b>	Unidad Compresora
		Unidades de mantenimiento de aire, (filtro, reguladores de presión y lubricador)
		Pistón Neumático de apertura de llenado Anfo
		Tubería sistema de aire
	<b>Bandas</b>	2 bandas de hule
		motor eléctrico
		Estructura

Fuente: Elaboración propia, Excel 2014.



### 4.3.2 Formato utilizado

El formato utilizado para la realización de la AMEF es el que se presenta a continuación, el cual se basa en el formato planteado por la norma (DaimlerCrysler Corporation, 2003)

**Tabla 4-7: Formato utilizado para en análisis de modos, efectos y fallas.**

Sistema	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables

**Fuente: Elaboración propia, Excel 2014.**

No se debe olvidar, que el fin de realizar el AMEF es poder mejorar el servicio con el cliente, en la calidad del producto y buscar economía en el proceso. Para esto, en la primera etapa de implementación se limita al estudio actual de las fallas, poder determinar los manuales de mantenimiento preventivo, así como posibles mejoras en el proceso productivo que, al implementarlas, pueden causar un impacto significativo en el diseño del proceso y por ende mejoras en la calidad del producto final.

La aplicación del AMEF, tomó varias semanas, ya que se debía coordinar reuniones con los distintos colaboradores. Debido a la extensión, los AMEF realizados para cada sistema descrito anteriormente se presentan en anexos.

Mediante la realización de este método se pudo determinar los manuales de mantenimiento, el personal requerido para realizar las labores y posibles mejoras en el sistema productivo.

## **4.4 Resultados del AMEF**

Al realizar en AMEF se pudo determinar que el sistema más crítico que se determinó evaluando la severidad, ocurrencia y métodos de detección, es el sistema de llenado de ANFO, donde cabe recalcar que este sistema, fue diseñado empíricamente para satisfacer las necesidades que en ese momento requería la empresa. Al realizar un análisis exhaustivo del funcionamiento del mismo dentro del proceso de producción, y de los modos de falla que suele

presentar, no es suficiente con realizar un plan de mantenimiento preventivo para poder evitar estos modos de falla, ya que son propios del diseño del subsistema.

Al realizar un seguimiento de la producción de los últimos meses, se pudo determinar que, por minuto se empaacan de 1,5 sacos. También mediante el estudio de producciones diarias de los últimos dos meses, se determinó que, el peso de los sacos en producciones diarias, de acuerdo con el consumo de materia prima, oscila desde los 24,8 kg hasta los 25,2 kg.

Esta situación que es resultante de la incertidumbre del sistema de llenado de anfo, el cual es de 200 gramos. Esto debido a que en el momento en que el operario activa el pedal para permitir el paso de anfo y una vez que la romana envía la señal de cierre debido a que se encuentran próximos los 25 kg. Una vez que el operario observa el peso final que marca la romana, la persona debe sacar o agregar producto con una espátula para cumplir con los 25 kg. Esta situación se debe al diseño propio del sistema, debido a distintos aspectos tales como:

- El tamaño de la tapa de la dispensadora. Ya que es muy grande y tiene un cierre de golpe. Lo que imposibilita un control exacto del peso final.
- Lo que puede pasar de anfo en el lapso desde que se indica que se cierre hasta el propio cierre, varía de acuerdo con la cantidad de material que exista en la tolva, entre más material haya, más material cae por segundo.
- Dependiendo de la humedad relativa, de la proporción de la mezcla de diesel y nitrato de amonio, el material puede caer con más o menos fluidez. Y es un aspecto que el sistema no puede controlar.
- La precisión del operario al sostener el saco, ya que, si no se encuentra bien colocado en la romana, puede ocasionar una falsa lectura del peso real de dicho saco.

Debido a estos motivos, y a pesar de que se aplique un plan de mantenimiento y una buena práctica del equipo por parte del operario, se puede mejorar el rendimiento del proceso productivo. Al respecto se debe buscar una solución que dé mayores resultados y se reflejen en la calidad del producto que se le ofrece al cliente, donde esto implica desde la calidad de producción tanto en la eficiencia en el proceso, así como la homogeneidad del peso de los sacos.

Debido a esto, se decidió cotizar una máquina ensacadora con el fin de sustituir el sistema actual por uno más preciso, rápido y confiable. Esto con el fin de que permita eliminar esta

incertidumbre y mejore los tiempos de producción. Mediante el análisis de 3 cotizaciones distintas, se tomaron en cuenta factores tales como:

- Precisión del equipo
- Personal requerido para operarlo
- *Stock* de repuestos del proveedor
- Mantenimiento requerido
- Garantía del equipo
- Costo del equipo
- Costo de instalación

Luego de varias reuniones en conjunto con el equipo técnico y de ingeniería, se pudo escoger como mejor opción la ensacadora Semi-automática de peso bruto modelo Ilerfil-ABG marca TMI. Proporcionado por el agente comercial Seproma. Los datos técnicos de dicho equipo se muestran en Anexos.

## Capítulo 5. Manual de mantenimiento preventivo

Mediante la realización del análisis de modos y efectos de fallas potenciales, se determinaron los manuales de mantenimiento preventivo para los equipos de la línea de producción. La realización de los manuales es de suma importancia ya que representa el medio que brinda las acciones planificada y eficiente del mantenimiento. También facilita la formación del personal nuevo y permite establece una conducta responsable y participativa del personal y el cumplimiento de labores. (Prado, 1996)

Se debe tener en cuenta, que los planes de mantenimiento preventivo no son un fin, se deben considerar como un medio para la realización del mantenimiento y mejora continua del departamento de mantenimiento. Es indispensable la divulgación del proyecto a implementar y tanto la capacitación como la motivación del personal para lograr un mantenimiento eficiente y de calidad.

Se propone implementar el uso de órdenes de trabajo para la realización de las tareas de mantenimiento, las cuales se muestran en el apéndice 4.

### 5.1 Ficha técnica

Debido a que, en la empresa, no cuentan con un documento donde se archiven las descripciones de los equipos instalados, es primordial realizar fichas técnicas para documentar y describir los equipos, con el fin de que cualquier personal nuevo pueda conocer información básica y tener un conocimiento del estado actual de los mismos. En dichas fichas, se contará con la siguiente información (Ver apéndice 1):

#### 5.1.1 Encabezado:

- Sistema al que pertenece: debido a la clasificación de los equipos por sistemas, se debe mencionar de cual sistema se está haciendo referencia.
- Equipo por describir: Propiamente el nombre del equipo ya sea bomba, motor, variador de frecuencia entre otros. En el caso del panel eléctrico se toma como un equipo y se describen los elementos que lo conforman.
- Código asignado: Este código es el asignado en el apartado anterior donde se enlista el equipo a estudiar para el análisis de modos y efectos potenciales de fallas.

### 5.1.2 Información descriptiva:

- Ubicación dentro de la planta.
- Otras especificaciones requeridas: donde se describe información que es demandada específicamente del equipo.
- Descripciones físicas tales como la marca, el modelo, número de serie, dimensiones, peso y parámetros operativos.
- Observaciones importantes por ejemplo quien es el proveedor de repuestos, o de servicio de mantenimiento en caso de ser externo a la empresa.

### 5.1.3 Registro de falla:

Se propone en las fichas técnicas contar con el espacio para registro de fallas, de forma que esta información sea facilitada a quien la requiera. En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de la ficha técnica para el motor del sistema de tornillo de llenado

**Tabla 5-1: Formato Utilizado para el registro de falla**

		Equipos de la línea de producción de ANFO		Fecha: Octubre 2016	
		Sistema: Sistema de Tornillo de Llenado de ANFO			
		Equipo: Motor			
		Código: SL-1			
Ubicación:	planta inferior		Otras especificaciones requeridas:		
Marca:	WEG		Potencia:	3 HP	
Modelo:	NBR 17094-2		Voltaje:	120/240 V	
Número de serie:	1020901501		Corriente:	28/14 A	
Peso:	44 kg		fp:	0,82	
Observaciones:			Temperatura max:	40 °C	
<b>Historial de fallas</b>					
Fecha	Código de falla	Trabajo Realizado			Costo

**Fuente: Elaboración propia, Excel 2014.**

## 5.2 Planes de Mantenimiento Preventivo

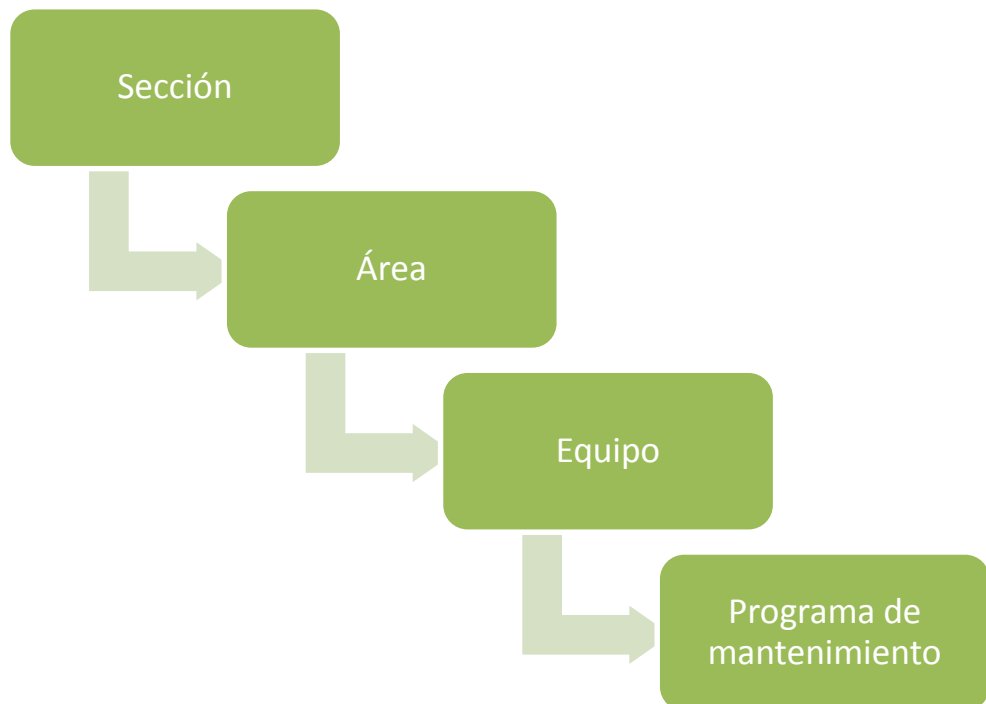
Los planes de mantenimiento y las inspecciones periódicas fueron realizadas en Excel 2014 y se muestran en el apéndice 2, ya que la empresa no utiliza ningún *software* de mantenimiento, sin embargo, con el objetivo de implementar una herramienta para la programación del mantenimiento, se utilizó el *software* TRICOM VERSIÓN 8.0 para fabricar el programa de mantenimiento y generar el diagrama de Gantt. De esta manera se distribuyen las tareas anualmente, de forma que facilita el cálculo de las horas requeridas para desarrollar el plan de mantenimiento preventivo.

Para la realización del plan de mantenimiento, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos.

### 5.2.1 Especificación del equipo

Se realizan los planes de mantenimiento para los equipos presentes en el proceso productivo. Se realizó una base de datos en el *software* *Tricom Versión 8.0* con un código asignado.

**Figura 5-1: Especificación del equipo para el programa de mantenimiento**



Fuente: Elaboración propia Word 2014

En la siguiente tabla se muestra la codificación establecida para las secciones, áreas y equipos. La sección en la clasificación física de donde están distribuidos los equipos, el área es la parte del sistema que conforma y el equipo hace referencia a los equipos que integran dichas áreas.

**Tabla 5-2: Codificación utilizada para el programa de mantenimiento**

Sección	Descripción de la sección	Área	Descripción del área	Equipo	Descripción del equipo
PI	planta inferior	BT	bandas	BT-1	bandas de hule 2
PI	planta inferior	BT	bandas	BT-2	motor eléctrico
PI	planta inferior	CS	cosedora de sacos	CS-1	maquina cosedora de sacos
PI	planta inferior	CS	cosedora de sacos	CS-2	motor eléctrico cosedora
PI	planta inferior	CS	cosedora de sacos	CS-3	motor eléctrico banda
PI	planta inferior	CS	cosedora de sacos	CS-4	caja reductora
PI	planta inferior	SL	sistema de llenado	SL-1	motoreductor
PI	planta inferior	SL	sistema de llenado	SL-2	tornillo
PI	planta inferior	SL	sistema de llenado	SL-3	panel eléctrico
PI	planta inferior	SL	sistema de llenado	SL-4	romana
PI	planta inferior	SL	sistema de llenado	SL-6	caja reductora
PI	planta inferior	SN	sistema neumático	SN-1	unidad compresora
PI	planta inferior	SN	sistema neumático	SN-2	elementos
PS	planta superior	MH	mesa hidráulica	MH-1	mesa hidráulica
PS	planta superior	MH	mesa hidráulica	MH-2	motor de la bomba
PS	planta superior	MH	mesa hidráulica	MH-3	panel eléctrico
PS	planta superior	SD	sistema de diesel	SD-1	motor de trasiego de diesel
PS	planta superior	SD	sistema de diesel	SD-2	bomba de succión trasiego de diesel
PS	planta superior	SD	sistema de diesel	SD-3	accesorios sistema de diesel
PS	planta superior	SD	sistema de diesel	SD-5	panel eléctrico
PS	planta superior	SR	sistema de traslado	SR-1	motoreductor
PS	planta superior	SR	sistema de traslado	SR-2	tornillo de transporte
PS	planta superior	ST	sistema de tornillo	ST-1	motor
PS	planta superior	ST	sistema de tornillo	ST-2	tornillo
PS	planta superior	ST	sistema de tornillo	ST-3	caja reductora

Fuente: Datos exportados del software *Tricom Versión 8.0*.

### 5.2.2 Labores por realizar

- Limpieza: es la acción más básica, donde se busca mantener el estado físico de los activos, además, que esta tarea permite identificar más fácilmente alguna falla en el sistema tales como fugas en tuberías entre otras.
- Lubricación: Mejora el funcionamiento de los equipos y alarga la vida útil de los mismos.
- Reemplazo: esta labor se realiza cuando ya algún componente ha cumplido su vida útil. O mediante una inspección se determina qué es lo que se debe proceder a realizar para evitar una catástrofe.
- Inspecciones: esta labor permite analizar el funcionamiento del equipo y determinar si es requerido un reemplazo o un ajuste.
- Documentar: Estas inspecciones tienen gran valor cuando los realizan los operarios, quienes pueden determinar algún sonido o vibración distinto al usual, se procede a documentar y con esto informar al encargado de mantenimiento para realizar la acción preminente.
- Calibración: se deben realizar mediciones de los parámetros de ciertos equipos para luego ser calibrados y mantener los estándares de calidad de producción.

### 5.2.3 Frecuencia

Para definir el periodo de inspección este apartado se utiliza la siguiente nomenclatura:

**Tabla 5-3: Nomenclatura utilizada para los periodos de tiempo**

<b>Periodo de inspección</b>	<b>Nomenclatura</b>
Diario	D
Semanal	W
Quincenal	Q
Mensual	M
Trimestral	T
Semestral	E
Anual	A

Fuente: Elaboración propia Word, 2014.



Estos periodos asignados se deben someter a estudios de comportamiento de los equipos, con el fin de cada vez ser más asertivos con los tiempos requeridos de mantenimiento.

El encargado de mantenimiento debe inspeccionar periódicamente estas labores realizadas por el encargado, ya que el operario puede dejar pasar por alto algunas labores de suma importancia.

#### 5.2.4 Personal requerido

El personal para las tareas rutinarias diarias de mantenimiento, pueden ser realizadas por el mismo operario de la máquina, implementando el mantenimiento autónomo, al no requerir mayor conocimiento técnico que el adquirido por la experiencia del uso del equipo. Sin embargo, no se debe ignorar la capacitación y supervisión de las tareas por el personal de mantenimiento para verificar las buenas prácticas de mantenimiento. Para labores semanales y de periodos más extensos se requiere un personal con mayor conocimiento técnico, debido a los equipos presentes, se recomienda la contratación de un técnico electromecánico, quien está en la capacidad de realizar las labores, además, del mantenimiento propio de las instalaciones de la planta.

**Tabla 5-4: Nomenclatura utilizada para el personal asignado**

<b>Encargado</b>	<b>Nomenclatura</b>
Técnico electromecánico	T
Operario	O

Fuente: Elaboración propia Word, 2014.

### 5.3 Hojas de inspección

Además de los planes de mantenimiento, se realizaron las hojas de inspección para los periodos previamente mencionados, esto con el fin de mostrar periódicamente las labores requeridas ya sea por el operario o por el técnico especialista. Estas se muestran en el apéndice 3.

En estas fichas se utiliza la siguiente nomenclatura para indicar los días de la semana, tal como se muestra a continuación:

**Tabla 5-5: Nomenclatura para los días semanales utilizada en las inspecciones de mantenimiento**

<b>Día</b>	<b>Nomenclatura</b>
Lunes	L
Martes	K
Miércoles	M
Jueves	J
Viernes	V
Sábado	S

**Fuente: Elaboración propia Word, 2014.**

Otra nomenclatura que está presente en las hojas de inspección es donde se especifica el responsable y el tiempo aproximado que se debe tardar al realizar la tarea. Esta representación se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 5-6: Nomenclatura utilizada en las inspecciones de mantenimiento**

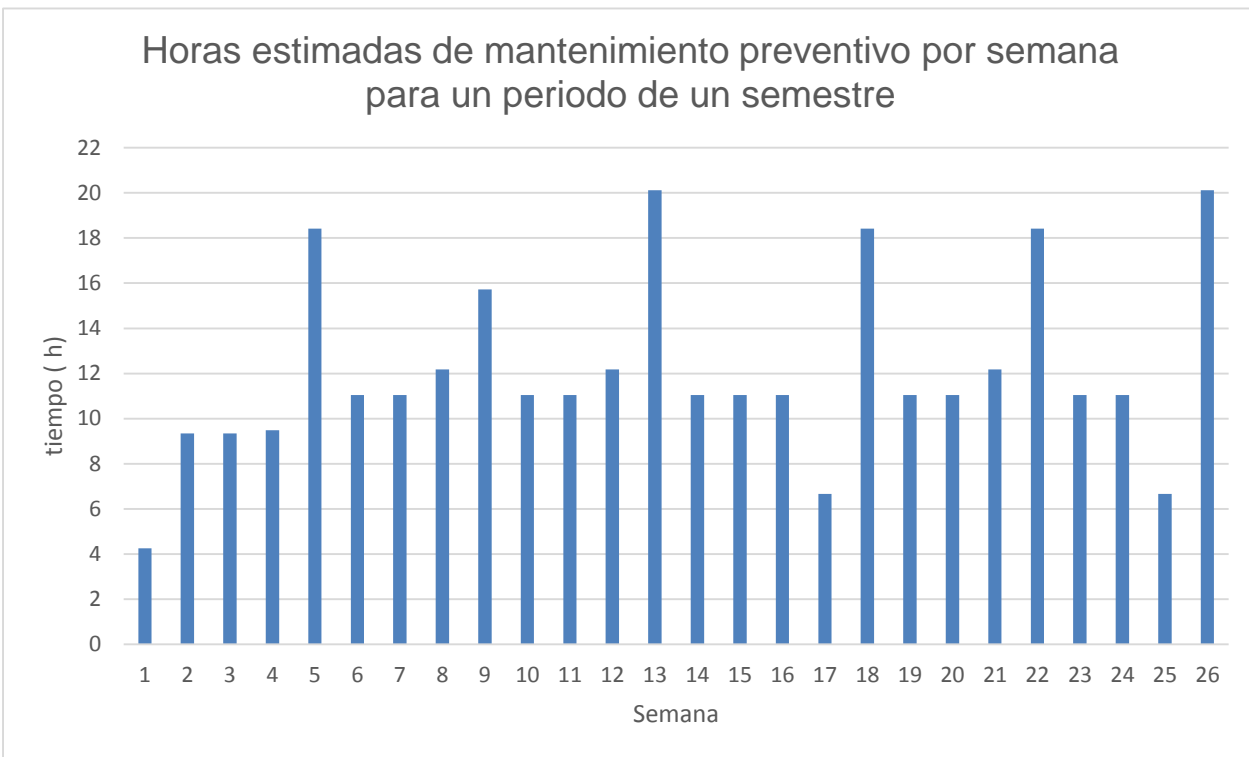
<b>Descripción</b>	<b>Nomenclatura</b>
Responsable	R
Duración aproximada	T

**Fuente: Elaboración propia Word, 2014**

#### **5.4 Programación del mantenimiento y optimización en la asignación de los recursos**

Al generar el gráfico de Gantt anual, se pudo estimar los tiempos requeridos por semana, según la asignación de tareas de mantenimiento preventivo. Además, se estimó un factor de seguridad de 1,7 en caso de que, por efectos prácticos, las tareas requieran más tiempo del asignado teóricamente. En el siguiente gráfico, se muestran los tiempos estimados semanalmente, para un periodo semestral, donde para efectos de ejemplificación es suficiente, ya que abarca todos los tiempos que se llegarían a utilizar en las 52 semanas del año.

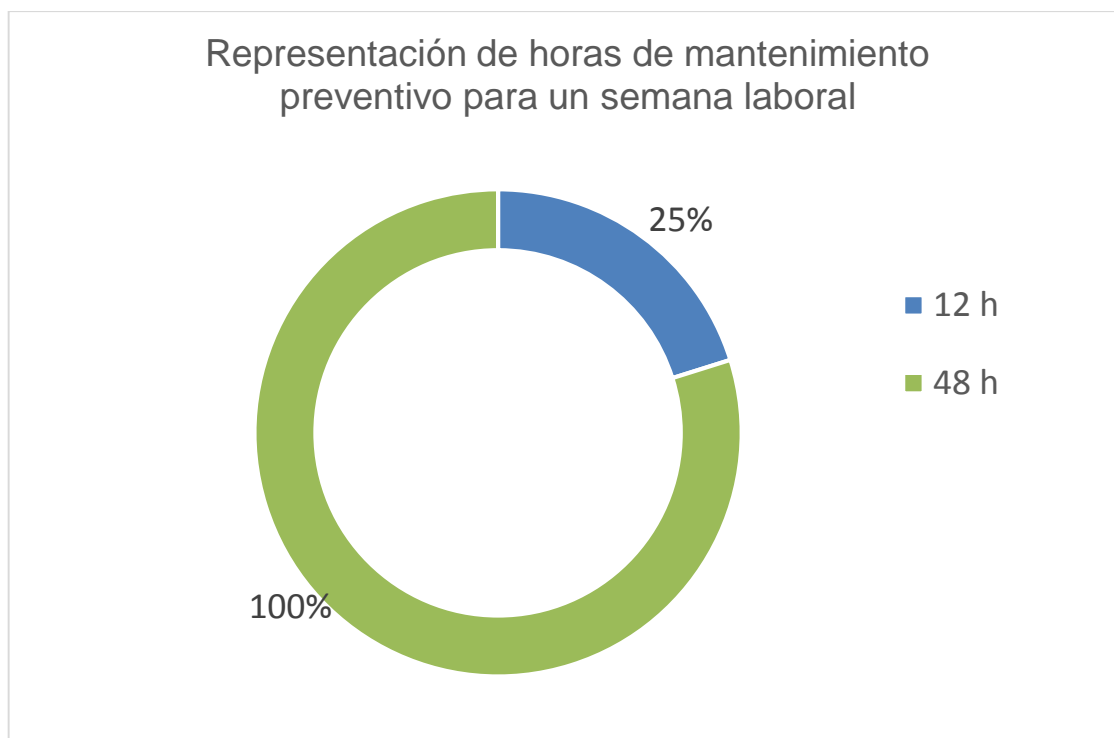
**Gráfico 5-1: Horas estimadas de mantenimiento preventivo**



**Fuente: Elaboración propia Excel 2014.**

Mediante los datos mostrados en el gráfico anterior, se puede observar cómo, con la programación del mantenimiento planteada, se obtienen tiempos semanales de 10 a 20 horas. Si se toma un tiempo promedio semanal de 12 horas, este representa un 25% de las 48 horas laboradas semanalmente. Tal como se muestra en el siguiente gráfico.

**Gráfico 5-2: Horas promedio dedicadas a mantenimiento preventivo en una semana laboral**



**Fuente: Elaboración propia Excel 2014.**

Este 25% representa únicamente el mantenimiento preventivo de la línea de producción, el cual actualmente no se realiza. Esto debido a la falta de organización del personal de mantenimiento, situación que se encuentra ligada al análisis del estado actual de la empresa expuesto en el capítulo 3, donde se notó un déficit de personal.

Al realizar los planes de mantenimiento, se pudo determinar que se requiere un técnico electromecánico para realizar las labores de mantenimiento preventivo, por ende también las labores de mantenimiento correctivo. La persona contratada actualmente, cuenta con un diplomado en mantenimiento industrial, con conocimientos en control eléctrico y montaje de grúas, por lo que se puede argumentar que esta persona se encuentra sobre calificado para las necesidades del mantenimiento de los equipos de la línea de producción de la empresa. Además, se recomienda cambiar el personal actual quien tiene un salario mensual de \$1 619,58 (mil seiscientos diecinueve dólares con cincuenta y ocho centavos).

El cambio se haría por un técnico electromecánico, que tiene un salario base de \$832,41 (ochocientos treinta y dos mil dólares con cuarenta y un centavos), quien puede solventar las necesidades de los equipos, realizar las labores de mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo. No se recomienda realizar el mantenimiento subcontratado ya que hace falta tomar en cuenta el mantenimiento requerido a las otras áreas de la empresa.

Cabe considerar que esta persona, debe tener un horario de 6 días semanales de 8 horas, ya que la empresa trabaja de lunes a viernes, y se produce 4 días por semana, de manera que esta persona pueda realizar las labores de mantenimiento donde se requiere que el equipo esté detenido, los días sábados.

### **5.5 Software de Mantenimiento Preventivo**

Actualmente en la empresa no se utiliza un *software* de mantenimiento, por lo que, se propone el uso de uno, en este caso el *Tricom Versión 8.0*, tal como se mencionó en el apartado anterior, debido a su facilidad de uso y características que ofrece. Es necesario señalar que además de utilizarse para el control del mantenimiento preventivo, se puede implementar el control de bodegas y de la flota vehicular, herramientas que, a corto plazo, se pueden implementar en la empresa.

## **Capítulo 6. Propuesta de Modelo de Gestión de Mantenimiento**

Mediante la realización análisis de la situación actual de la empresa y del análisis de modos y efectos de fallas potenciales para la realización de los planes de mantenimiento y estimación de tiempo requerido para mantenimiento, se propone un modelo de gestión donde primero es requerido una reorganización del organigrama, así como la definición de labores para cada responsable.

En este capítulo se muestra el planteamiento del modelo de gestión de mantenimiento donde se integra la determinación de equipos críticos del proceso, la planificación, la asignación de labores y la inspección de los mismos. Para la realización de este modelo se utilizó como guía el modelo planteado en el capítulo 2 y se tomaron ajustes que son propios del funcionamiento del sistema de la empresa.

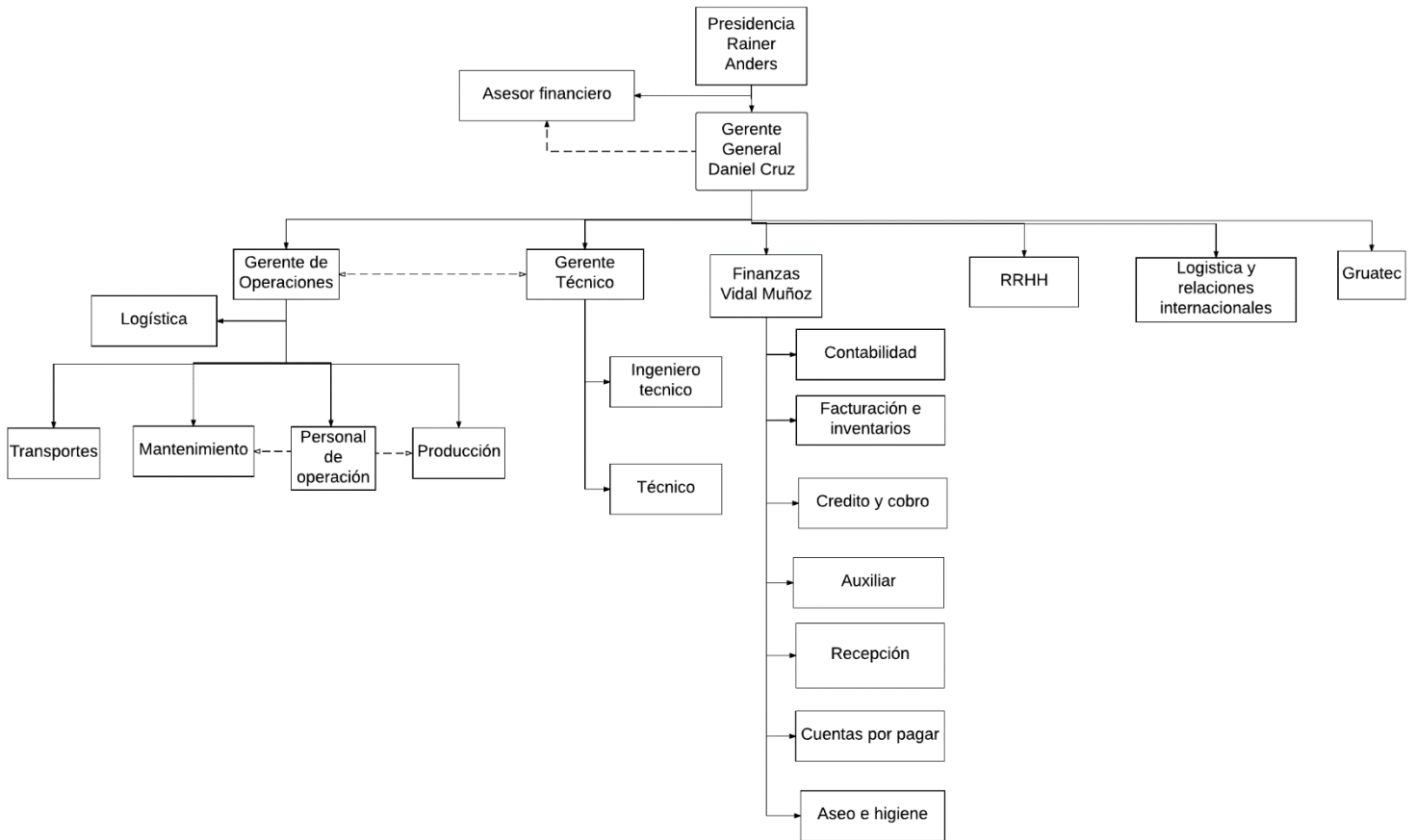
Se considera primordial la integración del departamento técnico junto con el departamento de operaciones, quien incluye a producción y mantenimiento.

### **6.1 Organización y definición de responsabilidades**

#### **6.1.1 Organigrama**

La empresa ha tenido varios cambios en su estructura organizacional últimamente, por lo que el organigrama no se encuentra actualizado, existe un faltante de un puesto que coordine el personal para la producción con el requerido a voladuras en proyectos externos y para las labores de mantenimiento. Este puesto se propone como un gerente de operaciones en el organigrama propuesto en la siguiente figura.

**Figura 6-1: Organigrama propuesto para la empresa Explotec**



Fuente: Elaboración propia Lucidchart, 2016.

### 6.1.2 Descripción y responsabilidades de los puestos

#### **Gerente de Operaciones**

El puesto de gerente de operaciones tiene a cargo, la línea de producción, el departamento de mantenimiento, el personal de operación y transportes. Además de la coordinación directa de transportes y personal para las voladuras y entregas de pedidos, en conjunto con logística que se encarga de la solicitud y coordinación de custodias. Esta persona tiene la responsabilidad de coordinar el personal para:

1. cumplir con la producción diaria.

2. Disponer del personal requerido al departamento de voladuras.
3. Velar por el cumplimiento del mantenimiento programado para garantizar la disponibilidad del equipo para la producción.

Es de suma importancia la comunicación entre el gerente de operaciones y tanto con el departamento de mantenimiento como el de voladuras, debido a que se debe trabajar en conjunto para lograr el desempeño eficiente de las tres áreas. EL gerente de operaciones es el eje central para que la producción, el mantenimiento y las voladuras se puedan realizar con eficiencia y calidad.

**Figura 6-2: Relación de la Gerencia de Operaciones con los demás departamentos**



**Fuente: Elaboración propia, Word 2014.**

Con el departamento de producción el gerente de operaciones debe ser responsable de las siguientes labores:

1. Cumplir con la producción para satisfacer los pedidos de los distintos clientes.
2. Velar por el cumplimiento de los estándares de calidad del producto, lo que conlleva a ser el encargado de las pruebas de calidad.



3. Llevar un control diario de producción y generar informes semanales al gerente general.
4. Generar las órdenes de entrega de producto para cada pedido.
5. Control de los precursores utilizados por la impresora digital. Renovación de permisos y control de stock de los mismos.
6. Coordinar la entrada y salida de camiones con el agente externo que brinda el servicio para las ordenes de entrega.

Con el departamento de mantenimiento el gerente de operaciones debe tener las siguientes responsabilidades:

1. Disponer del personal para el cumplimiento de las labores.
2. Control de las bodegas de herramientas y repuestos.
3. Disponer de un stock de repuestos adecuado a las necesidades de los equipos.
4. Solicitar informes de kilometraje y rendimientos de la flotilla vehicular.
5. Velar por el cumplimiento de la planificación del mantenimiento.

Con el departamento de voladuras también tiene responsabilidades que cumplir tales como:

1. Disponer del personal requerido por los ingenieros expertos en el área para cuando se van a realizar voladuras.
2. Disponer del transporte requerido para los trabajos de campo.

Como la seguridad es primordial en la empresa, es requerido que el gerente de operaciones también vele por la seguridad ocupacional, lo que conlleva a las siguientes labores:

1. Control de extintores tanto de la fábrica como de la flotilla vehicular.
2. Limpieza de los vehículos.
3. Control de uniformes y equipo de seguridad del personal.
4. Revisar la agenda de los guardas de seguridad en caso de observaciones para la mejora diaria.

Con el departamento de transportes algunas de las responsabilidades son relacionadas con otros departamentos tal como se mencionó anteriormente, sin embargo, se vuelven a mencionar a continuación, junto con las otras labores que debe coordinar de este departamento:

1. Coordinar con voladuras el requerimiento de transporte.

2. Supervisar el registro del mantenimiento de la flotilla vehicular con el departamento de mantenimiento.
3. Verificar que los extintores y equipos de seguridad requeridos estén en sus condiciones idóneas.
4. Verificar la limpieza de los vehículos diarios.
5. Control de GPS diario, kilometraje recorrido a cada visita realizada.

### 6.1.3 Departamento de mantenimiento

Este departamento está integrado por el técnico con conocimientos sobre electrónica, montaje y mantenimiento de grúas y trabaja en conjunto con el gerente de operaciones y la persona que se le asigne para realizar las labores programadas. No se asigna una persona fija del personal debido a que, dependiendo de la labor requerida, así se busca el personal idóneo para la labor.

#### **Manifiesto del departamento de mantenimiento**

La empresa Explotec es el conjunto de distintas labores que de la mano logran un servicio integral al cliente, El departamento de mantenimiento se encarga de velar por la disponibilidad de equipo y la confiabilidad de los mismos, así como una mejor gestión de los activos físicos de la empresa para garantizar un servicio de excelencia para los clientes.

#### **Objetivos del departamento de mantenimiento:**

##### Objetivo general

- Maximizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos utilizados en el proceso productivo para garantizar la calidad del producto y la seguridad del proceso de forma económica.

##### Objetivos específicos

- Realizar el mantenimiento preventivo, correctivo y programado de los equipos utilizados en el proceso de producción.
- Realizar el mantenimiento a la infraestructura para garantizar la seguridad del personal y del proceso.
- Optimizar el tiempo y el costo de ejecución de las actividades de mantenimiento.
- Llevar un control de las bodegas y *stock* de repuestos.

## **Funciones del departamento de mantenimiento**

- Coordinar, realizar y documentar el mantenimiento preventivo y correctivo realizado a los equipos del proceso productivo.
- Coordinar y registrar el mantenimiento preventivo y correctivo de la flota vehicular.
- Programar el mantenimiento general de la infraestructura de la empresa.
- Coordinar con el departamento de producción, los paros programados para realizar las labores de mantenimiento de los equipos.
- Gestionar el control de la bodega de herramientas.
- Llevar un control del stock de repuestos.
- Coordinar las visitas para el mantenimiento subcontratado.
- Establecer un registro de los costos del mantenimiento.
- Coordinar con el departamento financiero la reposición de herramientas y materiales de uso para el mantenimiento tanto de los equipos como de la infraestructura de la empresa.

## **Interrelaciones con los departamentos**

El departamento de mantenimiento debe coordinar las labores junto con el área de producción, voladura logística, ya que el personal cuenta con habilidades específicas para distintas labores de las tres áreas de mantenimiento, lo que hace que se requiera ir alternando el personal. Esto funciona si se logra una buena organización en las labores del mantenimiento y se cuentan siempre con las tareas requeridas y las personas asignadas.

### **6.2 Modelo de Gestión de Mantenimiento Planteado**

En la siguiente imagen se muestra el modelo de gestión de mantenimiento propuesto para la empresa, en sí es un ciclo continuo de mejora, ya que se debe estar realizando análisis de la situación actual cada cierto tiempo. Esto se hace con el fin de notar puntos de mejora en las debilidades actuales, así como la evaluación de nuevas situaciones que se lleguen a presentar en la empresa e impliquen un cambio en el flujo trabajo. Por lo que se requiere evaluar semestralmente los puntos débiles obtenidos con la implementación de la norma Covenin 2500-93. Y anualmente todos los departamentos en general.

Luego se procede a la casilla del análisis de modos y efectos de fallas, como seguimiento al AMEF realizado en este proyecto, al aplicar un mantenimiento preventivo total a la línea de producción. Se debe volver a realizar una evaluación de la ocurrencia de las fallas y en caso de que se generen mejoras en el proceso productivo, se debe actualizar los modos de fallas ya que, si se sustituyen sistemas actuales por nuevas tecnologías, existirán fallas que ya no apliquen al sistema productivo. Además de esto, una mejora en el proceso también puede afectar la severidad y ocurrencia de otras fallas analizadas.

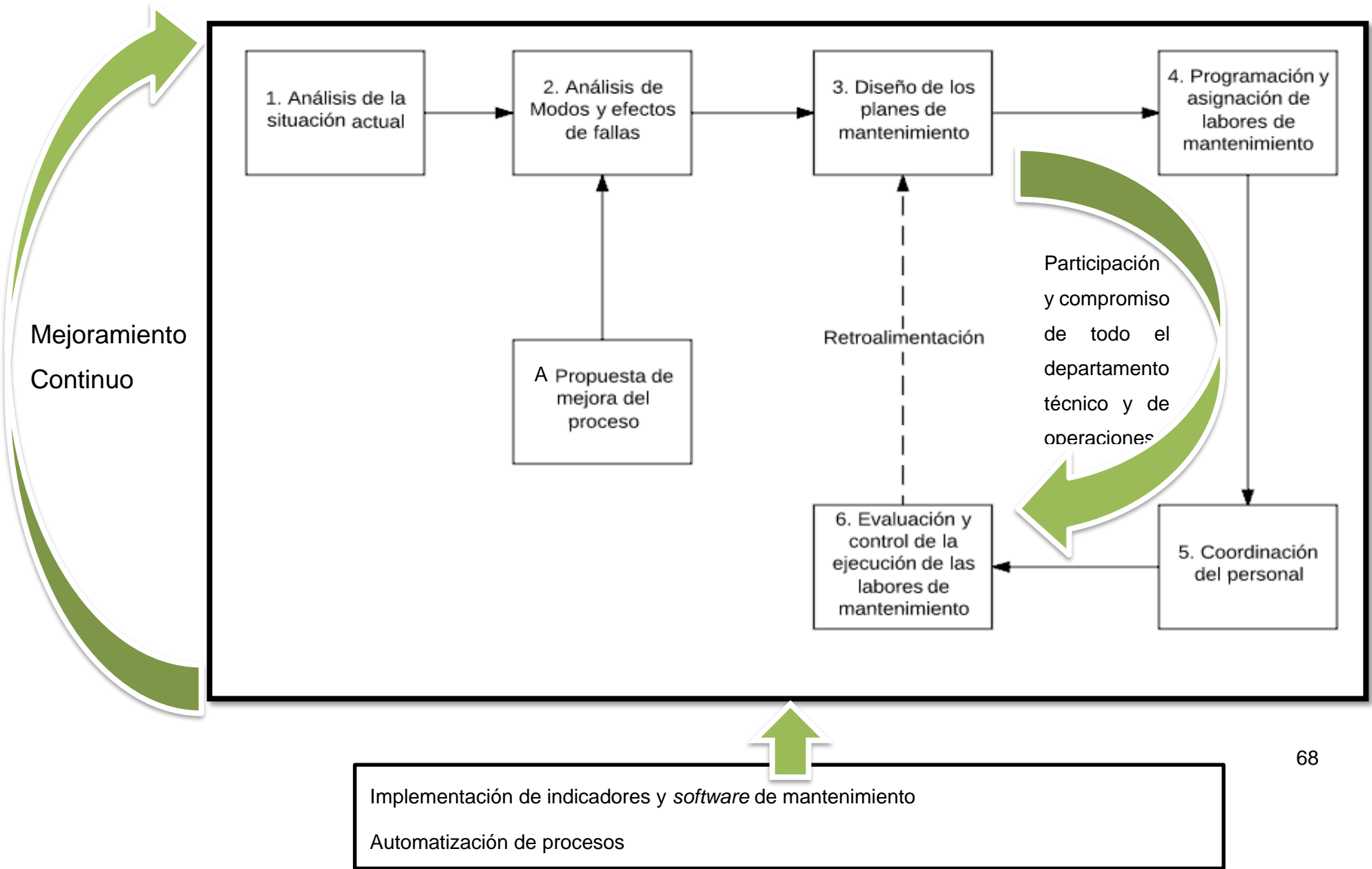
Luego se encuentra la programación y asignación de labores de mantenimiento, la coordinación del personal y la evaluación y control de la ejecución de las labores de mantenimiento. Estas tres etapas trabajan ligadas entre sí, y se debe estar en una constante retroalimentación, tanto en los planes de mantenimiento, los cuales siempre se pueden mejorar.

Además, se realiza la verificación de la realización de mantenimiento, este es un apartado clave del modelo de gestión, ya que se debe tener un estricto control del cumplimiento de las tareas asignadas y en caso de no realizarlas, determinar las razones del porqué ocurrió esta reprogramación, analizarlas y buscar soluciones para evitar que esto ocurra. Este punto es de suma importancia para lograr el cambio en la cultura de la empresa sobre la realización del mantenimiento programado.

Para la asignación de labores es clave el aspecto de coordinar personal, esto hace referencia a la coordinación del departamento de producción y el departamento técnico, el cual es clave para la realización de tareas de mantenimiento relacionadas con la infraestructura y los vehículos. Ya que para las labores del proceso productivo está el personal asignado.

Se agrega al modelo la casilla A, la cual hace referencia a propuestas de mejora en el proceso productivo, la cual se puede presentar en cualquier momento e implicaría una actualización del AMEF así como de los planes de mantenimiento

Figura 6-1: Propuesta del Modelo de Gestión de Mantenimiento



### 6.3 Propuesta de indicadores

Es de suma importancia el indicador de realización de los programas de mantenimiento, el *software* proporciona un recurso donde se registra la realización de la orden de trabajo. En caso de no realizarse, se debe indicar la razón y la reprogramación, este indicador contribuye a la retroalimentación y al seguimiento de las labores, de manera que semanalmente se debe revisar este apartado para su análisis y propuestas de mejora en el departamento de mantenimiento.

Tomando los índices planteados por el autor (Garrido) se plantea tener un seguimiento en el índice de disponibilidad total, el cual es uno de los más importantes que se debe evaluar en la planta. Se determina al dividir el número de horas que un equipo ha estado disponible para producir y el número de horas totales de un periodo. Tal como se muestra en la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada por Mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$$

Ya que esta disponibilidad es por equipo, luego se procede a calcular la media aritmética para obtener la disponibilidad total de la planta. Para este caso, se propone llevar este indicador para todos los equipos ya que son pocos y como se determinó en el AMEF, el fallo de alguno afecta directamente la producción. Sin embargo, para empezar, se puede implementar para la cosedora, el sistema neumático y el sistema de llenado de anfo. Seguido por los motores, Cajas reductoras y demás equipos de la línea de producción.

$$\text{Disponibilidad total} = \frac{\sum \text{Disponibilidad de los equipos significativos}}{\text{Número de equipos significativos}}$$

También se propone la implementación del indicador de disponibilidad por avería, de manera que se podrá cuantificar el tiempo que se detuvo la producción por intervenciones no programadas debido a averías. De forma que se podrá tener una noción de la cantidad de horas que se dedican a Mantenimiento Correctivo en la línea de producción. Esta Fórmula se muestra a continuación.

$$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada por Avería}}{\text{Horas totales}}$$

Otro indicador propuesto para implementar es el índice de cumplimiento de la planificación. El cual representa la proporción de órdenes que se realizaron en la fecha programada respecto al número total de órdenes generadas. Este indicador es oportuno para la empresa ya que va medir la planificación del mantenimiento y permite una retroalimentación para determinar en qué aspectos se puede mejorar la gestión del mantenimiento.

$$\begin{aligned} &\text{Índice de cumplimiento de la planificación} \\ &= \frac{\text{Nº de ordenes finalizadas en la fecha planificada}}{\text{Nº de ordenes totales}} \end{aligned}$$

Cabe recalcar que estos indicadores no solo deben llevarse al día, además, se requiere de un análisis semanal para conocer su evolución y así crear un panorama donde se cuantifique y demuestre mejoras en el departamento de mantenimiento.

## Capítulo 7. Control de bodegas

### 7.1 Propuesta de trabajo

En la empresa, se cuentan con varias bodegas destinadas al mantenimiento de la planta, las cuales se encuentran rotuladas como “bodega de herramientas menores” y “bodega de herramientas mayores”. Sin embargo, estas bodegas no cuentan con ninguna codificación para las herramientas, además, no existe ningún control de quién las utiliza ni si las devuelven a su lugar correspondiente.

Existen herramientas que no funcionan y permanecen ahí sin ser reparadas o sustituidas. Y los elementos consumibles de mantenimiento, tanto como pintura, tornillos entre otras, no se tiene un control de existentes o faltantes. Esto genera que cuando se requiere hacer un mantenimiento, se debe ir primero a realizar la compra de lo requerido y lo que también implica atrasos en la producción.

Se da el caso de tomar acciones como la de engrasar el sistema, ya que se cuenta con dos dispensadoras de grasa, pero en ocasiones solo queda grasa para recargar una. Por este motivo no se puedan engrasar los sistemas de forma simultánea, situación que puede evitarse si se lleva un control al día del *stock* de repuestos.

Lo expuesto también tiene repercusiones en el gasto de combustible del vehículo destinado a realizar las compras, ya que en lugar de ir una vez a realizar las compras requeridas, tiene que ir varias veces según lo requiera el mantenimiento correctivo que se presente en el día. Debido a esto se propone realizar un plan de 5 S, las cuales cuentan con las siguientes etapas:

1. Seleccionar
2. Organizar
3. Limpieza
4. Estandarizar
5. Disciplina

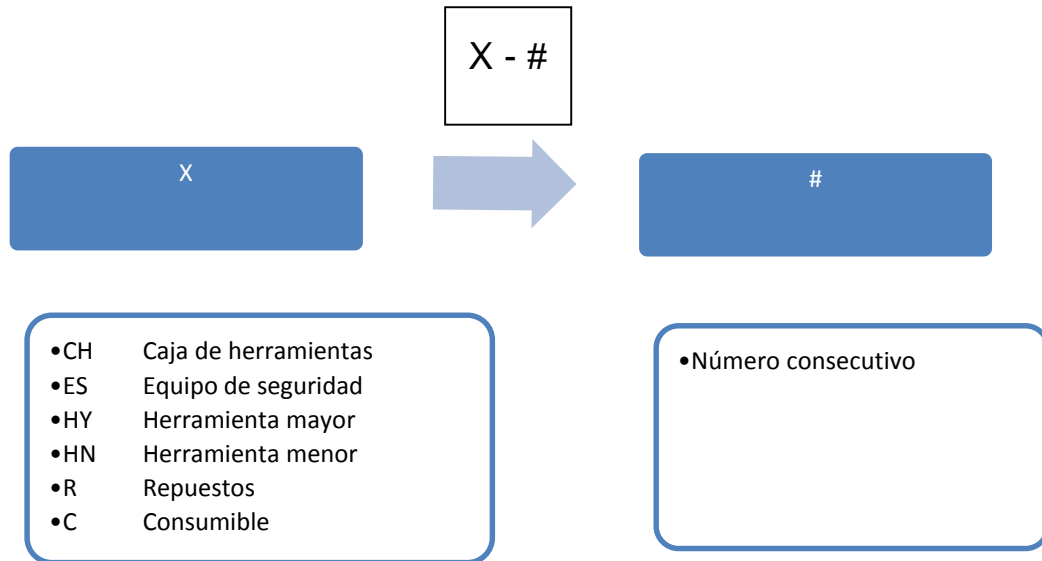
Las primeras tres etapas requieren dedicación y tiempo para realizarlas, sin embargo, si no se propone una estandarización es imposible lograr una disciplina para mantener el orden en las bodegas.



## 7.2 Bodega de herramientas mayores

Al realizar el plan de 5 S en esta bodega, se propone utilizar un código alfa numérico para las herramientas y para los consumibles de mantenimiento. El código propuesto es el siguiente

Donde:



La clasificación se define de acuerdo al tipo de equipo que existe en la bodega a continuación se hace una descripción de cada una de las clasificaciones:

1. Caja de herramientas (CH):

Estas cajas cuentan con herramientas que son utilizadas para los montajes de grúas por lo que se deben tener en un mismo lugar. En caso de que alguien requiera hacer uso de alguna herramienta, se procede a indicar en la hoja respectiva el detalle de los elementos utilizados.

2. Equipo de seguridad (ES):

El equipo de seguridad hace referencia a guantes de cuero, elementos protectores de oídos, carátulas de seguridad, cables de seguridad utilizados para trabajos en alturas, techos o grúas.

3. Herramientas mayores (HY):

Se clasifican como herramientas mayores todas aquellas que requieran algún tipo de mantenimiento, o tengan un costo mayor a 100 \$. (cien dólares)

4. Herramientas menores (HN):

Se clasifican como las herramientas que tengan un menor costo a los 100\$ y no requieran mantenimiento, una vez que fallan, se procede a desecharlas y comprar uno nuevo.

5. Consumibles (C):

Esta clasificación se realiza tanto para repuestos de las máquinas mayores que se encuentran en la bodega, así como elementos nuevos que por motivos de espacio no se pueden colocar en la bodega de consumibles.


6. Repuestos (R):

7. En este apartado se encuentran los repuestos transitorios, que han sido utilizados y sustituidos pero que pueden ser de uso en algún momento, ya sea para mandar a hacerlos a un taller o para un mantenimiento correctivo circunstancial.

Se realizó un inventario de la bodega de herramientas y el resultado se muestra en anexos. lista de equipos, donde se muestra además, el código propuesto para cada uno.

Se propone un formato de hoja para que cada vez que se utilice una herramienta se llene una boleta asignada para cada código donde se registre su uso. Esta ficha tendrá un encabezado tal como el que se muestra a continuación.

**Tabla 7-1: Formato para el control de la bodega de herramientas mayores**


 <b>Bodega de Herramientas Mayores</b> <span style="float: right;">Código: _____</span>					
Fecha	Persona solicitante	Firma	Fecha de devolución	Firma	Observaciones

Fuente: Elaboración propia, Excel 2014

### 7.3 Bodega de herramientas menores

Y también se plantea un formato de control de consumibles donde estos se brindan de acuerdo con la orden de trabajo. El formato es el siguiente:

**Tabla 7-2: Formato propuesto para los consumibles ubicados en la bodega de herramientas menores**



**Consumibles ubicados en Bodega de Herramientas Menores**

Código: \_\_\_\_\_

Fecha	Número de O.T.	Persona solicitante	Firma	Fecha de devolución	Firma	Observaciones

**Fuente: Elaboración propia, Excel 2014.**

El protocolo por seguir es primero, montar un equipo de trabajo, quien estará a cargo de las bodegas, en caso de que esta persona no se encuentre, la responsabilidad recaerá sobre el siguiente responsable. También se realizará una reunión con el personal para involucrar a todos en el proceso. Con la implementación de este plan de 5 eses, se podrá reducir los tiempos de respuesta en la aplicación de las labores de mantenimiento, así como se podrá implementar un control de *stock* de repuestos y de consumibles para evitar que cuando se realicen labores, no se tenga a disposición las herramientas requeridas.

## Capítulo 8. Análisis Económico

### 8.1 Impacto del modelo de gestión y los planes de mantenimiento

Actualmente, debido a que no existe una implementación de planes de mantenimiento preventivo, el mantenimiento correctivo está sobrecargado. Mediante un estudio de los últimos meses, se estimó que el tiempo que estuvo la producción detenida debido a fallas en los equipos y sus respectivas reparaciones, fueron de 17,32 horas mensuales y utilizando el costo de operación actual más el costo de mano de obra implica un gasto de \$ 387,58 mensuales. Tal como se ejemplifica en la siguiente tabla.

**Tabla 8-1: Costo actual implicado a tiempo de paro por averías**

<b>Costo mensual de mantenimiento Correctivo</b>		
Horas detenida la producción por averías	17,32	
costo por dejar de producir dichas horas		\$ 252,61
salario mensual del personal mantenimiento		\$ 1.132,57
salario con cargas sociales		\$ 1.619,58
costo por hora del personal		\$ 7,79
costo por mano de obra de reparación		\$ 134,96
<b>Costo del mantenimiento correctivo</b>		<b>\$ 387,58</b>

**Fuente: Elaboración propia, Excel 2014.**

Si con la implementación de los planes de mantenimiento preventivo, se estima una reducción de horas generadas por averías en un 70%, se puede calcular el ahorro anual para dos situaciones, las cuales son manteniendo el mismo personal y con el personal propuesto en el capítulo 6. El ahorro generado se muestra en la tabla siguiente:

**Tabla 8-2: Costos del ahorro mensual para dos escenarios de personal, al implementar los manuales de mantenimiento preventivo**

<b>Propuesta</b>	<b>Con el Personal Actual</b>		<b>Con el Personal Propuesto</b>	
Horas de Mantenimiento Preventivo	12,00		12,00	
salario mensual del personal mantenimiento		\$ 1.132,57		\$ 582,41
salario con cargas sociales		\$ 1.619,58		\$ 832,84
costo por hora del personal		\$ 7,79		\$ 4,01
<b>Costo Mantenimiento Preventivo</b>		<b>\$ 93,51</b>		<b>\$ 48,09</b>
Proyección de horas de Mantenimiento Correctivo	5,196		5,196	
costo por dejar de producir dichas horas		\$ 75,78		\$ 75,78
costo por mano de obra de reparación		\$ 40,49		\$ 20,82
<b>Costo del mantenimiento correctivo</b>		<b>\$ 116,27</b>		<b>\$ 96,61</b>
<b>Costo de Mantenimiento Total</b>		<b>\$ 209,78</b>		<b>\$ 144,69</b>
<b>Ahorro Mensual</b>		<b>\$ 271,31</b>		<b>\$ 290,97</b>
<b>Ahorro Anual</b>		<b>\$ 3.255,67</b>		<b>\$ 3.491,69</b>

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2014.

## **8.2 Mejoramiento en la línea de producción mediante la implementación de una Ensacadora**

Se realizó el análisis económico para determinar si es rentable sustituir el sistema de llenado de anfo por una ensacadora. Para realizar este estudio, se consideraron los siguientes aspectos:

### **Cantidad de producción y personal**

La cantidad de sacos que producen actualmente por minuto es de 1,5. Con una ensacadora podría aumentarse de 4 a 5 sacos por minuto debido al sistema de cierre del saco que debe ser manual.

Actualmente se requieren 4 personas en la línea de producción, con la ensacadora, el proceso de llenado, podría reducir este número a 3.

Si se mantienen las 2 personas en el llenado de anfo, la cantidad de sacos por minuto se estima que sea de hasta 6 sacos, mientras que si se reduce a una persona la cantidad de sacos que se producen serían 4 sacos por minuto, debido al sellado y traslado del saco.

Por lo que para calcular el costo del personal en el sistema actual y con la ensacadora, se tomó como referencia el mismo número de sacos mensuales, y al variar el tiempo que se tarde en producirlos, implica una reducción en el costo de horas laboradas en producción.

En la siguiente tabla se muestra la comparación del sistema actual al sistema con ensacadora variando de 4 a 3 operarios y por ende la cantidad de sacos por minuto por producir de 5 a 4 respectivamente.

**Tabla 8-3: Costo de operación para el sistema actual de llenado de anfo en comparación con el sistema con ensacadora**

	<b>Sistema Actual</b>	<b>Sistema con ensacadora</b>	
N sacos mensual	17607,17	17607,17	17607,17
<u>Cantidad de sacos /min</u>	<u>1,5</u>	<u>5</u>	<u>4</u>
<u>Cantidad de personal</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>3</u>
<b>Horas de producción</b>	<b>195,64</b>	<b>58,69</b>	<b>73,36</b>
Salario por operario mensual	\$514,98	\$514,98	\$514,98
Salario con Cargas sociales	\$736,42	\$736,42	\$736,42
Costo de hora del personal	\$3,54	\$3,54	\$3,54
<b>Costo de mano de obra de producción</b>	<b>\$14,17</b>	<b>\$14,17</b>	<b>\$10,63</b>
<b><u>Costo de operación</u></b>	<b>\$2.853,37</b>	<b>\$831,81</b>	<b>\$779,82</b>
<b><u>Costo de operación Anual</u></b>	<b>\$34.240,41</b>	<b>\$9.981,68</b>	<b>\$9.357,82</b>
<b>Costo/saco</b>	<b>\$0,162</b>	<b>\$0,047</b>	<b>\$0,044</b>

Fuente: Elaboración propia, Excel 2014.

## Consumo de energía eléctrica

Al sustituir el sistema de llenado de anfo, se está eliminando el consumo eléctrico del motor que alimenta el tornillo sinfín de este sistema. Para esto se procedió a medir la corriente y el voltaje del motor y utilizando el factor de potencia del dato de placa se estimó que mensualmente implica un gasto de \$ 80,68, tal como se muestra en la tabla 8-4.

**Tabla 8-4: Costo del consumo mensual de energía del sistema de llenado de Anfo actual.**

Consumo	Motor actual
I	6,9
V	233
fp	0,82
kw	2,28
horas mes	195,64
Kwh	446,71
Costo energía colones	\$0,18
<b>Consumo mensual</b>	<b>\$80,68</b>

**Fuente: Elaboración Propia, Excel 2014.**

La ensacadora tiene un consumo despreciable de acuerdo con el dato del fabricante, tiene un costo de \$15 190,00, donde incluye la instalación y la capacitación para el personal. A este precio se le debe agregar un costo de \$1 600, el cual es de la certificación para atmósferas explosivas.

### 8.2.1 TIR y VAN

Se realizó el cálculo de la tasa interna de retorno y de valor actual neto para determinar si el proyecto es factible o no, este análisis se realizó para los dos casos de operación planteados en el apartado anterior.

Para el caso de operar la ensacadora con cuatro personas, a dos años se obtiene una tasa interna de retorno de 26% y un valor actual neto de \$5.372,29. Lo que implica que el proyecto es factible y tiene un tiempo de recuperación de 17 meses.

En el caso de operar la ensacadora con tres personas, se obtiene un TIR de 34% y un VAN de \$7 628,17, lo que indica que, en el mismo lapso, al operar con una persona menos, a pesar de tener, una eficiencia menor en la cantidad de sacos producidos por minuto, que la que puede ofrecer el proceso a trabajar con 4 personas, se recupera a un plazo de 16 meses.

**Tabla 8-5: Tabla comparativa del TIR y el VAN de los dos escenarios posibles en la mejora del sistema de llenado de anfo**

<b>Periodo de 2 años</b>	<b>4 personas</b>	<b>3 personas</b>
<b>tasa</b>	<b>7%</b>	<b>7%</b>
<b>Tir</b>	<b>26%</b>	<b>34%</b>
<b>Van</b>	<b>\$ 5.372,29</b>	<b>\$ 7.628,17</b>

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2014.



## Capítulo 9. Conclusiones

- Durante la ejecución de este proyecto se logró concluir que existen altas posibilidades de mejora en la organización administrativa y específicamente en la gestión del mantenimiento, las cuales se pueden realizar mediante un trabajo en conjunto con la gerencia para crear aun departamento de mantenimiento y una reorganización del organigrama de la empresa.
- El *Modelo de Gestión de Mantenimiento* basado en el mantenimiento preventivo que se propone, logrará integrar a los departamentos de producción, técnico y de mantenimiento mismo. Pues este contempla la interrelación que requieren para lograr la producción demandada y al menor costo posible.
- Mediante el estudio de la situación actual y la creación de los planes de mantenimiento, se determinó, que no se cuenta con el personal adecuado para solventar las tareas de mantenimiento preventivo.
- Mediante el AMEF, se elaboraron los programas de mantenimiento preventivo, las fichas técnicas y las hojas de inspección diarias. Al implementar estos planes de mantenimiento con el personal adecuado, se genera un ahorro anual de \$ 1369,72.
- Se determinó, mediante el AMEF, una oportunidad de mejorar en el proceso productivo, el cual consiste en sustituir el sistema de llenado de anfo actual, por una ensacadora. Este cambio genera un ahorro en el costo de operación de \$ 24258,73 anuales. Con un retorno de la inversión a 17 meses.
- Mediante los indicadores propuestos se permite dar un seguimiento y evaluación del plan de mantenimiento y establecer un registro de fallas, el cual contribuye al mejoramiento continuo del mantenimiento preventivo de la línea de producción.
- Al implementar un plan de 5S en las bodegas de Herramientas y de consumibles, se disminuyeron los tiempos de respuesta por parte del personal ante las labores del mantenimiento y mejoró considerablemente al tener un control de lo que se cuenta en *stock* y los requerimientos de herramientas y consumibles de mantenimiento de las labores asignadas

## Capítulo 10. Recomendaciones

- Implementar el modelo de gestión de mantenimiento planteado, para lograr la organización de la empresa y la inclusión del mantenimiento preventivo al sistema.
- Incluir el departamento de mantenimiento al organigrama de la empresa para lograr una inclusión del mismo al sistema de trabajo empresarial.
- Llevar un registro de costos de mantenimiento en el departamento, para poder cuantificar gastos y realizar una reevaluación de proveedores.
- Implementar la mejora en el diseño del proceso productivo para disminuir los costos de producción y a su vez aumentar la eficiencia y calidad del servicio.
- Implementar el *software* de mantenimiento Tricom Versión 8.0, ya que este facilitará la gestión de mantenimiento y permitirá llevar indicadores para el mantenimiento de la línea de producción y a corto plazo se puede llegar a implementar para el control de la flotilla vehicular y el mantenimiento de la planta.
- Capacitar al personal para las labores de mantenimiento diario por realizar en la línea de producción.
- Programar reuniones del departamento para una mejora continua de los programas de mantenimiento.
- Contratar un técnico electromecánico para realizar las labores de mantenimiento requeridas.

## Capítulo 11. Bibliografía

- 3049-93., N. C. (1993). *Mantenimiento Definiciones*.
- A. Crespo Márquez, P. M. (2009). The maintenance management framework: A practical view to. *Safety, Reliability and Risk Analysis: Theory, Methods and Applications*, 6.
- Canales, A., Pacheco, P., & Sarno, E. (2006). *Modelo Gerencial de Mantenimiento. Fundamento Filosófico*. México.
- DaimlerCrysler Corporation. (2003). *Análisis de modos y efectos de fallas potenciales 3a edición*. New York AIAG.
- Explotec. (2016). *Lista de equipos*.
- Explotec. (2016). *Reseña histórica*.
- Garrido, S. G. (s.f.). *Organización y Gestión Integral de Mantenimiento*.
- Gutierrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. México D.F.: McGraw Hill.
- Gutiérrez Pulido, H., & De La Vara Salazar, R. (s.f.). *Control Estadístico de la Calidad Seis Sigma*. Guanajuato, Mexico: McGrawHill.
- López Campos, M., & Crespo Márquez, A. (s.f.). *Un Modelo de referencia para la gestión del mantenimiento*. Departamento de Organización Industrial y Gestión de Empresas. Universidad de Sevilla.
- (1993). *Norma COVENIN 2500-93 Manual Para Evaluar Los Sistemas De Mantenimiento En La Industria*. Venezuela.
- Prado, R. (1996). *Manual de Gestión de Mantenimiento a la medida*. Guatemala: Piedra Santa.
- Rodriguez, A. G. (2015). *Diseño de un programa de mantenimiento basado en el riesgo para Kimberly-Clark Costa Rica, Ltda*. Cartago.
- SAEJ1739. (s.f.). *Potential Failure Mode and Effects Analisis in Design (Design FMEA) and Potential Failure Mode and Effects Analisis in Manufacturing and Assembly Processes ( Process FMEA) and Effects Analisis for Machinery ( Machinery FMEA)*.

Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (2014). Propuesta de un modelo de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Revista Chilena de ingeniería*, 21(1), 125-138.

## **Apéndices**

## **Apéndice 1: Fichas Técnicas**









Equipos de la línea de producción de ANFO  
 Sistema: Sistema de Diesel  
 Elemento: Filtro  
 Código: SD-3

Fecha: Octubre 2016

Ubicación:	planta superior		Otras especificaciones requeridas:		
Marca:	Fill-Rite		tipo de filtración:	10 Micron	
Modelo:	F1810PC1		capacidad:	18 GPM/69 LPM	
Número de serie:	N/A		Presión Máxima:	120 psi / 8.1 bar	
Observaciones:					

**Historial de fallas**

Fecha	Código de falla	Trabajo Realizado	Costo



Equipos de la línea de producción de ANFO

Fecha: Octubre 2016

Sistema: Sistema de Diesel

Equipo: Tanque de almacenamiento de diesel

Código: SD-5

Ubicación:	planta superior		Otras especificaciones requeridas:			
Marca:	N/A		Diámetro:	1,22 m		
Modelo:	N/A		Altura:	1,8 m		
Número de serie:	N/A		Espesor:	1 cm		
			Capacidad	1000 L		
Observaciones:						

#### Historial de fallas

Fecha	Código de falla	Trabajo Realizado	Costo



Equipos de la línea de producción de ANFO

Fecha: Octubre 2016

Sistema: Sistema de Diesel

Equipo: Electroválvula

Código: SD-7

Ubicación:	planta superior		Otras especificaciones requeridas:				
Marca:	ASCO		Potencia:	6.1 Watts			
Modelo:	8210G015		Flujo aire (kg/cm <sup>2</sup> ):	0.35-19.54			
Número de serie:	88240-14		Flujo agua (kg/cm <sup>2</sup> ):	0.07-8-78			
conexión:	1/2 NPT		Flujo aceite (kg/cm <sup>2</sup> ):				
Observaciones:							

**Historial de fallas**

Fecha	Código de falla	Trabajo Realizado	Costo



Equipos de la línea de producción  
de ANFO

Fecha: Octubre 2016

Sistema: Sistema de Diesel  
Equipo: Flujómetro  
Código: SD-8

Ubicación:	planta superior		Otras especificaciones requeridas:	
Marca:	Tuthill		Alimentado con una batería tipo AA	
Modelo:	CC56		rango de lectura de 1-00 a 9999	
Tipo:	Contador electrónico		NEMA 7/4( A prueba de explosivo)	
Observaciones:				

**Historial de fallas**

Fecha	Código de falla	Trabajo Realizado	Costo



Equipos de la línea de producción de ANFO  
 Sistema: Sistema de Diesel  
 Equipo: Panel eléctrico  
 Código: SD-9

Fecha: Octubre 2016

Ubicación:	planta superior						
Elementos que lo conforman							
<b>Protección termomagnética</b>				<b>Relay</b>			
Marca:	Chint	Modelo:	NB1-63	Marca:	Schneider Electric		
<b>Fusible</b>				Modelo:	RXM4AB2P7		
Marca:	DF electric	Corriente:	32A	Voltaje:	230 V AC		
Modelo:	480032	Voltaje:	690 V CA	<b>Variador de frecuencia</b>			
dimensiones:	10x38			Marca:	WEG	Potencia:	3 HP
				Modelo:	FW10 Easydrive	Voltaje:	240 V
Observaciones:				Número de serie:	CFW-10	Tipo:	trifásico
<b>Historial de fallas</b>							
Fecha	Código de falla	Trabajo Realizado					Costo



Equipos de la línea de producción de ANFO  
Sistema: Sistema de Diesel  
Equipo: Variador de frecuencia  
Código: SD-10

Fecha: Octubre 2016

Ubicación:	planta superior		Otras especificaciones requeridas:			
Marca:	WEG		Potencia:	3 HP		
Modelo:	FW10 Easydrive		Voltaje:	240 V		
Número de serie:	CFW-10		Tipo:	trifásico		
Observaciones:						

**Historial de fallas**

Fecha	Código de falla	Trabajo Realizado	Costo



Equipos de la línea de producción de  
 ANFO  
 Sistema: Mesa Hidráulica  
 Equipo: Pistones Hidráulicos  
 Código: MH-2

Fecha: Octubre 2016

Ubicación:	planta superior		Otras especificaciones requeridas:		
Marca:	N/A		Dimensiones (cm)		
Modelo:	N/A		Longitud del vástago del pistón:	60	
Número de serie:	N/A		Diámetro del vástago del pistón:	5	
dimensiones:			Longitud de la camisa del pistón:	65	
Observaciones:			Diámetro de la camisa del pistón:	10	
<b>Historial de fallas</b>					
Fecha	Código de falla	Trabajo Realizado			Costo



Equipos de la línea de producción de ANFO  
 Sistema: Mesa Hidráulica  
 Equipo: Motor de la bomba  
 Código: MH-3

Fecha: Octubre 2016

Ubicación:	planta superior		Otras especificaciones requeridas:			
Marca:	-		Potencia:	2 HP		
Serie:	S3		Voltaje:	120 V		
Clase:	B		Frecuencia:	60 Hz		
			rpm:	3450		
Observaciones:			monofásico			
<b>Historial de fallas</b>						
Fecha	Código de falla	Trabajo Realizado			Costo	





Equipos de la línea de producción de ANFO  
 Sistema: Sistema de Tornillo  
 Equipo: Motor  
 Código: ST-1

Fecha: Octubre 2016

Ubicación:	planta superior	Otras especificaciones requeridas:			
Marca:	WEG	Potencia:	7.5 HP	Trifásico	
Modelo:	NBR 17094-2	Voltaje:	240 V	fp: cos(0.86)	
Número de serie:	1009784809	Corriente:	32.5A		
peso:	72 kg	Velocidad:	1730 rpm		
Observaciones:		Frecuencia:	60 Hz		
Motor para atmósferas explosivas					
Distribuidora Cetransa. Tel: 2296-4343					
Fecha de instalación: 3-2-2011					
<b>Historial de fallas</b>					
Fecha	Código de falla	Trabajo Realizado			Costo



Equipos de la línea de producción de ANFO  
 Sistema: Sistema de Tornillo  
 Equipo: Acople motor-tornillo  
 Código: ST-3

Fecha: Octubre 2016

Ubicación:	planta superior		Otras especificaciones requeridas:			
Marca:	desconocida		Tipo:	Estrella		
Modelo:	N/A		Material:	Hule		
Número de serie:	N/A					
dimensiones:						
Observaciones:						

**Historial de fallas**

Fecha	Código de falla	Trabajo Realizado	Costo



Equipos de la línea de producción de  
 ANFO  
 Sistema: Sistema de Tornillo  
 Equipo: Panel Eléctrico  
 Código: ST-4

Fecha: Octubre 2016

Ubicación:	planta superior						
<b>Elementos que lo conforman</b>							
<b>Contactores</b>				<b>Switch NA</b>			
Marca:	ABB	Modelo:	A30-30-10	Marca:	Schneider Electric		
Marca:				Modelo:	C60N C16		
<b>Relé Térmica</b>				Voltaje:	400 VAC		
Marca:	Stromelec	Corriente:	30-40A				
Observaciones:							
<b>Historial de fallas</b>							
Fecha	Código de falla	Trabajo Realizado				Costo	



Equipos de la línea de producción de ANFO  
 Sistema: Sistema de Tornillo  
 Equipo: Caja reductora  
 Código: ST-5

Fecha: Octubre 2016

Ubicación:	planta superior		Otras especificaciones requeridas:			
Marca:	Motovario		relación de reducción:	28,31		
Modelo:	556874B					
Número de serie:	N/A					
dimensiones:						
Observaciones:						

**Historial de fallas**

Fecha	Código de falla	Trabajo Realizado	Costo



Equipos de la línea de producción de ANFO  
Sistema: Sistema de Tornillo de transporte  
Equipo: Motoreductor  
Código: SR-1

Fecha: Octubre 2016

Ubicación:	planta superior		Otras especificaciones requeridas:				
Marca:	Marathon		Potencia:	1.5 HP			
Modelo:			Voltaje:	220 V			
Número de serie:				Monofásico			
Observaciones:							

**Historial de fallas**

Fecha	Código de falla	Trabajo Realizado	Costo



Equipos de la línea de producción de ANFO  
 Sistema: Sistema de Tornillo de llenado de ANFO  
 Equipo: Motor  
 Código: SL-1

Fecha: Octubre 2016

Ubicación:	planta inferior		Otras especificaciones requeridas:			
Marca:	WEG		Potencia:	3 HP		
Modelo:	NBR 17094-2		Voltaje:	120/240 V		
Número de serie:	1020901501		Corriente:	28/14 A		
Peso:	44 kg		fp:	0,82		
Observaciones:			Temperat max:	40 °C		


**Historial de fallas**

Fecha	Código de falla	Trabajo Realizado	Costo



Equipos de la línea de producción de ANFO  
 Sistema: Sistema de Tornillo de llenado de ANFO  
 Equipo: Romana  
 Código: SL-5

Fecha: Octubre 2016

Ubicación:	planta inferior		Otras especificaciones requeridas:				
Marca:	Ballar		Capacidad:	500 kg			
Modelo:			Incertidumbre:				
Número de serie:							
dimensiones:							
Observaciones:							
<b>Historial de fallas</b>							
Fecha	Código de falla	Trabajo Realizado				Costo	



Equipos de la línea de producción de ANFO  
 Sistema: Sistema de Tornillo de llenado de ANFO  
 Equipo: Panel eléctrico  
 Código: SL-6

Fecha: Octubre 2016

Ubicación:	planta inferior		Otras especificaciones requeridas:				
<b>Elementos que lo conforman</b>							
<b>Protección termomagnética</b>				<b>Relay</b>			
Marca:	Chint	Modelo:	NB1-63	Marca:	Schneider Electric		
<b>Fusible 1P</b>				Modelo:	RXM4AB2P7		
Marca:	STECK	Corriente:	32A	Voltaje:	230 V AC		
Modelo:	SDZ C26	Voltaje:	690 V CA	<b>Variador de frecuencia</b>			
dimensiones:	10x38			Marca:	WEG	Potencia:	3 HP
PLC Zelio Logic				Modelo:	FW10 Easydrive	Voltaje:	240 V
Marca:	Schneider Electric		100-240 V CA	No. de serie:	CFW-10	Tipo:	trifásico
Observaciones:							
<b>Historial de fallas</b>							
Fecha	Código de falla	Trabajo Realizado					Costo





Equipos de la línea de producción de ANFO

Fecha: Octubre 2016

Sistema: Sistema de Tornillo de llenado de ANFO  
 Equipo: Cierre mecánico  
 Código: SL-7

Ubicación:	planta inferior		Otras especificaciones requeridas:			
Marca:	N/A		Disco metálico			
Modelo:	N/A					
Número de serie:	N/A					
dimensiones:	24 cm diámetro y 1 cm de espesor					
Observaciones:						
<b>Historial de fallas</b>						
Fecha	Código de falla	Trabajo Realizado			Costo	



Equipos de la línea de producción de ANFO

Fecha:  
Octubre 2016

Sistema: Cosedora de sacos

Equipo: Maquina cosedora

Código: CS-1

Ubicación:	planta inferior		Otras especificaciones requeridas:		
Marca:	Union Special		Presión de operación:	44 a 59 psi (3 a 4 bar)	
Modelo:	80800RL				
Número de serie:					
Observaciones:					
Mantenimiento tercerizado, programado mensualmente.					
<b>Historial de fallas</b>					
Fecha	Código de falla	Trabajo Realizado			Costo



Equipos de la línea de producción de ANFO  
 Sistema: Sistema Neumático  
 Equipo: Unidad Compresora  
 Código: SN-1

Fecha: Octubre  
 2016

Ubicación:	planta inferior		Otras especificaciones requeridas:				
Marca:	Quincy		Potencia:	5 HP	MaxRPM	0,82	
Modelo:	QT-54		Voltaje:	230 V	ACFM a max RPM:	15,2	
Dimensiones(in):	29x21		Min RPM	550			
Peso:	185 lb		ACFM a min RPM:	6,4			
Observaciones:			Temperat max:	40 °C			

**Historial de fallas**

Fecha	Código de falla	Trabajo Realizado	Costo

## **Apéndice 2: Programa de Mantenimiento**



## Programa de Mantenimiento Preventivo

Fecha: Oct-2016

Equipo: Motor

Código:PMP-M

Inspección	P.	T.	R.	Paro
Limpieza externa de la carcasa. Eliminar acumulación de aceite o polvo presente.	W	10	O	S
Inspeccionar estado del ventilador. Limpiar las entradas y salidas de aire, Asegurar flujo libre de aire.	M	20	T	S
Medir resistencia de aislamiento.	A	60	T	S
Verificar las conexiones de los cables de alimentación. Aislar o reemplazar cables expuestos o oxidados.	M	30	T	S
Verificar el apriete de los tornillos de conexión, sujeción y fijación.	M	15	T	S
Inspeccionar el estado de los rodamientos mediante mediciones de temperatura con cámara termográfica y monitorio de horas operadas vrs vida util.	M	20	T	N
Medir desbalance entre fases. Documentar.	T	30	T	N



## Programa de Mantenimiento Preventivo

Fecha: Oct-2016

Equipo: Bomba autosevante

Código:PMP-BA

Inspección	P.	T.	R.	Paro
Limpieza externa de la carcasa y embrague. Eliminar acumulación de aceite o polvo presente.	W	20	O	N
Revisión y ajuste de fajas	M	20	T	S
Ajuste de anillos de desgaste.	M	30	T	S
Verificar el apriete de los tornillos de conexión, sujeción y fijación.	M	15	T	S
Inspección ante variaciones de ruido, cambiar roll de empuje y plato de desgaste.	M	120	T	N
Revisión de desgaste del impulsor de neopreno.	M	60	T	S
Revisar que no existan fugas.	D	10	O	N



## Programa de Mantenimiento Preventivo

Fecha: Oct-2016

Equipo: Caja Reductora

Código:PMP-CR

Inspección	P.	T.	R.	Paro
Limpieza externa de la carcasa. Eliminar acumulación de aceite o polvo presente.	W	20	O	S
Verificar que no se presenten fugas de aceite. Documentar.	W	20	O	S
Inspeccionar presencia de vibraciones o ruidos anómalos. Documentar.	M	30	T	S
Lubricar rodamientos.	M	15	T	S
Inspeccionar el estado de los rodamientos mediante mediciones de temperatura con cámara termográfica y monitorio de horas operadas vrs vida util.	M	20	T	N



## Programa de Mantenimiento Preventivo

Fecha: Oct-2016

Equipo: Sistema Neumático

Código:PMP-WN

Inspección	P.	T.	R.	Paro
Verificar que no se presenten fugas en pistón.	D	5	O	S
Cambio de filtros de unidad de mantenimiento	T	60	T	S
Verificar fijación y resoque de tornillos del pistón neumático	W	30	T	S
Verificar integridad de cableado. (tuberías y acoples)	D	5	O	N
Realizar purga de filtro del sistema neumatico	D	5	O	N
Cambio de aceite a unidad compresora.	A	60	T	S



## Programa de Mantenimiento Preventivo

Fecha: Oct-2016

Equipo: Panel Eléctrico

Código:PMP-PE

Inspección	P.	T.	R.	Paro
Medir voltaje entre líneas para determinar si hay desbalance. Documentar.	E	30	T	N
Medir corriente en entradas de elementos y comprobar con el dato de ficha técnica.	M	30	T	N
Medir temperatura con camara termográfica en contactores, conexiones, relés, protecciones e interruptores. Esto Para determinar presencia de focos de calor relacionados a falsos contactos. Dcumentar.	T	30	T	N
Revisar presencia de óxido en contactos de potencia. En caso de existir limpiar o reemplazar.	M	30	T	S
Limpieza externa e interna de los elementos del panel con los productos adecuados.	M	60	T	S
Limpiar entradas y salidas del PLC.	T	60	T	S
Verificar continuidad en elementos de mando de emergencia.	T	30	T	S
Limpieza externa del panel electrico	W	10	O	N



## Programa de Mantenimiento Preventivo

Fecha: Oct-2016

Equipo: Tornillo sinfín

Código:PM-TW

Inspección	P.	T.	R.	Paro
Revisión del desgaste del tornillo, el estado de soldaduras y eje.	M	30	T	S
Revisar acople de rodamientos.	M	20	T	S
Limpieza de estructura donde se ubica el tornillo( Muñoneras, acoples y tornillo)	D	30	O	S



## Programa de Mantenimiento Preventivo

Fecha: Oct-2016

Equipo: Maquina Cosedora

Código:PMP-CO

Inspección	P.	T.	R.	Paro
Limpieza externa de la carcaza.Eliminar acumulación de polvo presente con pistola de aire comprimido.	D	5	O	S
Resocar tornillos en los piñones de la cadena	M	20	T	S
Revisión de desgaste de cadena	M	30	T	S
Revisión de desgaste de rodamientos de tracción.	M	30	T	S
Resocar tornillos.	M	15	T	S
Verificar cobertura de cables de conexión.	M	20	T	S
Engrase de rodamientos.	T	20	T	S
Engrase interno de la maquina en puntos indicados por el fabricante. Al inicio y final de su uso diario.	D	5	O	S
Limpieza de la cadena	W	20	O	S





## Programa de Mantenimiento Preventivo

Equipo: Romana

Fecha: Oct-2016

Código:PM-R

Inspección	P.	T.	R.	Paro
Revisión de calibración con pesa de referencia	D	5	O	S
Limpieza de la estructura	W	20	T	S
Calibración de la romana	W	10	T	S



## Programa de Mantenimiento Preventivo

Fecha: Oct-2016

Equipo: Accesorios del sistema diesel

Código:PM-AD

Inspección	P.	T.	R.	Paro
Verificar cierre y apertura de valvula check	M	10	T	S
Verificar cierre y estanqueidad de válvulas de servicio. En caso de fugas, cambiar empaques o Reemplazar.	M	20	T	S
Comprobar conexión electrica, cierre y apertura de la electroválvula.	M	30	T	S
Cambio de filtros del sistema.	T	30	T	S
Limpieza y revisión de conexiones del flujómetro.	M	31	T	S
Limpieza interna del display electrónico de contador de litros.	T	32	T	S
Limpieza externa del tanque de Diesel y verificar que no existan fugas. En caso contrario informar.	D	10	O	N
Revisar que no existan fugas en las tuberías.	D	20	O	N



## Programa de Mantenimiento Preventivo

Fecha: Oct-2016

Equipo: Bandas Transportadoras

Código:PM-BT

Inspección	P.	T.	R.	Paro
Engrase de rodamientos	W	20	O	S
Limpieza de banda	D	10	T	S
Revisar la tensión de la banda	D	10	T	S
verificar alineamiento de la banda	D	5	O	S
Revisar y engrasar cadena de transmisión	W	20	T	S
Ajustar y alinear bandas	W	20	O	S



## Programa de Mantenimiento Preventivo

Fecha: Oct-2016

Equipo: Unidad Compresora

Código:PM-UC

Inspección	P.	T.	R.	Paro
Cambio de aceite de la unidad.	E	120	T	S
Medición de temperatura para revisar estado de rodamientos.	M	120	T	N
revisar tensión de bandas de transmisión.	M	30	T	S



## Programa de Mantenimiento Preventivo

Equipo: Mesa Hidráulica

Fecha: Oct-2016

Código:PM-MH

Inspección	P.	T.	R.	Paro
Verificar que no se presenten fugas en pistón.	W	20	O	S
Cambio de filtros de unidad de mantenimiento	T	60	T	S
Verificar fijación y resoque de tornillos del pistón hidráulicos	W	30	T	S
Verificar integridad de cableado.(tuberías y acoples)	D	5	O	N
Cambio de aceite del sistema	A	60	T	S
Revisión de niveles de aceite	D	5	O	N
Revisar que no existan fugas en el sistema	D	10	O	N

## **Apéndice 3: Hojas de inspección Periódicas**



## Formulario Para Inspecciones Diarias: Planta Superior

Semana: _ - _ - _ al : _ - _ - _															
Herramientas:	<b>Nomenclatura:</b> L Lunes R Responsable K Martes D Duración M Miércoles O Operario J Jueves T Técnico V Viernes S Sábado														
Implementos de limpieza: trapos, estopas, Desengrasante.															
Equipo de seguridad: Zapatos y lentes de seguridad, guantes.															
Normas de seguridad: No utilizar celulares o dispositivos electrónicos. En caso de un conato de incendio, evacuar el lugar.															
<b>Sistema: Llenado de Diesel</b>															
Unidad: Tubería de Diesel	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 12.5%;">L</td> <td style="width: 12.5%;">K</td> <td style="width: 12.5%;">M</td> <td style="width: 12.5%;">J</td> <td style="width: 12.5%;">V</td> <td style="width: 12.5%;">S</td> <td style="width: 12.5%; background-color: #f4a460;">R</td> <td style="width: 12.5%; background-color: #f4a460;">D</td> </tr> </table>	L	K	M	J	V	S	R	D						
L	K	M	J	V	S	R	D								
Revisar que no existan fugas en las tuberías.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">O</td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">10</td> </tr> </table>							O	10						
						O	10								
Unidad: Tanque de Diesel															
Limpieza externa del tanque de Diesel y verificar que no existan fugas.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">O</td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">10</td> </tr> </table>							O	10						
						O	10								
<b>Sistema: Mesa Hidráulica</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 12.5%;">L</td> <td style="width: 12.5%;">K</td> <td style="width: 12.5%;">M</td> <td style="width: 12.5%;">J</td> <td style="width: 12.5%;">V</td> <td style="width: 12.5%;">S</td> <td style="width: 12.5%; background-color: #f4a460;">R</td> <td style="width: 12.5%; background-color: #f4a460;">D</td> </tr> </table>	L	K	M	J	V	S	R	D						
L		K	M	J	V	S	R	D							
Unidad: Tuberías hidráulicas															
Revisar que no existan fugas en las tuberías.	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">O</td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">10</td> </tr> </table>							O	10						
						O	10								
Verificar integridad de cableado.(tuberías y acoples)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">O</td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">5</td> </tr> </table>							O	5						
						O	5								
Revisión de niveles de aceite	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">O</td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">5</td> </tr> </table>							O	5						
						O	5								
<b>Sistema: Sistema de Tornillo</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 12.5%;">L</td> <td style="width: 12.5%;">K</td> <td style="width: 12.5%;">M</td> <td style="width: 12.5%;">J</td> <td style="width: 12.5%;">V</td> <td style="width: 12.5%;">S</td> <td style="width: 12.5%; background-color: #f4a460;">R</td> <td style="width: 12.5%; background-color: #f4a460;">D</td> </tr> </table>	L	K	M	J	V	S	R	D						
L		K	M	J	V	S	R	D							
Unidad: Tornillo															
Limpieza de estructura donde se ubica el tornillo	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">O</td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">30</td> </tr> </table>							O	30						
						O	30								
<b>Sistema: Sistema de Traslado</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 12.5%;">L</td> <td style="width: 12.5%;">K</td> <td style="width: 12.5%;">M</td> <td style="width: 12.5%;">J</td> <td style="width: 12.5%;">V</td> <td style="width: 12.5%;">S</td> <td style="width: 12.5%; background-color: #f4a460;">R</td> <td style="width: 12.5%; background-color: #f4a460;">D</td> </tr> </table>	L	K	M	J	V	S	R	D						
L		K	M	J	V	S	R	D							
Unidad: Tornillo															
Limpieza de estructura donde se ubica el tornillo	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">O</td> <td style="width: 12.5%; text-align: center;">30</td> </tr> </table>							O	30						
						O	30								
<b>Observaciones:</b>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 12.5%;">Día</th> <th style="width: 87.5%;">Responsable</th> </tr> <tr> <td>L</td> <td></td> </tr> <tr> <td>K</td> <td></td> </tr> <tr> <td>M</td> <td></td> </tr> <tr> <td>J</td> <td></td> </tr> <tr> <td>V</td> <td></td> </tr> <tr> <td>S</td> <td></td> </tr> </table>	Día	Responsable	L		K		M		J		V		S	
Día	Responsable														
L															
K															
M															
J															
V															
S															



Formulario Para Inspecciones Diarias: Planta Inferior

Semana: _ _ _ al : _ _ _									
Herramientas:	Nomenclatura:								
Implementos de limpieza: trapos, estopas, Desengrasante.	L	Lunes	R	Responsable					
Equipo de seguridad: Zapatos y lentes de seguridad, guantes.	K	Martes	D	Duración					
Normas de seguridad: No utilizar celulares o dispositivos electrónicos. En caso de un conato de incendio, evacuar el lugar.	M	Miércoles	O	Operario					
	J	Jueves	T	Técnico					
	V	Viernes							
	S	Sábado							
Sistema:Llenado Anfo	L	K	M	J	V	S	R	D	
Unidad: Tornillo									
Limpieza de estructura donde se ubica el tornillo al finalizar la							O	30	
Unidad: Romana									
Revisión de calibración con pesa de referencia							O	5	
Sistema: Cosedora de sacos	L	K	M	J	V	S	R	D	
Unidad: Maquina Cosedora									
Limpieza externa de la carcaza con pistola de aire comprimido.							O	5	
Engrase interno de la maquina en puntos indicados por el fabricante. Al							O	5	
Sistema:Sistema Neumático	L	K	M	J	V	S	R	D	
Unidad:Elementos que lo componen									
Verificar integridad de cableado.(tuberías y acoples)								5	
Realizar purga de filtro del sistema neumatico								5	
Sistema:Bandas Transportadoras	L	K	M	J	V	S	R	D	
Unidad: Banda									
Limpieza de banda							O	5	
Revisar la tensión de la banda							O	5	
verificar alineamiento de la banda							O	5	
<b>Observaciones:</b>	<b>Día</b>	<b>Responsable:</b>							
	L								
	K								
	M								
	J								
	V								
	S								



## Formulario Para Inspecciones Semanales: Planta Inferior

Semana: _ - _ - _ al : _ - _ - _		Responsable: Técnico	
Herramientas:		Nomenclatura:	
Implementos de limpieza: trapos, estopas, Desengrasante.		L	Lunes R Responsable
		K	Martes D Duración
Equipo de seguridad: Zapatos y lentes de seguridad, guantes.		M	Miércoles O Operario
		J	Jueves T Técnico
Normas de seguridad: No utilizar celulares o dispositivos electrónicos. En caso de un conato de incendio, evacuar el lugar.		V	Viernes
		S	Sábado
Sistema:Sistema Neumático		Firma del Responsable	
Unidad: Elementos que lo componen			
Verificar que no se presenten fugas en pistón.			20
Verificar fijación y resoque de tornillos del pistón neumático			20
Sistema:Bandas Transportadoras		Firma del Responsable	
Unidad: Banda			
Ajustar y alinear bandas			20
Sistema:Llenado Anfo		Firma del Responsable	
Unidad: Caja Reductora			
Verificar que no se presenten fugas de aceite. Documentar.			20
<b>Observaciones:</b>			
Formulario Para Inspecciones Semanales: Planta Superior			
Sistema:Llenado de Diesel		Firma del Responsable	
Unidad: Bomba del diesel			
Limpieza externa de la carcasa y embrague. Eliminar acumulación de aceite o polvo presente.			20
Sistema: Mesa Hidráulica		Firma del Responsable	
Unidad: Componentes del sistema			
Verificar que no se presenten fugas en pistón.			20
Verificar fijación y resoque de tornillos del pistón hidráulicos			20
Sistema:Sistema de Tornillo		Firma del Responsable	
Unidad: Caja Reductora			
Verificar que no se presenten fugas de aceite. Documentar.			20
Sistema:Sistema de Traslado		Firma del Responsable	
Unidad: Caja Reductora			
Verificar que no se presenten fugas de aceite. Documentar.			20
Sistema:Sistema de Traslado		Firma del Responsable	
Unidad: Caja Reductora			
Verificar que no se presenten fugas de aceite. Documentar.			20
<b>Observaciones:</b>			





## Formulario Para Inspecciones Semanales: Planta Inferior

Semana: _ - _ - _ al : _ - _ - _		Responsable: Operario	
Herramientas:	Nomenclatura:		
Implementos de limpieza: trapos, estopas, Desengrasante.	L Lunes	R Responsable	
	K Martes	D Duración	
Equipo de seguridad: Zapatos y lentes de seguridad, guantes.	M Miércoles	O Operario	
	J Jueves	T Técnico	
	V Viernes		
Normas de seguridad: No utilizar celulares o dispositivos electrónicos. En caso de un conato de incendio, evacuar el lugar.	S Sábado		
<b>Sistema: Llenado Anfo</b>	Firma del Responsable		D
Unidad: Motor			
Limpieza externa de la carcasa. Eliminar acumulación de aceite o polvo presente.			10
Unidad: Caja Reductora			
Limpieza externa de la carcasa. Eliminar acumulación de aceite o polvo presente.			20
Unidad: Romana			
Limpieza externa del equipo			10
Calibración de la romana			10
<b>Sistema: Cosedora de sacos</b>	Firma del Responsable		D
Unidad: Maquina Cosedora			
Limpieza externa de la carcasa. Eliminar acumulación de polvo presente con pistola de aire comprimido.			5
Engrase interno de la maquina en puntos indicados por el fabricante. Al inicio y final de su uso diario.			5
<b>Sistema: Sistema Neumático</b>	Firma del Responsable		D
Unidad: Elementos que lo componen			
Limpieza de tapa de cierre de llenado			10
<b>Sistema: Bandas Transportadoras</b>	Firma del Responsable		D
Unidad: Banda			
Ajustar y alinear bandas			20
Unidad: Motor			
Limpieza externa de la carcasa. Eliminar acumulación de aceite o polvo			10
Unidad: Caja Reductora			
Limpieza externa de la carcasa. Eliminar acumulación de aceite o polvo presente.			20
<b>Observaciones:</b>			





## Formulario Para Inspecciones Semanales: Planta Superior

Semana: - - - al : - - -	Responsable: Operario	
Herramientas:	<b>Nomenclatura:</b> L Lunes            R Responsable K Martes         D Duración M Miércoles      O Operario J Jueves           T Técnico V Viernes S Sábado	
Implementos de limpieza: trapos, estopas, Desengrasante.		
Equipo de seguridad: Zapatos y lentes de seguridad, guantes.		
Normas de seguridad: No utilizar celulares o dispositivos electrónicos. En caso de un conato de incendio, evacuar el lugar.		
<b>Sistema: Llenado de Diesel</b>		
Unidad: Motor	Firma del Responsable	D
Limpieza externa de la carcasa. Eliminar acumulación de aceite o polvo		10
Unidad: Caja Reductora		
Limpieza externa de la carcasa. Eliminar acumulación de aceite o polvo presente.		20
<b>Sistema: Sistema de Tornillo</b>	Firma del Responsable	
Unidad: Motor		
Limpieza externa de la carcasa. Eliminar acumulación de aceite o polvo presente.		10
Unidad: Caja Reductora		
Limpieza externa de la carcasa. Eliminar acumulación de aceite o polvo presente.		20
<b>Sistema: Sistema de Traslado</b>	Firma del Responsable	
Unidad: Motor		
Limpieza externa de la carcasa. Eliminar acumulación de aceite o polvo presente.		10
Unidad: Caja Reductora		
Limpieza externa de la carcasa. Eliminar acumulación de aceite o polvo		20
<b>Sistema: Sistema de Traslado</b>	Firma del Responsable	
Unidad: Motor		
Limpieza externa de la carcasa. Eliminar acumulación de aceite o polvo presente.		10
Unidad: Caja Reductora		
Limpieza externa de la carcasa. Eliminar acumulación de aceite o polvo presente.		20
<b>Observaciones:</b>		



## Formulario Para Inspecciones Mensuales: Planta Inferior

Semana: _ _ _ _ al : _ _ _ _	Responsable: Técnico	
Herramientas:	<b>Nomenclatura:</b> L Lunes R Responsable K Martes D Duración M Miércoles O Operario J Jueves T Técnico V Viernes S Sábado	
Implementos de limpieza: trapos, estopas, Desengrasante.		
Equipo de seguridad: Zapatos dieléctricos, lentes de seguridad, guantes.		
Normas de seguridad: No utilizar celulares o dispositivos electrónicos. En caso de un conato de incendio, evacuar el lugar.		
<b>Sistema: Llenado Anfo</b>		
Unidad: Motor	Firma del Responsable	D
Inspeccionar estado del ventilador. Limpiar las entradas y salidas de aire, Asegurar flujo libre de aire.		20
Verificar las conexiones de los cables de alimentación. Aislar o reemplazar cables expuestos o oxidados.		30
Verificar el apriete de los tornillos de conexión, sujeción y fijación.		15
Inspeccionar el estado de los rodamientos mediante mediciones de temperatura con cámara termográfica y monitorio de horas operadas		20
Unidad: Caja Reductora		
Inspeccionar presencia de vibraciones o ruidos anómalos. Documentar.		30
Lubricar rodamientos.		15
Inspeccionar el estado de los rodamientos mediante mediciones de temperatura con cámara termográfica y monitorio de horas operadas		20
Unidad: Tornillo Sinfin		
Revisión del desgaste del tornillo, el estado de soldaduras y eje.		30
Revisar acople de rodamientos.		20
Unidad: Panel Eléctrico		
Medir corriente en entradas de elementos y comprobar con el dato de ficha técnica.		30
Revisar presencia de óxido en contactos de potencia. En caso de existir limpiar o reemplazar.		30
Limpieza externa e interna de los elementos del panel con los productos adecuados.		60
Unidad: Romana		
Calibración de la romana		10
<b>Sistema: Cosedora de sacos</b>		
Unidad: Maquina Cosedora	Firma del Responsable	D
Resocar tornillos en los piñones de la cadena		20
Revisión de desgaste de cadena		30
Revisión de desgaste de rodamientos de tracción.		30
Resocar tornillos.		15
Verificar cobertura de cables de conexión.		20
<b>Sistema: Bandas Transportadoras</b>		
Unidad: Banda	Firma del Responsable	D
Engrase de rodamientos		20
Revisar y engrasar cadena de transmisión		20
Verificar que no se presenten fugas de aceite. Documentar.		20

**Observaciones:**



## Formulario Para Inspecciones Mensuales: Planta Superior

Semana: _ _ _ al : _ _ _	Responsable: Técnico	
<b>Herramientas:</b>	<b>Nomenclatura:</b> L Lunes      R Responsable K Martes     D Duración M Miércoles   O Operario J Jueves      T Técnico V Viernes S Sábado	
Implementos de limpieza: trapos, estopas, Desengrasante. Caja de Herramientas, Amperímetro		
Equipo de seguridad: Zapatos dieléctricos, lentes de seguridad y guantes.		
Normas de seguridad: No utilizar celulares o dispositivos electrónicos. En caso de un conato de incendio, evacuar el lugar.		
<b>Sistema: Llenado de Diesel</b>	Firma del Responsable	<b>D</b>
Unidad: Motor		
Inspeccionar estado del ventilador. Limpiar las entradas y salidas de aire, Asegurar flujo libre de aire.		20
Verificar las conexiones de los cables de alimentación. Aislar o reemplazar cables expuestos o oxidados.		30
Verificar el apriete de los tornillos de conexión, sujeción y fijación.		15
Inspeccionar el estado de los rodamientos mediante mediciones de temperatura con cámara termográfica y monitorio de horas operadas		20
Unidad: Caja Reductora		
Inspeccionar presencia de vibraciones o ruidos anómalos. Documentar.		30
Lubricar rodamientos.		15
Inspeccionar el estado de los rodamientos mediante mediciones de temperatura con cámara termográfica y monitorio de horas operadas vrs vida util.		20
Unidad: Bomba		
Revisión y ajuste de fajas		20
Ajuste de anillos de desgaste.		30
Verificar el apriete de los tornillos de conexión, sujeción y fijación.		15
Inspección ante variaciones de ruido, cambiar roll de empuje y plato de desgaste.		120
Revisión de desgaste del impulsor de neopreno.		60
Unidad: Panel Eléctrico		
Medir corriente en entradas de elementos y comprobar con el dato de ficha técnica.		30
Revisar presencia de óxido en contactos de potencia. En caso de existir limpiar o reemplazar.		30
Limpieza externa e interna de los elementos del panel con los productos adecuados.		60
Unidad: Accesorios		
Verificar cierre y apertura de valvula check		10
Verificar cierre y estanqueidad de válvulas de servicio. En caso de fugas, cambiar empaques o Reemplazar.		20
Comprobar conexión electrica, cierre y apertura de la electroválvula.		30
Limpieza y revisión de conexiones del flujómetro.		30
<b>Observaciones:</b>		



## Formulario Para Inspecciones Mensuales: Planta Superior

Semana: _ - _ - _ al : _ - _ - _	Responsable: Técnico	
Herramientas:	Nomenclatura:	
Implementos de limpieza: trapos, estopas, Desengrasante. Elemento Lubricante, Caja de Herramientas, Amperímetro. Cámara termográfica	L Lunes	R Responsable
Equipo de seguridad: Zapatos dieléctricos, lentes de seguridad y guantes.	K Martes	D Duración
	M Miércoles	O Operario
	J Jueves	T Técnico
	V Viernes	
	S Sábado	
Normas de seguridad: No utilizar celulares o dispositivos electrónicos. En caso de un conato de incendio, evacuar el lugar.		
<b>Sistema: Sistema de Traslado</b>	Firma del Responsable	<b>D</b>
Unidad: Motor		
Inspeccionar estado del ventilador. Limpiar las entradas y salidas de aire, Asegurar flujo libre de aire.		20
Verificar las conexiones de los cables de alimentación. Aislar o reemplazar cables expuestos o oxidados.		30
Verificar el apriete de los tornillos de conexión, sujeción y fijación.		15
Inspeccionar el estado de los rodamientos mediante mediciones de temperatura con cámara termográfica y monitorio de horas operadas vrs vida util.		20
Unidad: Caja Reductora		
Inspeccionar presencia de vibraciones o ruidos anómalos. Documentar.		30
Lubricar rodamientos.		15
Inspeccionar el estado de los rodamientos mediante mediciones de temperatura con cámara termográfica y monitorio de horas operadas		20
Limpieza externa de la carcasa. Eliminar acumulación de aceite o polvo presente.		20
<b>Sistema: Sistema de Tornillo</b>	Firma del Responsable	<b>D</b>
Unidad: Motor		
Inspeccionar estado del ventilador. Limpiar las entradas y salidas de aire, Asegurar flujo libre de aire.		20
Verificar las conexiones de los cables de alimentación. Aislar o reemplazar cables expuestos o oxidados.		30
Verificar el apriete de los tornillos de conexión, sujeción y fijación.		15
Inspeccionar el estado de los rodamientos mediante mediciones de temperatura con cámara termográfica y monitorio de horas operadas vrs vida util.		20
Unidad: Caja Reductora		
Inspeccionar presencia de vibraciones o ruidos anómalos. Documentar.		30
Lubricar rodamientos.		15
Inspeccionar el estado de los rodamientos mediante mediciones de temperatura con cámara termográfica y monitorio de horas operadas		20
Unidad: Panel Eléctrico		
Medir corriente en entradas de elementos y comprobar con el dato de ficha técnica.		30
Revisar presencia de óxido en contactos de potencia. En caso de existir limpiar o reemplazar.		30
Limpieza externa e interna de los elementos del panel con los productos adecuados.		60
<b>Observaciones:</b>		



## Formulario Para Inspecciones Trimestrales: Planta Inferior

Semana: __-__-__ al : __-__-__		Responsable:Técnico	
Herramientas:		<b>Nomenclatura:</b> L Lunes R Responsable K Martes D Duración M Miércoles O Operario J Jueves T Técnico V Viernes S Sábado	
Implementos de limpieza: trapos, estopas, Desengrasante. Elemento Lubricante, Caja de Herramientas, Amperímetro. Cámara termográfica			
Equipo de seguridad: Zapatos dieléctricos, lentes de seguridad y guantes.			
Normas de seguridad: No utilizar celulares o dispositivos electrónicos. En caso de un conato de incendio, evacuar el lugar.			
<b>Sistema:Llenado Anfo</b>		Firma del Responsable	
Unidad: Motor			
Medir desbalance entre fases. Documentar.			30
Unidad: Panel Eléctrico			
Medir temperatura con camara termográfica en contactores, conexiones, relés, protecciones e interruptores. Esto Para determinar presencia de focos de calor relacionados a falsos contactos. Dcumentar.			30
Limpiar entradas y salidas del PLC.			60
Medir voltaje entre líneas para determinar si hay desbalance. Documentar.			30
Verificar continuidad en elementos de mando de emergencia.			30
<b>Sistema:Sistema Neumático</b>		Firma del Responsable	
Unidad: Filtros			
Cambio de filtros de unidad de mantenimiento			30
<b><u>Observaciones:</u></b>			



## Formulario Para Inspecciones Trimestrales: Planta Superior

Sistema: Llenado de Diesel	Responsable: Técnico	
<b>Herramientas:</b>	<b>Nomenclatura:</b>	
Implementos de limpieza: trapos, estopas, Desengrasante. Elemento Lubricante, Caja de Herramientas, Amperímetro. Cámara termográfica	L Lunes	R Responsable
Equipo de seguridad: Zapatos y lentes de seguridad, guantes.	K Martes	D Duración
	M Miércoles	O Operario
	J Jueves	T Técnico
	V Viernes	
	S Sábado	
Normas de seguridad: No utilizar celulares o dispositivos electrónicos. En caso de un conato de incendio, evacuar el lugar.		
Unidad: Motor	Firma del Responsable	D
Medir desbalance entre fases. Documentar.		30
Unidad: Panel Eléctrico		
Medir temperatura con camara termográfica en contactores, conexiones, relés, protecciones e interruptores. Esto Para determinar presencia de focos de calor relacionados a falsos contactos. Dcumentar.		30
Medir voltaje entre lineas para determinar si hay desbalance. Documentar.		30
Verificar continuidad en elementos de mando de emergencia.		30
Unidad: Accesorios		
Cambio de filtros del sistema.		30
Limpieza interna del display electrónico de contador de litros.		30
Sistema: Mesa Hidráulica		D
Unidad: Filtros	Firma del Responsable	
Cambio de filtros de unidad de mantenimiento		30
Sistema: Sistema de tornillo		D
Unidad: Motor	Firma del Responsable	
Medir desbalance entre fases. Documentar.		30
Unidad: Panel Eléctrico		
Medir temperatura con camara termográfica en contactores, conexiones, relés, protecciones e interruptores. Esto Para determinar presencia de focos de calor relacionados a falsos contactos. Dcumentar.		30
Medir voltaje entre lineas para determinar si hay desbalance. Documentar.		30
Verificar continuidad en elementos de mando de emergencia.		30
Sistema: Sistema de traslado		D
Unidad: Motor	Firma del Responsable	
Medir desbalance entre fases. Documentar.		30
<b>Observaciones:</b>		





### Formulario Para Inspecciones Anuales: Planta Inferior

Semana: - - - al : - - -		Responsable:Técnico	
Herramientas:		Nomenclatura:	
Implementos de limpieza: trapos, estopas, Desengrasante. Elemento Lubricante, Caja de Herramientas, Amperímetro.		L Lunes	R Responsable
Equipo de seguridad: Zapatos y lentes de seguridad, guantes.		K Martes	D Duración
Normas de seguridad: No utilizar celulares o dispositivos electrónicos. En caso de un conato de incendio, evacuar el lugar.		M Miércoles	O Operario
		J Jueves	T Técnico
		V Viernes	
		S Sábado	
Sistema:Llenado Anfo		Firma del Responsable	D
Unidad: Motor			60
Medir resistencia de aislamiento.		Firma del Responsable	D
Sistema:Sistema Neumático			60
Unidad: Unidad Compresora			
Cambio de aceite a unidad compresora.			60
Formulario Para Inspecciones Trimestrales: Planta Superior			
Sistema:Llenado de Diesel		Firma del Responsable	D
Unidad: Motor			60
Medir resistencia de aislamiento.		Firma del Responsable	D
Sistema: Mesa Hidráulica			60
Unidad: Tanque de almacenamiento			
Cambio de aceite.			60
Sistema: Sistema de tornillo		Firma del Responsable	D
Unidad: Motor			60
Medir resistencia de aislamiento.		Firma del Responsable	D
Sistema: Sistema de traslado			60
Unidad: Motor			
Medir resistencia de aislamiento.			60
<b>Observaciones:</b>			



## Formulario Para Inspecciones Semestrales: Planta Superior

Semana: _ - _ - _ al : _ - _ - _		Responsable: Operario	
Herramientas:	Nomenclatura:		
Implementos de limpieza: trapos, estopas, Desengrasante.	L	Lunes	R Responsable
	K	Martes	D Duración
Equipo de seguridad: Zapatos y lentes de seguridad, guantes.	M	Miércoles	O Operario
	J	Jueves	T Técnico
	V	Viernes	
Normas de seguridad: No utilizar celulares o dispositivos electrónicos. En caso de un conato de incendio, evacuar el lugar.	S	Sábado	
Sistema: Llenado de Diesel	Firma del Responsable		D
Unidad: Tanque de almacenamiento			
Limpieza de sedimentos del tanque			60
<b>Observaciones:</b>			

## **Apéndice 4: Formato para las Ordenes de trabajo**



## Orden de Trabajo

Fecha:

N°:

Sección:		Solicitado por:	
Sistema:		Asignado a:	
Equipo:		Con paro:	( ) sí ( ) no
Parte:		Tiempo estimado:	
Tipo de trabajo a ejecutar:		Tipo de Mantenimiento:	
( ) Mecánico ( ) Eléctrico ( ) Otro		( ) Preventivo ( ) Correctivo	
Trabajo a Realizar:			
<i>Espacio a llenar por el encargado de mantenimiento</i>			
<b>Insumos</b>			
Descripción			Cantidad
<b>Herramientas Requeridas</b>			
Descripción			Cantidad
Realizó	Revisó	Tiempo total Utilizado:	
Firma:	Firma:	___h y ___ min	
Comentarios:			

## **Apéndice 5: Formato para el control de herramientas y consumibles**



### Bodega de Herramientas Menores

Código: \_\_\_\_\_

Fecha	Persona solicitante	Firma	Fecha de devolución	Firma	Observaciones



### Bodega de Herramientas Menores

Código: \_\_\_\_\_

Fecha	Persona solicitante	Firma	Fecha de devolución	Firma	Observaciones



## **Anexos**



## **Anexo 1: Evaluación de la norma Covenin 2500-93**

<b>Áreas, Principios básicos y deméritos</b>	<b>Puntuación Máxima</b>	<b>Puntuación obtenida</b>
<b>Área 1: Organización de la empresa</b>		
<b>1.1 Funciones y Responsabilidades</b>		
Principio básico: La empresa posee un organigrama general y por departamentos. Se tienen definidas por escrito las descripciones de las diferentes funciones con su correspondiente asignación de responsabilidades para todas las unidades estructurales de la organización.	60	40
1.1.1 La empresa no posee organigramas acordes con su estructura o no están actualizados; tanto a nivel general, como a nivel de departamentos.	20	15
1.1.2 Las funciones y la correspondiente asignación de responsabilidades, no están especificadas por escrito o presentan falta de claridad.	20	10
1.1.3 La definición de funciones y la asignación de responsabilidades no llega hasta el último nivel supervisorio necesario, para el logro de los objetivos deseados.	20	15
<b>1.2 Autoridad y Autonomía</b>		
Principio básico: Las personas asignadas al desarrollo y cumplimiento de las diferentes funciones, cuenta con el apoyo necesario de la dirección de la organización y tienen la suficiente autoridad y autonomía para el cumplimiento de las funciones y responsabilidades establecidas.	40	27
1.2.1 La línea de autoridad no está claramente definida	10	5
1.2.2 Las personas asignadas a cada puesto de trabajo no tienen pleno conocimiento de sus funciones	10	7
1.2.3 Existe duplicidad de funciones	10	9
1.2.4 La toma de decisiones para la resolución de problemas rutinarios en cada dependencia o unidad, tiene que ser efectuada previa consulta a los niveles superiores.	10	6

<b>1.3 Sistema de información</b>		
Principio básico: La empresa cuenta con una estructura técnica administrativa para la recolección, depuración, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información que el sistema productivo requiere	50	
1.3.1 La empresa no cuenta con un diagrama de flujo para el sistema de información donde estén involucrados todos los componentes estructurales partícipes en la toma de decisiones.	10	8
1.3.2 La empresa no cuenta con mecanismos para evitar que se introduzca información errada o incompleta en el sistema de información	5	4
1.3.3 La empresa no cuenta con un archivo ordenado y jerarquizado técnicamente.	5	4
1.3.4 No existen procedimientos normalizados para llevar y comunicar la información entre las diferentes secciones o unidades, así como almacenamiento para su cabal recuperación.	5	5
1.3.5 La empresa no dispone de los medios para el procesamiento de la información con base en los resultados que se deseen obtener.	5	0
1.3.6 La empresa no dispone de los mecanismos para que la información recopilada y procesada llegue a las personas que deben manejarla.	5	0
<b>Área 2: Organización del mantenimiento</b>		
<b>2.1 Funciones y Responsabilidades</b>		
Principio básico: La función de mantenimiento, está bien definida y ubicada dentro de la organización y posee un organigrama para este departamento. Se tienen por escrito las diferentes funciones y responsabilidades para los diferentes componentes dentro de la organización de mantenimiento. Los recursos asignados son adecuados a fin de que la función pueda cumplir con los objetivos planteados.	80	
2.1.1 La empresa no posee organigramas acordes con su estructura o no están actualizados para la organización de Mantenimiento.	15	15

2.1.2 La organización del mantenimiento no está acorde con el tamaño del SP, tipo de objetos por mantener, tipo de personal, tipo de proceso, distribución geográfica.	15	12
2.1.3 La unidad de mantenimiento no se presenta en el organigrama general, independiente del departamento de producción	15	13
2.1.4 Las funciones y la correspondiente asignación de responsabilidades no están definidas por escrito o no están claramente definidas dentro de la unidad	10	8
2.1.5 La asignación de funciones y responsabilidades no llegan hasta el último nivel supervisorio necesario para el logro de los objetivos deseados	10	8
2.1.6 La empresa no cuenta con el personal suficiente tanto en cantidad como en calificación para cubrir las actividades de mantenimiento.	15	13
<b>2.2 Autoridad y Autonomía</b>		
Principio básico: Las personas asignadas para cumplimiento de las funciones y responsabilidades cuentan con el apoyo de la gerencia y poseen la suficiente autoridad y autonomía para el desarrollo y cumplimiento de las funciones y responsabilidades establecidas.	50	
2.2.1 La línea de autoridad no está claramente definida en el departamento.	15	14
2.2.2 Las personas asignadas a mantenimiento tienen pleno conocimiento de sus funciones	15	14
2.2.3 Existe duplicidad de funciones asignadas a cada componente estructural de la organización de mantenimiento	10	2
2.2.4 Los problemas rutinarios no pueden ser resueltos sin consulta a niveles superiores	10	8
<b>2.3 Sistema de información</b>		

Principio básico: La organización de Mantenimiento posee un sistema que le permite manejar óptimamente toda la información referente a mantenimiento (registro de fallas, programación de mantenimiento, estadísticas, costos, información sobre equipos u otra).	70	
2.3.1 La organización de mantenimiento no cuenta con un flujograma para su sistema de información donde estén claramente definidos los componentes estructurales involucrados en la toma de decisiones.	15	15
2.3.2 La organización de mantenimiento no dispone de los medios para el procesamiento de la información de las diferentes secciones o unidades con base en los resultados que se desean obtener.	15	2
2.3.3 La organización de mantenimiento no cuenta con mecanismos para evitar que se introduzca información errada o incompleta en el sistema de información.	10	3
2.3.4 La organización de mantenimiento no cuenta con un archivo ordenado y jerarquizado técnicamente.	10	1
2.3.5 No existen procedimiento normalizados par llevar y comunicar la información entre las diferentes secciones o unidades, así como almacenamiento para su cabal recuperación.	10	10
2.3.6 La organización no dispone de los mecanismos para que la información recopilada y procesada llegue a las personas que deben manejarla.	10	2
<b>Área 3: Planificación de mantenimiento</b>		
<b>3.1 Funciones y Responsabilidades</b>		
Principio básico: Dentro de la Organización de mantenimiento, la función de planificación tiene establecidos los objetivos y metas en cuanto a las necesidades de los objetos de mantenimiento y el tiempo de realización de acciones de mantenimiento para garantizar la disponibilidad de los sistemas, todo esto incluido en forma clara y detallada en un plan de acción.	70	

3.1.1 No se encuentran definidos por escrito los objetivos y metas que debe cumplir la organización de mantenimiento.	20	20
3.1.2 La organización del mantenimiento no posee un plan donde se especifiquen detalladamente las necesidades reales y objetivas de mantenimiento para los diferentes objetos a mantener.	20	1
3.1.3 La organización no tiene establecido un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento de aquellos sistemas que lo requieren.	15	2
3.1.4 Las acciones de mantenimiento que se ejecutan no se orientan hacia el logro de los objetivos.	15	8
<b>3.2 Políticas para la planificación</b>		
Principio básico: La gerencia de mantenimiento ha establecido una política general que involucre su campo de acción, su justificación, los medios y objetivos que persigue. Se tiene una planificación para la ejecución de cada una de las acciones de mantenimiento utilizando los recursos disponibles.	70	
3.2.1 La organización no posee un estudio donde se especifiquen detalladamente las necesidades reales y objetivas de mantenimiento para los diferentes objetos de mantenimiento.	20	4
3.2.2 No se tiene establecido un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento de aquellos sistemas que lo requieran.	20	15
3.2.3 A los sistemas sólo se les realiza mantenimiento cuando fallan.	15	5
2.2.4 El equipo gerencial no tiene coherencia en torno a las políticas de mantenimiento establecidas.	15	13
<b>3.3 Control y Evaluación</b>		

Principio básico: La organización cuenta con un sistema de señalización o codificación lógica y secuencial que permite registrar información del proceso o de cada línea, máquina o equipo en el sistema total. Se tiene elaborado un inventario técnico de cada sistema: su ubicación, descripción y datos de mantenimiento necesarios para la elaboración de los planes de mantenimiento.	60	
3.3.1 No existen procedimiento normalizados para recabar y comunicar información así como su almacenamiento para su posterior uso.	10	10
3.3.2 No existe una codificación secuencial que permita la ubicación rápida de cada objeto dentro del proceso, así como el registro de información de cada uno de ellos.	10	6
3.3.3 La empresa no posee inventario de manuales de mantenimiento y operación, así como catálogos de piezas y partes de cada objeto que se debe mantener.	10	2
3.3.4 No se dispone de un inventario técnico de objetos de mantenimiento que permita conocer la función de los mismos dentro del sistema al cual pertenece, recogida esta información en formatos normalizados.	10	10
3.3.5 No se llevan registros de fallas y causas por escrito.	5	4
3.3.6 No se llevan estadísticas de tiempos de parada y tiempos de reparación.	5	5
3.3.7 No se tiene archivada y clasificada la información necesaria para la elaboración de los planes de mantenimiento.	5	1
3.3.8 La información no es procesada y analizada para la futura toma de decisiones.	5	4
<b>Área 4: Mantenimiento Rutinario</b>		
<b>4.1 Planificación</b>		

Principio básico: La organización de mantenimiento tiene preestablecidas las actividades diarias y hasta semanales que se van a realizar a los objetos de mantenimiento, asignando los ejecutores responsables para llevar a cabo la acción de mantenimiento. La organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimientos para que las acciones de mantenimiento rutinario se ejecuten en forma organizada. La organización de mantenimiento tiene un programa de mantenimiento rutinario, así como un <i>stock</i> de materiales y herramientas de mayor uso para la ejecución de este tipo de mantenimiento.	100	
4.1.1 No están descritas en forma clara y precisa las instrucciones técnicas que permitan al operario o en su defecto a la organización de mantenimiento aplicar correctamente mantenimiento rutinario a los sistemas.	20	9
4.1.2 Falta de documentación sobre instrucciones de mantenimiento para la generación de acciones de mantenimiento rutinario.	20	5
4.1.3 Los operarios no están bien informados sobre el mantenimiento por realizar.	20	4
4.1.4 No se tiene establecida una coordinación con la unidad de producción para ejecutar las labores de mantenimiento rutinario.	20	18
4.1.5 Las labores de mantenimiento rutinario no son realizadas por el personal más adecuado, según la complejidad y dimensiones de la actividad a ejecutar.	10	3
4.1.6 No se cuenta con un <i>stock</i> de materiales y herramientas de mayor uso para la ejecución de este tipo de mantenimiento.	10	2
<b>4.2 Programación e implementación</b>		



Principio básico: Las acciones de mantenimiento rutinario están programadas de manera que el tiempo de ejecución no interrumpa el proceso productivo, la frecuencia de ejecución de las actividades de mantenimiento rutinario lleva consigo una supervisión que permita controlar la ejecución de dichas actividades.	80	
4.2.1 No existe un sistema donde se identifique el programa de mantenimiento rutinario.	15	2
4.2.2 La programación de mantenimiento rutinario no está definida de manera clara y detallada.	10	4
4.2.3 Existe el programa de mantenimiento pero no se cumple con la frecuencia estipulada, ejecutando las acciones de manera variable y ocasionalmente.	10	9
4.2.4. Las actividades de mantenimiento rutinario están programadas durante todos los días de la semana, impidiendo que exista holgura para el ajuste de la programación.	10	4
4.2.5 La frecuencia de las acciones de mantenimiento rutinario, no están asignadas para un momento específico de la semana.	10	8
4.2.6 No se cuenta con el personal idóneo para la implantación del plan de mantenimiento rutinario.	10	4
4.2.7 No se tienen claramente identificados a los sistemas que formarán parte de las actividades de mantenimiento rutinario.	10	3
4.2.8 La organización no tiene establecida una supervisión para el control de ejecución de las actividades de mantenimiento rutinario	5	4
<b>4.3 Control y Evaluación</b>		
Principio básico: El departamento de mantenimiento dispone de mecanismo que permitan llevar registros de las fallas, causas, tiempos de parada, materiales y herramientas de los diferentes objetos. El departamento dispone de medidas necesarias para verificar que se cumplan las acciones de mantenimiento rutinario programadas. Se realizan evaluaciones periódicas de los resultados de la aplicación del mantenimiento rutinario.	70	

4.3.1 No se dispone de una ficha para llevar el control de los manuales de servicio, operación y partes.	10	8
4.3.2 No existe un seguimiento desde la generación de las acciones técnicas de mantenimiento rutinario, hasta su ejecución.	15	12
4.3.3 No se llevan registros de las acciones de mantenimiento rutinario realizadas.	5	4
4.3.4 No existen formatos de control que permitan verificar si se cumple el mantenimiento rutinario y a su vez emitir órdenes para arreglos o reparaciones a las fallas detectadas.	10	7
4.3.5 No existen formatos que permitan recoger información en cuanto a consumo de ciertos insumos requeridos para ejecutar mantenimiento rutinario permitiendo presupuestos más reales.	5	4
4.3.6 El personal encargado de las labores de acopio y archivo de información no está bien adiestrado para la tarea, con el fin de realizar evaluaciones periódicas para este tipo de mantenimiento.	5	4
4.3.7 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento rutinario, basándose en los recursos utilizados y la incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.	20	15
<b>Área 5: Mantenimiento Programado</b>		
<b>5.1 Planificación</b>		

Principio básico: La organización de mantenimiento cuenta con la infraestructura y procedimiento para las acciones de mantenimiento programado se lleven en una forma organizada. La organización de mantenimiento tiene un programa de mantenimiento programado en el cual se especifican las acciones con frecuencia desde quincenal hasta anuales para ser ejecutadas a los objetos de mantenimiento. La organización de mantenimiento cuenta con estudios previos para determinar las cargas de trabajo por medio de las instrucciones de mantenimiento recomendadas por los fabricantes, constructores, usuarios, experiencias conocidas para obtener ciclos de revisión de los elementos más importantes.	100	
5.1.1 No existen estudios previos que conlleven a la determinación de las cargas de trabajo y ciclos de revisión de los objetos de mantenimiento, instalaciones y edificaciones sujetas a acciones de mantenimiento	20	2
5.1.2 La empresa no posee un estudio donde se especifiquen las necesidades reales y objetivas para los diferentes objetos de mantenimiento, instalaciones y edificaciones.	15	2
5.1.3 No se tienen planificadas las acciones de mantenimiento programado en orden de prioridad y en cual se especifiquen las acciones que deben ser ejecutadas a los objetos de mantenimiento, con frecuencias desde quincenales hasta anuales.	15	2
5.1.4 La información para la elaboración de instrucciones técnicas de mantenimiento programado, así como sus procedimientos de ejecución, es deficiente.	20	18
5.1.5 No se dispone de los manuales y catálogos de todas las máquinas.	10	3
5.1.6 No se ha determinado la fuerza laboral necesaria para llevar a cabo todas las actividades de mantenimiento programado.	10	9

5.1.7 No existe una planificación conjunta entre la organización de mantenimiento, producción, administración y otros entes de la organización, para la ejecución de las acciones de mantenimiento programado.	10	9
<b>5.2 Programación e implementación</b>		
Principio básico: La organización tiene instrucciones detalladas para revisar cada elemento de los objetos sujetos a acciones de mantenimiento, con una frecuencia establecida para dichas revisiones, distribuidas en un calendario anual. La programación de actividades posee la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente sin interferir con las actividades de producción y disponer del tiempo suficiente para los ajustes que requiere la programación.	80	
5.2.1 No existe un sistema donde se identifique el programa de mantenimiento programado	20	2
5.2.2 Las actividades están programadas durante todas las semanas del año, impidiendo que exista una holgura para el ajuste de la programación	10	2
5.2.3 Existe el programa de mantenimiento pero no se cumple con la frecuencia estipulada, ejecutando las acciones de manera variable y ocasionalmente.	15	14
5.2.4 No existe un estudio de las condiciones reales de funcionamiento y las necesidades de mantenimiento	10	4
5.2.5 No se tiene un procedimiento para la implantación de los planes de mantenimiento programado.	10	8
5.2.6 La organización no tiene establecida una supervisión sobre la ejecución de las acciones de mantenimiento programado	15	5
<b>5.3 Control y Evaluación</b>		
Principio básico: El departamento de mantenimiento dispone de mecanismos eficientes para llevar a cabo el control y evaluación de las actividades de mantenimiento enmarcadas en la programación.	70	

5.3.1 No se controla la ejecución de las acciones de mantenimiento programado	15	5
5.3.2 No se llevan las fichas de control de mantenimiento por cada objeto de mantenimiento.	15	15
5.3.3 No existen planillas de programación anual por semanas para las acciones de mantenimiento a ejecutarse y su posterior evaluación de ejecución.	5	3
5.3.4 No existen formatos de control que permitan verificar si se cumple mantenimiento programado y a su vez emitir órdenes para arreglos o reparaciones a las fallas detectadas.	10	2
5.3.5 No existen formatos que permitan recoger información en cuanto consumo de ciertos insumos requeridos para ejecutar mantenimiento programado para estimar presupuestos más reales.	5	5
5.3.6 El personal encargado de las labores de acopio y archivo de información no está bien adiestrado para la tarea, con el fin de realizar evaluaciones periódicas para este tipo de mantenimiento.	5	1
5.3.7 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento programado, basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento	20	16
<b>Área 7: Mantenimiento Correctivo</b>		
<b>7.1 Planificación</b>		
Principio básico: La organización de mantenimiento cuenta con la infraestructura y procedimiento para las acciones de mantenimiento programado se lleven en una forma planificada. El registro de información de fallas permite una clasificación y estudio que facilite su corrección.	100	
7.1.1 No se llevan registro por escrito de aparición de fallas para actualizarlas y evitar su futura presencia.	30	5
7.1.2 No se clasifican las fallas para determinar cuáles se van a atender o a eliminar por medio de la corrección.	30	5

7.1.3 No se tiene establecido un orden de prioridades, con la participación de la unidad de producción para ejecutar las labores de mantenimiento correctivo.	20	4
7.1.4 La distribución de las labores de mantenimiento correctivo no son analizadas por el nivel superior, a fin de que según la complejidad y dimensiones de las actividades por ejecutar se toma la decisión de detener una actividad y emprender otra que tenga más importancia.	20	4
<b>7.2 Programación e implementación</b>		
Principio básico: La organización tiene instrucciones detalladas para revisar cada elemento de los objetos sujetos a acciones de mantenimiento, con una frecuencia establecida para dichas revisiones, distribuidas en un calendario anual. La programación de actividades posee la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente, sin interferir con las actividades de producción y disponer del tiempo suficiente para los ajustes que requiere la programación.	80	
7.2.1 No se tiene establecida la programación de ejecución de las acciones de mantenimiento correctivo.	20	10
7.2.2 La unidad de mantenimiento no sigue los criterios de prioridad, según el orden de importancia de fallas, para la programación de las actividades de mantenimiento correctivo.	20	2
7.2.3 No existe una buena distribución del tiempo para hacer mantenimiento correctivo.	20	16
7.2.4 El personal encargado para la ejecución del mantenimiento correctivo, no está capacitado para tal fin.	20	3
<b>7.3 Control y Evaluación</b>		

Principio básico: La organización de mantenimiento posee un sistema de control para conocer cómo se ejecuta el mantenimiento correctivo. Posee todos los formatos, planillas o fichas de control de materiales, repuestos y horas hombre utilizadas en este tipo de mantenimiento. Se evalúa la eficiencia y cumplimiento de los programas establecidos con la finalidad de introducir los correctivos necesarios.	70	
6.3.1 No existen mecanismos de control periódicos que señalen el estado y avance de las operaciones de mantenimiento correctivo.	15	0
6.3.2 No se llevan registros del tiempo de ejecución de cada operación.	15	7
6.3.3 No se llevan registros de la utilización de materiales y repuestos en la ejecución de mantenimiento correctivo.	20	2
6.3.4 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento correctivo basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.	20	4
<b>Área 8: Mantenimiento Preventivo</b>		
<b>8.1 Planificación</b>		
Principio básico: La organización tiene establecido por objetivo lograr efectividad del sistema asegurando la disponibilidad de objetos de mantenimiento mediante el estudio de confiabilidad y mantenimiento. La organización dispone de todos los recursos para determinar la frecuencia de inspecciones, revisiones y sustituciones de los tiempos entre fallas y de los tiempos de paradas.	80	
8.1.1 La organización no cuenta con el apoyo de los diferentes recursos de la empresa para la determinación de los parámetros de mantenimiento.	20	
8.1.2 La organización no cuenta con estudios que permita determinar la confiabilidad y mantenimiento de los objetos que se deben atender.	20	

8.1.3 No se tienen estudios estadísticos para determinar la frecuencia de las revisiones y sustituciones de piezas claves.	20	
8.1.4 No se llevan registros con los datos necesarios para determinar la frecuencia de las revisiones y sustituciones de piezas claves.	10	
8.1.5 El personal de la organización de mantenimiento no está capacitado para realizar estas mediciones de tiempos de parada y entre fallas.	10	
<b>8.2 Programación</b>		
Principio básico: La organización dispone de un estudio previo que le permita conocer los objetos que requieren mantenimiento preventivo. Se cuenta con la infraestructura de apoyo para realizar mantenimiento preventivo.	40	
8.2.1 No existe una clara delimitación entre los sistemas que forman parte de los programas de mantenimiento preventivo de aquellos que permanecerán en régimen inmodificable hasta su desincorporación, sustitución o reparación correctiva.	20	
8.2.2 La organización no cuenta con fichas o tarjetas normalizadas donde se recoja la información técnica básica de cada objeto de mantenimiento inventariado.	10	
<b>8.3 Programación e Implementación</b>		
Principio básico: Las actividades de mantenimiento preventivo están programadas en forma racional, de manera que el sistema posea la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente, no interferir con las actividades de producción y disponer del tiempo suficiente para los ajustes que requiera la programación. La implantación de los programas de mantenimiento preventivo se realiza en forma progresiva.	70	



8.3.1 Las frecuencias de las acciones de mantenimiento preventivo no están asignadas a un día específico en los períodos de tiempo correspondientes.	20	
8.3.2 Las órdenes de trabajo no se emiten con la suficiente antelación a fin de que los encargados de la ejecución de las acciones de mantenimiento puedan planificar sus actividades.	15	
8.3.3 Las actividades de mantenimiento preventivo están programadas durante todas las semanas del año, impidiendo que exista holgura para el ajuste de la programación.	15	
8.3.4 No existe apoyo hacia la organización que permita la implantación progresiva del programa de mantenimiento preventivo.	10	
8.3.5 Los planes y políticas para la programación de mantenimiento preventivo no se ajustan a la realidad de la empresa, debido al estudio de las fallas realizado.	10	

<b>8.4 Control y Evaluación</b>		
Principio básico: En la organización existen recursos necesarios para el control de la ejecución de las acciones de mantenimiento preventivo. Se dispone de una evaluación de las condiciones reales del funcionamiento y de las necesidades de mantenimiento preventivo	60	
8.4.1 No existe un seguimiento desde la generación de las instrucciones técnicas de mantenimiento preventivo hasta su ejecución.	15	
8.4.2 No existen los mecanismos idóneos para medir la eficiencia de los resultados por obtener en el mantenimiento preventivo.	15	
8.4.3 La organización no cuenta con fichas o tarjetas donde se recoja la información básica de cada equipo inventariado	15	
8.4.4 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento preventivo basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.	10	
<b>Área 9: Mantenimiento Por Avería</b>		
<b>9.1 Atención a las fallas</b>		
Principio básico: La organización está en capacidad para atender de una forma rápida y efectiva cualquier falla que se presente. La organización mantiene en servicio el sistema, logrando funcionamiento a corto plazo, minimizando los tiempos de parada, utilizando para ellos planillas de reporte de fallas, órdenes de trabajo, salida de materiales, órdenes de compra y requisición de trabajo, que faciliten la atención oportuna al objeto averiado.	100	
9.1.1 Cuando se presenta una falla, esta no se ataca de inmediato, provocando daños a otros sistemas interconectados y conflictos entre el personal.	20	3
9.1.2 No se cuenta con instructivo de registros de fallas que permiten el análisis de las averías sucedidas para cierto período	20	5

9.1.3 La emisión de órdenes de trabajo para atacar una falla no se hace de una manera rápida.	15	15
9.1.4 No existen procedimientos de ejecución que permitan disminuir el tiempo fuera de servicio del sistema.	15	15
9.1.5 Los tiempos administrativos, de espera por materiales o repuestos y de localización de la falla están presentes en alto grado durante la atención de la falla.	15	2
9.1.6 No se tiene establecido un orden de prioridades en cuanto a atención de fallas con la participación de la unidad de producción.	15	2
<b>9.2 Supervisión y Ejecución</b>		
Principio básico: Los ajustes, arreglos de defectos y atención a reparaciones urgentes se hacen inmediatamente después de que ocurre la falla.	80	
9.2.1 No existe un seguimiento desde la generación de las acciones de mantenimiento por avería hasta su ejecución.	20	3
9.2.2 La empresa no cuenta con el personal de supervisión adecuado para inspeccionar los equipos inmediatamente después de la aparición de la falla.	15	1
9.2.3 La supervisión es escasa o nula en el transcurso de la reparación por avería ocasiona paradas prolongadas en el proceso productivo.	10	3
9.2.4 El retardo de la ejecución de las actividades de mantenimiento por avería ocasiona paradas prolongadas en el proceso productivo.	10	2
9.2.5 No se llevan registros para analizar las fallas y determinar la corrección definitiva o la prevención de las mismas.	5	3
9.2.6 No se llevan registros sobre el consumo de materiales o repuestos utilizados en la atención de averías.	5	5
9.2.7 No se cuenta con las herramientas, equipos e instrumentos necesarios para la atención de averías.	5	0
9.2.8 No existe personal capacitado para la atención de cualquier tipo de falla.	10	2



<b>9.3 Información sobre las averías</b>		
Principio básico: La organización de mantenimiento cuenta con el personal adecuado para la recolección, depuración, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información que se derive de las averías, así como, analizar las causas que las originaron con el propósito de aplicar mantenimiento preventivo a mediano plazo o eliminar la falla mediante mantenimiento correctivo	70	
9.3.1 No existen procedimientos que permitan recopilar la información sobre las fallas ocurridas en los sistemas en un tiempo determinado.	20	10
9.3.2 La organización no cuenta con el personal capacitado para el análisis y procesamiento de la información sobre fallas.	10	2
9.3.3 No existe un historial de fallas de cada objeto de mantenimiento, con el fin de someterlo a análisis y clasificación de las fallas, con el objeto, de aplicar mantenimiento preventivo o correctivo	20	13
9.3.4 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento por avería basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.	20	
<b>Área 10: Personal de Mantenimiento</b>		
<b>10.1 Cuantificación de las necesidades del personal</b>		
Principio básico: La organización, por medio de la programación de las actividades de mantenimiento, determina el número óptimo de personas que se requieren en la organización de mantenimiento para el cumplimiento de los objetivos propuestos.	70	
10.1.1 No se hace uso de los datos que proporciona el proceso de cuantificación de personal.	30	25
10.1.2 La cuantificación de personal no es óptima y en ningún caso ajustado a la realidad de la empresa.	20	18

10.1.3 La organización de mantenimiento no cuenta con formatos donde se especifique el tipo y número de ejecutores de mantenimiento por tipo de frecuencia, tipo de mantenimiento y para cada semana de programación.	20	19
<b>10.2 Selección y Formación</b>		
Principio básico: La organización selecciona su personal atendiendo a la descripción escrita de los puestos de trabajo (experiencia mínima, educación, habilidades, responsabilidades u otra). Se tienen establecidos programas permanentes de formación y actualización del personal, para mejorar sus capacidades y conocimientos.	80	
10.2.1 La selección no se realiza de acuerdo con las características del trabajo a realizar: educación, experiencia, conocimiento, habilidades, destrezas y actitudes personales en los candidatos.	10	8
10.2.2 No se tienen procedimientos para la selección de personal con alta calificación y experiencia que requiera la credencial del servicio determinado.	10	8
10.2.3 No se tienen establecidos períodos de adaptación del personal.	10	9
10.2.4. No se cuenta con programas permanentes de formación del personal que permitan mejorar sus capacidades, conocimientos y difusión de nuevas técnicas.	10	10
10.2.5 Los cargos en la organización de mantenimiento no se tienen por escrito.	10	7
10.2.6 La descripción del cargo no es conocida plenamente por el personal.	10	7
10.2.7 La ocupación de cargos vacantes no se da con promoción interna.	10	10
10.2.8 Para la escogencia de cargos no se toman en cuenta las necesidades derivadas de la cuantificación del personal.	10	9

<b>10.3 Motivación e Incentivos</b>		
Principio básico: La dirección de la empresa tiene conocimiento de la importancia del mantenimiento y su influencia sobre la calidad y producción, emprendiendo acciones y campañas para transmitir esta importancia al personal. Existen mecanismos de incentivos para mantener el interés y elevar el nivel de responsabilidad del personal en el desarrollo de sus funciones. La organización de mantenimiento posee un sistema de evaluación periódica del trabajador, para fines de ascensos o aumentos salariales.	50	
10.3.1 El personal no da la suficiente importancia a los efectos positivos con que incide el mantenimiento para el logro de las metas de calidad y producción.	20	17
10.3.2 No existe evaluación periódica del trabajo para fines de ascensos o aumentos salariales.	10	8
10.3.3 La empresa no otorga incentivos o estímulos basados en la puntualidad, en la asistencia al trabajo, calidad del trabajo, iniciativa, sugerencias para mejorar el desarrollo de la actividad de mantenimiento	10	10
10.3.4 No se estimula al personal con cursos que aumenten su capacidad y por ende su situación dentro del sistema.	10	10
<b>Área 11: Apoyo Logístico</b>		
<b>11.1 Planificación</b>		
Principio básico: La organización de mantenimiento cuenta con el apoyo de la administración de la empresa; en cuanto a recursos humanos, financieros y materiales. Los recursos son suficientes para que se cumplan los objetivos trazados por la organización.	40	
11.1.1 Los recursos asignados a la organización de mantenimiento no son suficientes.	10	5
11.1.2 La administración no tiene políticas bien definidas, en cuanto al apoyo que se debe prestar a la organización de mantenimiento	10	8

11.1.3 La administración no funciona en coordinación con la organización de mantenimiento.	10	8
11.1.4 Se tienen que desarrollar muchos trámites dentro de la empresa, para que se le otorguen los recursos necesarios a mantenimiento.	5	1
11.1.5 La gerencia no posee políticas de financiamiento referidas a inversiones, mejoramiento de objetos de mantenimiento u otros.	5	2
<b>11.2 Apoyo Gerencial</b>		
Principio básico: La gerencia posee información necesaria sobre la situación y el desarrollo de los planes de mantenimiento formulados por el ente de mantenimiento, permitiendo así asesorar a la misma, en cualquier situación que atañe a sus operaciones. La gerencia le da a mantenimiento el mismo nivel de las unidades principales en el organigrama funcional de la empresa.	40	
11.2.1 La organización de mantenimiento no tiene el nivel jerárquico adecuado dentro de la organización en general.	10	8
11.2.2 Para la gerencia, mantenimiento es solo la reparación de los sistemas.	10	5
11.2.3 La gerencia considera que no es primordial la existencia de una organización de mantenimiento, que permita prevenir las paradas innecesarias de los sistemas, por lo tanto, no le da el apoyo requerido para que se cumplan los objetivos establecidos.	10	5
11.2.4 La gerencia no delega autoridad en la toma de decisiones.	5	3
11.2.5 La gerencia general no demuestra confianza en las decisiones tomadas por la organización de mantenimiento.	5	2
<b>11.3 Apoyo General</b>		
Principio básico: El departamento de mantenimiento cuenta con el apoyo de la organización total y trabaja en coordinación con cada uno de los entes que la conforman	20	



11.3.1 No se cuentan con apoyo general de la organización, para llevar a cabo todas las acciones de mantenimiento en forma eficiente.	10	5
11.3.2 No se aceptan sugerencias por parte de ningún ente de la organización que no esté relacionado con mantenimiento.	10	1

<b>Área 12: Recursos</b>		
<b>12.1 Equipos</b>		
Principio básico: La organización de mantenimiento posee los equipos adecuados para llevar a cabo todas las acciones de mantenimiento, para facilitar la operabilidad de los sistemas. Para la selección y adquisición de equipos, se tienen en cuenta las diferentes alternativas tecnológicas, para lo cual se cuenta con las suficientes casas fabricantes y proveedores. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de equipos permitiendo el control de su uso.	30	
12.1.1 No se cuenta con los equipos necesarios para que el ente de mantenimiento opere con efectividad.	5	1
12.1.2 Se tienen los equipos necesarios, pero no se le da el uso adecuado.	5	2
12.1.3 El ente de mantenimiento no conoce o no tiene acceso a información, sobre las diferentes alternativas económicas para la adquisición de equipos	5	1
12.1.4 Los parámetros de operación, mantenimiento y capacidad de los equipos no son plenamente conocidos o la información es deficiente.	5	1
12.1.5 No se lleva registro de entrada y salida de equipos.	5	3
12.1.6 No se cuenta con controles de uso y estado de los equipos.	5	4
<b>12.2 Herramientas</b>		
Principio básico: La organización de mantenimiento cuenta con las herramientas necesarias, en un sitio de fácil alcance, logrando así que el ente de mantenimiento opere en un sitio de fácil alcance, logrando así que el ente de mantenimiento opere satisfactoriamente reduciendo el tiempo por espera de herramientas. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de las herramientas permitiendo el control de su uso.	30	

12.2.1 No se cuenta con las herramientas necesarias, para que el ente de mantenimiento opere eficientemente.	10	1
12.2.2 No se dispone de un sitio para la localización de las herramientas, donde se facilite y agilice su obtención.	5	1
12.2.3 Las herramientas existentes no son las adecuadas para ejecutar las tareas de mantenimiento.	5	1
12.2.4 No se llevan registros de entrada y salida de herramientas.	5	4
12.2.5 No se cuenta con controles de uso y estado de herramientas.	5	4
<b>12.3 Instrumentos</b>		
Principio básico: La organización de mantenimiento posee los instrumentos adecuados para llevar a cabo las acciones de mantenimiento. Para la selección de dichos instrumentos se toma en cuenta las diferentes casas fabricantes y proveedores. Se dispone de sitios adecuados para el almacenamiento de instrumentos permitiendo el control de su uso.	30	
12.3.1 No se cuenta con los instrumentos necesarios para que el ente de mantenimiento opere con efectividad.	5	1
12.3.2 No se toma en cuenta para la selección de los instrumentos, la efectividad y exactitud de los mismos.	5	1
12.3.3 El ente de mantenimiento no tiene acceso a la información sobre diferentes alternativas tecnológicas de los instrumentos.	5	1
12.3.4 Se tienen los instrumentos necesarios para operar con eficiencia, pero no se conocen o no se les da el uso adecuado.	5	1
12.3.5 No se llevan registros de entrada y salida de instrumentos.	5	4
12.3.6 No se cuentan con controles de uso y estado de los instrumentos.	5	4

<b>12.4 Materiales</b>		
Principio básico: La organización de mantenimiento cuenta con un <i>stock</i> de materiales de buena calidad y con facilidad para su obtención y así evitar prolongar el tiempo de espera por materiales, existiendo seguridad de que el sistema opere en forma eficiente. Se posee una buena clasificación de materiales para su fácil ubicación y manejo.	30	
12.4.1 No se cuenta con los materiales que se requieren para ejecutar las tareas de mantenimiento.	3	1
12.4.2 El material se daña con frecuencia por no disponer de un área adecuada de almacenamiento.	3	1
12.4.3 Los materiales no están identificados plenamente en el almacén.	3	2
12.4.4 No se ha determinado el costo por falta de material.	3	3
12.4.5 No se ha establecido cuáles materiales tener en <i>stock</i> y cuáles comprar de acuerdo a pedidos.	3	3
12.4.6 No se poseen formatos de control de entradas y salidas de materiales de circulación permanente.	3	1
12.4.7 No se lleva el control de los materiales desechados por mala calidad.	3	3
12.4.8 No se tiene información precisa de los diferentes proveedores de cada material.	3	1
12.4.9 No se conocen los plazos de entrega de los materiales por los proveedores.	3	2
12.4.10 No se conocen los mínimos y máximos para cada tipo de material.	3	2
<b>12.5 Repuestos</b>		

Principio básico: La organización de mantenimiento cuenta con <i>un stock</i> de repuestos, de buena calidad y facilidad para su obtención y así evitar prolongar el tiempo de espera por repuestos, existiendo seguridad de que el sistema opere en forma eficiente. Los repuestos se encuentran identificados en el almacén para su fácil ubicación y manejo, Se conocen los diferentes proveedores para cada repuesto, así como los plazos de entrega.	30	
12.5.1 No se cuenta con los Repuestos que se requieren para ejecutar las tareas de mantenimiento.	3	1
12.5.2 Los repuestos se dañan con frecuencia por no disponer de un área adecuada de almacenamiento.	3	1
12.5.3 Los repuestos no están identificados plenamente en el almacén.	3	1
12.5.4 No se ha determinado el costo por falta de repuestos.	3	3
12.5.5 No se ha establecido cuáles repuestos se deben tener en <i>stock</i> y cuales comprar de acuerdo a pedidos.	3	3
12.5.6 No se poseen formatos de control de entradas y salidas de repuestos de circulación permanente.	3	1
12.5.7 No se lleva el control de repuestos desechados por mala calidad.	3	3
12.5.8 No se tiene información precisa de los diferentes proveedores de cada repuesto.	3	1
12.5.9 No se conocen los plazos de entrega de los repuestos por los proveedores.	3	1
12.5.10 No se conocen los mínimos y máximos para cada tipo de repuestos.	3	2

**Anexo 2: Análisis de modos y efectos de fallas para la línea de producción de Anfo de la empresa Explotec**

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Sistema de diesel	Almacenar y agregar el diesel al proceso	no llega diesel al tornillo mezclador	No se realiza el anfo e implica un Retrabajo	5	No hay Diesel	6	inspección visual	2	60	inspección visual	operario
					Válvula no abre por atascamiento	1	inspección visual	7	35	mantenimiento preventivo en filtros de la línea de diesel	técnico electromecánico
					Válvula obstruida	1	Mantenimiento correctivo	5	25	mantenimiento preventivo en filtros de la línea de diesel	técnico electromecánico
					vástago de la válvula quebrado	1	ninguno	2	10	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					válvula check no asiente bien	1	ninguno	9	45	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					eje de la válvula se quiebre y la trabe	1	ninguno	9	45	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					electroválvula de cierre dañada	2	revisión de conexiones semestrales y limpieza semanales	9	90	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					Filtros taqueados	1	cambios trimestrales.	9	45	inspección visual diaria y drenar cuando es necesario	técnico electromecánico
Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Sistema de diesel	Almacenar y agregar el diesel al proceso	no llega diesel al tornillo mezclador	No se realiza el anfo e	5	Motor de Bomba dañada.						
					apertura de alguna de las	1	resoque anual	9	45	resoque de conexiones trimestralmente	técnico electromecánico

			implica un Retrabajo	líneas por falso contacto							
				falla en alguno de los elementos de conexión	1	ninguno	9	45	medición de temperatura en contactos	técnico electromecánico	
				accionamiento de protecciones	1	Mantenimiento correctivo	9	45	ninguna	técnico electromecánico	
				Cortocircuito en el bobinado del motor	1	Medición de corriente entre líneas,semestralmente	9	45	limpieza del motor con productos dieléctricos	técnico electromecánico	
				roles del motor dañados	1	Mantenimiento correctivo	9	45	medición de temperatura	técnico electromecánico	
				falla en la base de sujeción del motor	1	Mantenimiento correctivo	9	45	Inspección visual y resoque semanal	técnico electromecánico	
				Desalineamiento motor-bomba	1	Mantenimiento correctivo	9	45	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico	
				falla en la cuña o chavetero	1	Mantenimiento correctivo	9	45	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico	
Fallas en el tablero de control											
				falso contacto en conexiones del tablero	1	Mantenimiento preventivo resoque anual de bornes y revisión de cableado	5	25	resoque y limpieza	técnico electromecánico	
				falla en los elementos del tablero	1	Mantenimiento correctivo	8	40	resoque y limpieza	técnico electromecánico	

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
				5	fallas en tuberías						



Sistema de diesel	Almacenar y agregar el diesel al proceso	no llega diesel al tornillo mezclador	No se realiza el anfo e implica un Retrabajo	tuberías obstruidas	2	revisión trimestral por oxido	8	80	revisión de filtros y limpieza de tanque	técnico electromecánico
				Fugas en tubería	2	revisión trimestral de conexiones	8	80	revisión de fugas en tuberías semestralmente	técnico electromecánico
				falla en el sello mecánico de la bomba	1	Mantenimiento correctivo	9	45	ninguna	técnico electromecánico
				deterioro de anillos de desgaste	1	Mantenimiento correctivo	9	45	ajuste de los anillos de desgaste	técnico electromecánico
				desgaste en el impulsor de la bomba	2	Mantenimiento correctivo	9	90	verificar que se trabaje en el punto de máxima eficiencia, medición de presiones y caudal	técnico electromecánico
				falla en empaques de la bomba	1	Mantenimiento correctivo	9	45	cambio de empaques	técnico electromecánico

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Sistema de diesel	Almacenar y agregar el diesel al proceso	no llega diesel al tornillo mezclador	No se realiza el anfo e implica un Retrabajo	5	fallas en el variador de frecuencia						
					falla en el sistema de ventilación del variador de frecuencia	1	Mantenimiento correctivo	9	45	limpieza externa	técnico electromecánico
					Falla en los capacitores del variador	1	Mantenimiento correctivo	9	45	limpieza externa	técnico electromecánico
					falla interna en tarjeta de control del vf	1	Mantenimiento correctivo	9	45	limpieza externa	técnico electromecánico
					saturación de polvo en el intercambiador de calor del variador	1	Mantenimiento correctivo	9	45	limpieza externa	técnico electromecánico
					mala parametrización del vf	1	Inspección periódica por tanda	8	40	limpieza externa	técnico electromecánico
					flujómetro obstruido	1	Mantenimiento correctivo	9	45	revisión de filtros	técnico electromecánico
					malas conexiones	2	revisión trimestral de conexiones	9	90	limpieza y verificación de conexiones	técnico electromecánico
					pantalla dañanda	2	Mantenimiento correctivo	9	90	limpieza externa quincenal	técnico electromecánico
					batería descargada	1	Mantenimiento correctivo	9	45	cambio al fallar	técnico electromecánico

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Sistema de diesel	Almacenar y agregar el diesel al proceso	llega menos diesel del requerido	El producto no se mezcla en la proporción correcta. Este producto no se vende pero se consume en voladuras que la empresa realiza	8	obstrucción en filtros.	1	cambios trimestrales.	7	56	Mantenimiento programado	técnico electromecánico
					boquilla de aspersión de diesel obstruida	1	ninguno	9	72	Mantenimiento programado	técnico electromecánico
					Válvula cerrada parcialmente	1	inspección visual	8	64	Mantenimiento programado	técnico electromecánico
					Válvula obstruida	1	ninguno	9	72	Mantenimiento programado	técnico electromecánico
					vástago de la válvula quebrado	1	ninguno	9	72	Mantenimiento programado	técnico electromecánico
					válvula check no asiente bien	1	ninguno	9	72	Mantenimiento programado	técnico electromecánico
					eje de la válvula se quiebre y la trabe	1	revisión de conexiones semestrales	8	64	Mantenimiento programado	técnico electromecánico
					electroválvula de cierre dañada	2	cambios trimestrales.	9	144	Mantenimiento programado	técnico electromecánico
					apertura de alguna de las líneas por falso contacto	1	resoque anual	9	45	resoque de conexiones trimestralmente	técnico electromecánico
					falla en alguno de los elementos de conexión	1	ninguno	9	45	medición de temperatura en contactos	técnico electromecánico
					accionamiento de protecciones	1	Mantenimiento correctivo	9	45	ninguna	técnico electromecánico
					Cortocircuito en el bobinado del motor	1	Medición de corriente entre líneas,semestralmente	9	45	limpieza del motor con productos dieléctricos	técnico electromecánico
roles del motor dañados	1	Mantenimiento correctivo	9	45	medición de temperatura	técnico electromecánico					

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Sistema de diesel	Almacenar y agregar el diesel al proceso	llega menos diesel del requerido	El producto no se mezcla en la proporción correcta. Este producto no se vende pero se consume en voladuras que la empresa realiza	8	falla en la base de sujeción del motor	1	Mantenimiento correctivo	9	45	Inspección visual y resoque semanal	técnico electromecánico
					Desalineamiento motor-bomba	1	Mantenimiento correctivo	9	45	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico
					falla en la cuña o chavetero	1	Mantenimiento correctivo	9	45	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico
					Desalineamiento motor-bomba	1	ninguno	9	72	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico
					Cortocircuito en el bobinado del motor	1	ninguno	9	72	medición de corriente	técnico electromecánico
					flujómetro obstruido	1	Mantenimiento correctivo	9	45	revisión de filtros	técnico electromecánico
					malas conexiones	2	revisión trimestral de conexiones	9	90	limpieza y verificación de conexiones	técnico electromecánico
					pantalla dañanda	2	Mantenimiento correctivo	9	90	limpieza externa quincenal	técnico electromecánico
					batería descargada	1	Mantenimiento correctivo	9	45	cambio al fallar	técnico electromecánico
					falso contacto en conexiones del tablero	1	Mantenimiento preventivo resoque anual de bornes y revisión de cableado	5	25	resoque y limpieza	técnico electromecánico

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Sistema de diesel	Almacenar y agregar el diesel al proceso	llega menos diesel del requerido	El producto no se mezcla en la proporción correcta. Este producto no se vende pero se consume en voladuras que la empresa realiza	8	falla en los elementos del tablero	1	Mantenimiento correctivo	8	40	resoque y limpieza	técnico electromecánico
					falla en el sistema de ventilación del variador de frecuencia	1	ninguno	9	72	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					Falla en los capacitores del variador	1	ninguno	9	72	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					falla interna en tarjeta de control del vf	1	ninguno	9	72	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					saturación de polvo en el intercambiador de calor del variador	1	ninguno	9	72	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					mala parametrización del vf	1	Inspección periódica por tanda	8	64	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					Picos de corriente afectan el variador de frecuencia	1	Inspección periódica	8	64	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					tuberías obstruidas	2	revisión trimestral por oxido	8	80	revisión de filtros y limpieza de tanque	técnico electromecánico
					Fugas en tubería	2	revisión trimestral de conexiones	8	80	revisión de fugas en tuberías semestralmente	técnico electromecánico
					falla en el sello mecánico de la bomba	1	Mantenimiento correctivo	9	45	ninguna	técnico electromecánico
					deterioro de anillos de desgaste	1	Mantenimiento correctivo	9	45	ajuste de los anillos de desgaste	técnico electromecánico
					desgaste en el impulsor de la bomba	2	Mantenimiento correctivo	9	90	verificar que se trabaje en el punto de máxima eficiencia, medición de presiones y caudal	técnico electromecánico
					falla en empaques de la bomba	1	Mantenimiento correctivo	9	45	cambio de empaques	técnico electromecánico

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Sistema de Diesel	Almacenar y agregar el diesel al proceso	Llega mas diesel del requerido	Pérdidas económicas para la empresa ya que se esta utilizando mas diesel del necesario.	8	falso contacto en conexiones del tablero	1	Mantenimiento preventivo resoque anual de bornes y revisión de cableado	5	25	resoque y limpieza	técnico electromecánico
					falla en los elementos del tablero	1	Mantenimiento correctivo	8	40	resoque y limpieza	técnico electromecánico
					falla en el sistema de ventilación del variador de frecuencia	1	ninguno	9	72	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					Falla en los capacitores del variador	1	ninguno	9	72	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					falla interna en tarjeta de control del vf	1	ninguno	9	72	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					saturación de polvo en el intercambiador de calor del variador	1	ninguno	9	72	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					mala parametrización del vf	1	Inspección periódica por tanda	8	64	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					Picos de corriente afectan el variador de frecuencia	1	Inspección periódica de lectura de datos	8	64	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					flujómetro obstruido	1	Mantenimiento correctivo	9	45	revisión de filtros	técnico electromecánico
					malas conexiones	2	revisión trimestral de conexiones	9	90	limpieza y verificación de conexiones	técnico electromecánico
					pantalla dañanda	2	Mantenimiento correctivo	9	90	limpieza externa quincenal	técnico electromecánico
					batería descargada	1	Mantenimiento correctivo	9	45	cambio al fallar	técnico electromecánico

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Sistema de Diesel	Almacenar y agregar el diesel al proceso	EL flujómetro no indique cuando diesel se ha agregado o no responda el teclado del mando	Requiere hacer pruebas de calidad y determinar si va con mas o menos del requerido y hacer lo estipulado para cada caso.	7	flujómetro obstruido	1	Mantenimiento correctivo	9	45	revisión de filtros	técnico electromecánico
					malas conexiones	2	revisión trimestral de conexiones	9	90	limpieza y verificación de conexiones	técnico electromecánico
					pantalla dañada	2	Mantenimiento correctivo	9	90	limpieza externa quincenal	técnico electromecánico
					batería descargada	1	Mantenimiento correctivo	9	45	cambio al fallar	técnico electromecánico
	Diesel contaminado	la calidad el producto disminuye	7	el elemento filtrante se deshace	3	cambios trimestrales de filtros	8	168	revisión de filtros	técnico electromecánico	
				Sedimentos en el tanque	3	revisiones trimestrales de oxido en el tanque	8	168	revisión diaria y programación de limpieza	operario	

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Mesa hidráulica	colocar la tanda de nitrato de amonio en la elevación requerida para dispensarlo en la tolva	imposibilidad de elevar la mesa	perdida de tiempo al tener que elevar la tanda con un montacargas. Lo que conlleva a un atraso en la producción.	5	bomba hidráulica inactiva o dañada.	1	ninguno	9	45	medición de presiones	técnico electromecánico
		que se baje sola			Fugas en el sistema	2	revisiones periódicas	7	70	limpieza del sistema e Inspecciones visuales	técnico electromecánico
					Tuberías obstruidas o rotas.	1	revisión trimestral	8	40	limpieza del sistema e Inspecciones visuales	técnico electromecánico
					Pistón torcido	1	ninguno	9	45	revisiones periódicas	técnico electromecánico
		que se suba y no baje			Bushing de los pistones trabados.	1	Inspecciones periódicas	7	35	revisiones periódicas	técnico electromecánico



Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Sistema de tornillo de mezcla	mezclar el diesel junto con el nitrato de amonio.	No gira el tornillo	Se rebalsa el nitrato y el diesel y caen fuera del sistema que lo contiene. Puede generar una pérdida total del material.	9	engranes de la caja reductora desgastados	1	ninguno	9	81	cambios de aceite programados	técnico electromecánico
					acople dañado	1	ninguno	9	81		técnico electromecánico
					fractura de chavetero o cuñero	1	ninguno	9	81	cambios programados de rodamientos	técnico electromecánico
					rodamientos de la caja reductora desgastados	1	ninguno	9	81	cambios programados de rodamientos	técnico electromecánico
					apertura de alguna de las líneas por falso contacto	1	resoque anual	9	81	resoque de conexiones trimestralmente	técnico electromecánico
					falla en alguno de los elementos de conexión	1	ninguno	9	81	medición de temperatura en contactos	técnico electromecánico
					accionamiento de protecciones	1	Mantenimiento correctivo	9	81	ninguna	técnico electromecánico
					Cortocircuito en el bobinado del motor	1	Medición de corriente entre líneas,semestralmente	9	81	limpieza del motor con productos dieléctricos	técnico electromecánico
					roles del motor dañados	1	Mantenimiento correctivo	9	81	medición de temperatura	técnico electromecánico

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Sistema de tornillo de mezcla	mezclar el diesel junto con el nitrato de amonio.	No gira el tornillo	Se rebalsa el nitrato y el diesel y caen fuera del sistema que lo contiene. Puede generar una pérdida total del material.	9	falla en la base de sujeción del motor	1	Mantenimiento correctivo	9	81	Inspección visual y resoque semanal	técnico electromecánico
					Desalineamiento motor-bomba	1	Mantenimiento correctivo	9	81	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico
					falla en la cuña o chavetero	1	Mantenimiento correctivo	9	81	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico
					Panel eléctrico no envía señal	1	ninguno	9	81	limpieza periódica y resoque de conexiones	técnico electromecánico
	sonido fuera de lo normal	señal inminente de pronto fallo	6	Roles de la caja reductora dañados	1	ninguno	9	54	cambios programados de rodamientos	técnico electromecánico	
				desgaste en los engranajes de la caja reductora	1	ninguno	9	54	cambios de aceite programados	técnico electromecánico	
				desalineamiento caja-motor	1	ninguno	9	54	ajustes en la base del motor	técnico electromecánico	

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Sistema de tornillo de mezcla	mezclar el diesel junto con el nitrato de amonio.	Tornillo gira mas lento	No se mezcla en la proporción adecuada lo que implica un retrabajo	5	desalineamiento caja-motor	1	revisión periódica	9	45	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					engranes de la caja reductora desgastados	1	ninguno	9	81	cambios de aceite programados	técnico electromecánico
					acople dañado	1	ninguno	9	81		técnico electromecánico
					fractura de chavetero o cuñero	1	ninguno	9	81	cambios programados de rodamientos	técnico electromecánico
					rodamientos de la caja reductora desgastados	1	ninguno	9	81	cambios programados de rodamientos	técnico electromecánico
					apertura de alguna de las líneas por falso contacto	1	resoque anual	9	45	resoque de conexiones trimestralmente	técnico electromecánico

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Sistema de tornillo de mezcla	mezclar el diesel junto con el nitrato de amonio.	Tornillo gira mas lento	No se mezcla en la proporción adecuada lo que implica un retrabajo	5	falla en alguno de los elementos de conexión	1	ninguno	9	45	medición de temperatura en contactos	técnico electromecánico
					accionamiento de protecciones	1	Mantenimiento correctivo	9	45	ninguna	técnico electromecánico
					Cortocircuito en el bobinado del motor	1	Medición de corriente entre líneas,semestralmente	9	45	limpieza del motor con productos dieléctricos	técnico electromecánico
					roles del motor dañados	1	Mantenimiento correctivo	9	45	medición de temperatura	técnico electromecánico
					falla en la base de sujeción del motor	1	Mantenimiento correctivo	9	45	Inspección visual y resoque semanal	técnico electromecánico
					Desalineamiento motor-bomba	1	Mantenimiento correctivo	9	45	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico
					falla en la cuña o chavetero	1	Mantenimiento correctivo	9	45	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Sistema de tornillo de transporte	trasladar la mezcla del tornillo a la tolva de almacenamiento	Que no gire	Se desperdicia producto ya que rebalsa el contenedor donde esta instalado el tornillo. Se detiene la producción	9	engranes de la caja reductora desgastados	1	ninguno	9	81	cambios de aceite programados	técnico electromecánico
					acople dañado	1	ninguno	9	81		técnico electromecánico
					fractura de chavetero o cuñero	1	ninguno	9	81	cambios programados de rodamientos	técnico electromecánico
					rodamientos de la caja reductora desgastados	1	ninguno	9	81	cambios programados de rodamientos	técnico electromecánico
					apertura de alguna de las líneas por falso contacto	1	resoque anual	9	81	resoque de conexiones trimestralmente	técnico electromecánico
					falla en alguno de los elementos de conexión	1	ninguno	9	81	medición de temperatura en contactos	técnico electromecánico
					accionamiento de protecciones	1	Mantenimiento correctivo	9	81	ninguna	técnico electromecánico
					Cortocircuito en el bobinado del motor	1	Medición de corriente entre líneas,semestralmente	9	81	limpieza del motor con productos dieléctricos	técnico electromecánico
					roles del motor dañados	1	Mantenimiento correctivo	9	81	medición de temperatura	técnico electromecánico
					falla en la base de sujeción del motor	1	Mantenimiento correctivo	9	81	Inspección visual y resoque semanal	técnico electromecánico

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Sistema de tornillo de transporte	trasladar la mezcla del tornillo a la tolva de almacenamiento	Que no gire	Se desperdicia producto ya que circula y se rebalsa el contenedor donde esta instalado el tornillo. Se detiene la producción	9	Desalineamiento motor-bomba	1	Mantenimiento correctivo	9	81	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico
					falla en la cuña o chavetero	1	Mantenimiento correctivo	9	81	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico
					quebradura del serpentín.	2	ninguno	9	162	revisión periódica	técnico electromecánico
					Panel eléctrico no envía señal	1	ninguno	9	81	limpieza periódica y resoque	técnico electromecánico
		sonido fuera de lo normal	señal inminente de pronto fallo catastrófico	6	engranes de la caja reductora desgastados	1	ninguno	9	54	cambios de aceite programados	técnico electromecánico
					acople dañado	1	ninguno	9	54	revisión periódica	técnico electromecánico
					fractura de chavetero o cuñero	1	ninguno	9	54	cambios programados de rodamientos	técnico electromecánico
					rodamientos de la caja reductora desgastados	1	ninguno	9	54	cambios programados de rodamientos	técnico electromecánico
					falla en la base de sujeción del motor	1	Mantenimiento correctivo	9	54	Inspección visual y resoque semanal	técnico electromecánico

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Sistema de tornillo de transporte	trasladar la mezcla del tornillo a la tolva de almacenamiento	que gire a menos velocidad de lo normal	Se desperdicia producto ya que rebalsa el contenido donde esta instalado el tornillo. Se detiene la producción	8	engranes de la caja reductora desgastados	1	ninguno	9	72	cambios de aceite programados	técnico electromecánico
					acople dañado	1	ninguno	9	72	ninguna	técnico electromecánico
					fractura de chavetero o cuñero	1	ninguno	9	72	cambios programados de rodamientos	técnico electromecánico
					rodamientos de la caja reductora desgastados	1	ninguno	9	72	cambios programados de rodamientos	técnico electromecánico
					apertura de alguna de las líneas por falso contacto	1	resoque anual	9	72	resoque de conexiones trimestralmente	técnico electromecánico
					falla en alguno de los elementos de conexión	1	ninguno	9	72	medición de temperatura en contactos	técnico electromecánico
					accionamiento de protecciones	1	Mantenimiento correctivo	9	72	ninguna	técnico electromecánico
					Cortocircuito en el bobinado del motor	1	Medición de corriente entre líneas	9	72	limpieza del motor con productos dieléctricos	técnico electromecánico
					roles del motor dañados	1	Mantenimiento correctivo	9	72	medición de temperatura	técnico electromecánico
					falla en la base de sujeción del motor	1	Mantenimiento correctivo	9	72	Inspección visual y resoque semanal	técnico electromecánico
					Desalineamiento motor-bomba	1	Mantenimiento correctivo	9	72	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico
					falla en la cuña o chavetero	1	Mantenimiento correctivo	9	72	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico
					desalineamiento caja-motor	2	ninguno	9	144	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Sistema de llenado de Anfo	Llenar los sacos de Anfo	se cierra el sistema de llenado y los sacos pesan distintos de el peso requerido	cliente insatisfecho si el saco pesa menos del establecido y perdida de material si el saco pesa mas. Producción mas lenta al tener que terminar de llenar manualmente el saco.	9	romana descalibrada	5	pruebas periódicas	9	405	calibrarla diariamente con el patrón de peso	operario
					panel electrico sucio	2	limpieza periódica	8	144	limpieza externa	técnico electromecánico
					conexiones del tablero de control flojas	2	mantenimiento periódico	8	144	limpieza externa	técnico electromecánico
					conectores del panel flojos	2	inspección visual periódica	8	144	limpieza externa	técnico electromecánico
					mal contacto del pedal de activación	2	ninguno	9	162	anticorrosivo y lubricación periódica	técnico electromecánico
					sistema mecánico de cierre obstruido	2	Limpieza trimestral	8	144	limpieza diaria	operario
					Problemas con la compuerta (sistema neumático)	3	correctivo	9	243	Mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
Tornillo sinfín del Sistema de llenado de Anfo	Trasladar material de tolva al saco	no llega anfo a los sacos	se detiene la producción	8	muñoneras del tornillo desajustadas	2	ninguno	9	144	Mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					engranes de la caja reductora desgastados	1	ninguno	9	72	cambios de aceite programados	técnico electromecánico
					acople dañado	1	ninguno	9	72	Mantenimiento preventivo	técnico electromecánico



Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Tornillo sinfín del Sistema de llenado de Anfo	Trasladar material de tolva al saco	no llega anfo a los sacos	se detiene la producción	8	fractura de chavetero o cuñero	1	ninguno	9	72	cambios programados de rodamientos	técnico electromecánico
					rodamientos de la caja reductora desgastados	1	ninguno	9	72	cambios programados de rodamientos	técnico electromecánico
					apertura de alguna de las líneas por falso contacto	1	resoque anual	9	72	resoque de conexiones trimestralmente	técnico electromecánico
					falla en alguno de los elementos de conexión	1	ninguno	9	72	medición de temperatura en contactos	técnico electromecánico
					accionamiento de protecciones	1	Mantenimiento correctivo	9	72	ninguna	técnico electromecánico
					Cortocircuito en el bobinado del motor	1	Medición de corriente entre líneas,semestralmente	9	72	limpieza del motor con productos dieléctricos	técnico electromecánico
					roles del motor dañados	1	Mantenimiento correctivo	9	72	medición de temperatura	técnico electromecánico
					falla en la base de sujeción del motor	1	Mantenimiento correctivo	9	72	Inspección visual y resoque semanal	técnico electromecánico
					Desalineamiento motor-bomba	1	Mantenimiento correctivo	9	72	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico
					falla en la cuña o chavetero	1	Mantenimiento correctivo	9	72	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico
					quebradura del tornillo	1	ninguno	9	72	Revisión periódica	técnico electromecánico
					pedal de activación dañado y no envía señal.	2	ninguno	9	144	Limpieza programada	

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Sistema Neumático del llenado de anfo	Abrir y cerrar compuesta de paso de la maquina dispensadora	la compuerta no se abre o no se cierra	si la compuerta no abre, hay un desperdicio de material por rebalse en la tolva. Si no se cierra, se desperdicia el material que hay. En ambos casos se da un atraso en la producción, puede requerirse horas extra para entregar a tiempo pedido	8	no se activa el compresor.	1	ninguno	9	72	ajuste del regulador de presión	técnico electromecánico
					Sobrecalentamiento en el compresor	1	ninguno	9	72	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					fallas en las fajas del compresor	1	ninguno	9	72	revisión periódica y ajuste de tensión cuando se requiera	técnico electromecánico
					falso contacto en conexiones del tablero	1	Mantenimiento preventivo resoque anual de bornes y revisión de cableado	5	40	resoque y limpieza	técnico electromecánico
					falla en los elementos del tablero	1	Mantenimiento correctivo	8	64	resoque y limpieza	técnico electromecánico
					filtros dañados	1	cambios semestrales	8	64	revisión y limpieza mensual	técnico electromecánico
					pistón dañado	2	ninguno	9	144	revisión de lubricación diaria	técnico electromecánico
					fuga de aire en el sistema	5	ninguno	9	360	limpieza y revisión con agua jabonosa	técnico electromecánico
					apertura de alguna de las líneas por falso contacto	1	resoque anual	9	72	resoque de conexiones trimestralmente	técnico electromecánico
					falla en alguno de los elementos de conexión	1	ninguno	9	72	medición de temperatura en contactos	técnico electromecánico
					accionamiento de protecciones	1	Mantenimiento correctivo	9	72	ninguna	técnico electromecánico
					Cortocircuito en el bobinado del motor	1	Medición de corriente entre líneas,semestralmente	9	72	limpieza del motor con productos dieléctricos	técnico electromecánico
					roles del motor dañados	1	Mantenimiento correctivo	9	72	medición de temperatura	técnico electromecánico

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Sistema Neumático del llenado de anfo	Abrir y cerrar compuesta de paso de la maquina dispensadora	la compuerta no se abre o no se cierra	cuadro anterior	8	falla en la base de sujeción del motor	1	Mantenimiento correctivo	9	72	Inspección visual y resoque semanal	técnico electromecánico
					Desalineamiento motor-bomba	1	Mantenimiento correctivo	9	72	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico
					falla en la cuña o chavetero	1	Mantenimiento correctivo	9	72	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico
	se abre y cierra mas lento	producción mas lenta ya que deben quitar o poner material debido al tiempo de respuesta.	6	obstrucción en filtros	1	ninguno	8	48	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico	
				fuga de aire en el sistema	5	cambios semestrales	8	240	limpieza y revisión con agua jabonosa	técnico electromecánico	
				pistón dañado	2	ninguno	9	108	revisión de libricación diaria	técnico electromecánico	
				falta de lubricación en el sistema del compresor	1	ninguno	9	54	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico	
				en el lector de presión, marca menos de la requerida pero no se activa el compresor,	1	ninguno	9	54	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico	
				Sobrecalentamiento en el compresor	1	ninguno	9	54	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico	
				daño en el aislamiento del compresor debido a sobrecalentamiento en los devanados por trabajar a bajo voltaje	1	ninguno	9	54	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico	
				sobrecalentamiento en el embobinado del compresor debido a falta de refrigerante	1	ninguno	9	54	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico	

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Sistema Neumático del llenado de anfo	Abrir y cerrar compuesta de paso de la maquina dispensadora	se abre y cierra mas lento	producción mas lenta ya que deben quitar o poner material debido al tiempo de respuesta.	6	falta de ventilación del compresor	1	ninguno	9	54	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					obstrucciones en el evaporador del compresor	1	ninguno	9	54	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					falso contacto en conexiones del tablero	1	preventivo resoque de bornes y revisión de cableado	5	30	resoque y limpieza	técnico electromecánico
					falla en los elementos del tablero	1	Mantenimiento correctivo	8	48	resoque y limpieza	técnico electromecánico
					apertura de alguna de las líneas por falso contacto	1	resoque anual	9	54	resoque de conexiones trimestralmente	técnico electromecánico
					falla en alguno de los elementos de conexión	1	ninguno	9	54	medición de temperatura en contactos	técnico electromecánico
					accionamiento de protecciones	1	Mantenimiento correctivo	9	54	ninguna	técnico electromecánico
					Cortocircuito en el bobinado del motor	1	Medición de corriente entre líneas	9	54	limpieza del motor con productos dieléctricos	técnico electromecánico
					roles del motor dañados	1	Mantenimiento correctivo	9	54	medición de temperatura	técnico electromecánico
					falla en la base de sujeción del motor	1	Mantenimiento correctivo	9	54	Inspección visual y resoque	técnico electromecánico
					Desalineamiento motor-bomba	1	Mantenimiento correctivo	9	54	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico
					falla en la cuña o chavetero	1	Mantenimiento correctivo	9	54	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Cosedora de sacos	coser el saco	no se corta el hilo al final de la costura o se revienta	atraso en el proceso se debe cortar manual	5	tornillos flojos de la base de la tijera	4	resoque periodico	9	180	mantenimiento diario	técnico electromecánico
					pistón dañado	1	Mantenimiento correctivo	9	45	Inspecciones programadas	técnico electromecánico
					obstrucción en filtros	1	Mantenimiento correctivo	9	45	cambios programados	técnico electromecánico
					fuga de aire en el sistema	2	Mantenimiento correctivo	9	90	Inspecciones programadas	técnico electromecánico
					falta de lubricación en el sistema del compresor	2	Mantenimiento correctivo	9	90	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					electroválvula dañada	2	Mantenimiento correctivo	9	90	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
					cuchilla de tijera gastada	4	Mantenimiento correctivo	9	180	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico
	la costura no queda bien hecha	no se cose bien el saco, lo que implica volver a pasarlo por la máquina	6	la aguja se quiebra	3	correctivo	9	162	cambios programados	técnico electromecánico	
				el hilo de coser muy tenso	2	correctivo	10	120	revisión diaria	técnico electromecánico	
	No se activa la cosedora cuando el saco pasa	no se cose el saco, se debe detener la producción hasta que funcione	7	Sensor no envía señal de detección del saco	2	correctivo	11	154	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico	
				Cables de conexiones flojos	2	correctivo	12	168	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico	
				panel eléctrico sucio	2	correctivo	13	182	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico	
				cables del panel oxidados	2	correctivo	14	196	mantenimiento preventivo	técnico electromecánico	

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Bandas transportadoras	transportar los sacos desde la cosedora hasta el contenedor de almacenamiento	Banda no camina	desgaste físico del operario al tener que trasladar los sacos a mano	5	apertura de alguna de las líneas por falso contacto	1	resoque anual	9	45	resoque de conexiones trimestralmente	técnico electromecánico
					falla en alguno de los elementos de conexión	1	ninguno	9	45	medición de temperatura en contactos	técnico electromecánico
					accionamiento de protecciones	1	Mantenimiento correctivo	9	45	ninguna	técnico electromecánico
					Cortocircuito en el bobinado del motor	1	Medición de corriente entre líneas,semestralmente	9	45	limpieza del motor con productos dieléctricos	técnico electromecánico
					roles del motor dañados	1	Mantenimiento correctivo	9	45	medición de temperatura	técnico electromecánico
					falla en la base de sujeción del motor	1	Mantenimiento correctivo	9	45	Inspección visual y resoque semanal	técnico electromecánico
					Desalineamiento motor-bomba	1	Mantenimiento correctivo	9	45	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico

Módulo	Función del proceso	Modo de falla potencial	Efectos de fallas potenciales	Severidad	Causas de fallas potenciales	ocurrencia	Controles actuales de detección	detección	NPR	Acciones Recomendadas	Responsables
Bandas transportadoras	transportar los sacos desde la cosedora hasta el contenedor de almacenamiento	Banda no camina	desgaste físico del operario al tener que trasladar los sacos a mano	5	falla en la cuña o chavetero	1	Mantenimiento correctivo	9	45	verificar alineamiento y ajustar cuando sea necesario	técnico electromecánico
					cadena rota	3	ninguno	9	135	lubricación y revisión de tensión semanal	técnico electromecánico
					desalineamiento banda	2	ninguno	9	90	lubricación y revisión de tensión semanal	técnico electromecánico
					banda reventada	1	ninguno	9	45	revisión de tensión periódica	técnico electromecánico
					engranes de la caja reductora desgastados	1	ninguno	9	45	cambios de aceite programados	técnico electromecánico
					acople dañado	1	ninguno	9	45		técnico electromecánico
					fractura de chavetero o cuñero	1	ninguno	9	45	cambios programados de rodamientos	técnico electromecánico
					rodamientos de la caja reductora desgastados	1	ninguno	9	45	cambios programados de rodamientos	técnico electromecánico

## **Anexo 3: Inventario de bodegas**



### Inventario bodega de herramientas

Cantidad	Descripción	Código	Ubicación	Estante
1	cuchilla motoguaraña	C-1		Pared
2	cepillo metálico alambre ondulado	C-2		Pared
1	lámpara led de emergencia	C-3		B3
2	cepillo metálico alambre trenzado	C-4		Pared
2	lámparas	C-5		C1
4	lámparas led con cuerpo de aluminio	C-6		B3
2	rollos plásticos	C-7		Pared
5	lámparas led pequeñas	C-8		D1
3	lámparas led grandes	C-9		D1
4	Desatornilladores Phillips	CH-1	Caja negra 1	B1
6	Desatornilladores Planos	CH-1	Caja negra 1	D3
4	Alicate de punta	CH-1	Caja negra 1	D3
3	Alicate normal	CH-1	Caja negra 1	D3
1	Cortadora de cable	CH-1	Caja negra 1	D3
1	juego de 6 Zacapines	CH-1	Caja negra 1	D3
1	juego de llaves Allen	CH-1	Caja negra 1	D3
2	llaves de cañería	CH-1	Caja negra 1	D3
1	Cinta métrica	CH-1	Caja negra 1	D3
1	Cinzel rojo	CH-1	Caja negra 1	D3
1	Cinzel anaranjado	CH-1	Caja negra 1	D3
1	francesa pequeña	CH-1	Caja negra 1	D3
1	maso azul	CH-1	Caja negra 1	D3
1	Cepillo	CH-1	Caja negra 1	D3
1	paquete fuse	CH-1	Caja negra 1	D3
11	llaves Allen	CH-1	Caja negra 1	D3
2	Allen estuche	CH-1	Caja negra 1	D3
1	Maso goma amarillo	CH-1	Caja negra 1	D3
20	cubos	CH-2	Caja negra 2	D3
22	Brocas	CH-3	caja negra 3	D3
9	cubos	CH-3	caja negra 3	D3
1	caja de llaves Stanley	CH-4	caja 4	A1
1	caja roja	CH-5	caja 5	A1
2	caratulas plástico chapeadora	ES-1		A1
1	carátula de malla	ES-2		Pared
1	cono de seguridad	ES-3		Pared
	cables de seguridad	ES-4		C2
2	Guantes de cuero	ES-5		D3
3	cascos	ES-6,7 y 8		C3
1	juego de llaves	HN-1		D2
1	maso punta	HN-1		Pared
1	paleta hule limpiavidrios	HN-10		Pared
4	Pistolas de aire	HN-11		Pared

1	lima	HN-11		Pared
1	cadena	HN-12		A3
1	alicate	HN-12		Pared
1	pistola de pintura	HN-13		Pared
1	llave coro fijas #13	HN-14		Pared
1	llave coro fija #16	HN-15		Pared
1	Tijereta	HN-16		Pared
1	tijereta	HN-17		Pared
1	remachador	HN-18		Pared
1	llave cañería	HN-19		Pared
7	extensiones	HN-2		B2
1	maso acero	HN-2		Pared
1	tijeras	HN-20		Pared
1	paleta hule limpiavidrios	HN-21		Pared
1	segueta	HN-22		Pared
1	segueta	HN-23		Pared
1	segueta	HN-24		Pared
1	serrucho	HN-25		Pared
1	espátula	HN-26		Pared
1	espátula	HN-27		Pared
1	maso	HN-28		Pared
1	grifa	HN-29		Pared
1	Marcadores del abecedario	HN-3		E2
1	maso de hule	HN-3		Pared
1	pistola para silicón	HN-30		Pared
1	manguera	HN-4		Pared
1	maso de acero	HN-4		Pared
1	tester	HN-5		Pared
1	llave francesa 200x24	HN-5		Pared
1	colador	HN-6		Pared
2	llaves	HN-6 y 7		E1
1	cuchillo madera	HN-7		Pared
1	lima	HN-8		Pared
3	bombas de atomizar	HN-8,9 y 10		C1
1	pesa	HN-9		Pared
1	esmeriladora Bosch	HY-1		A2
1	maneral grande	HY-2		D2
1	central Neumática	HY-3		C2
1	taladro metabb	HY-4		Pared
1	lijadora DeWalt	HY-5		Pared
1	Atornillador Bosch	HY-6		Pared
2	gata hidráulica	HY-7 y 8		A3
3	cosedoras manuales	HY-9, 10 y 11		D3
	repuestos bburg usados	R-1		Pared

## Inventario consumibles

Pinturas	
Cantidad	Material
1/4	Sellador madera
1/4	gris grúa
1/4	negro
1/4	gris grúa
1/4	negro anticorrosivo
1/4	rojo
3	gris cerchas
0	gris tolva
2	cocina externa
1	mate blanco
1	verjas café
1	contenedores
1	interior oficina
1	minio
1	premier Gris
1/2	azul
1	negro
1	verde liso
1 1/2	amarillo
1/2	cocina con diluyente
1 1/2	corro stop
1/4	thinner
1	diluyente
4	brochas nuevas 2"
2	cepillos nuevos
5	brochas nuevas 3"
1	rollo lija #80
1	rollo lija #98
Spray	
1	pintura amarilla
1	pintura gris
1	pintura azul
1/2	Negro
2	touch foam
1	GRASA
1	Limpiador carburador
2	electronic cleaner

Repuestos	
Cantidad	Material
2	switch corta corriente 12/24 V
1	rodamientos
14	tubos de grasa
50	retenedores aceite
2	selladores para concreto
1	duetán pegamento
1	pegamento
6	bombillos led 3W pequeños
4	muelas, repuestos perforadoras
4	manómetros
1	Filtro grandes
8	filtros diesel
4	luces led largas
2	filtros aceite pequeños
1	caja orings 407 piezas
6	rodamientos pequeños
4	lámparas poste
9	llantas para perras
1	Galón WD-40
PVC y conduit	
2	PVC macho 1"
1	PVC macho 2"
11	PVC macho 3/4"
3	PVC macho 1/2"
3	PVC macho 1 1/4"
6	conduit macho 1/2"
4	conduit macho 3/4"
8	tapones 1/2"
2	tapones 1"
4	tapones 3/4"
2	hembra PVC 1 1/4 rosca un lado
8	Hembra PVC 1" rosca un lado
8	conectores rosca doble
2	conectores rosca un lado
11	PVC macho 3/4" base redonda
20	PVC unión 1/2"
5	PVC unión 1 1/4"
1	codo 3"

1	codo 2"
1	tapa 2"
5	codos 90° 1"
3	codos 1/2"
1	codo 60° 1"
2	conectores T 3/4"
3	bisagras
4	ganchos
1	seguro de puerta
4	bases fotocelda
3	válvula de flotador
3	llavines
1	jabonera de pared
12	prensa estopas
4	conectores 15 A/ 125 V
1	sensor Autonics
1	lámpara multivapor
10	impellers
5	placa toma-red 1
6	placa toma-red 2
4	placas plásticas ciegas
2	apagadores pared
3	tomacorrientes dobles
5	tapas ciegas redondas
14	tapas rectangulares
3	bisagras de tambor
3	hojas de segueta
5	tape eléctrico
7	cajas plásticas tomacorriente
8	curvas base lámparas de mercurio
4	fajas de hule

## **Anexo 4: Análisis Económico**

**Flujo de efectivo para calcular el TIR y el VAN al implementar la ensacadora con 4 personas**

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
costo de operación actual		\$ 34.240,41	\$ 34.240,41	\$ 34.240,41
Maquina Ensacadora	4 personas			
Valor equipo	\$ 15.190,00			
Certificación	\$ 1.600,00			
Costos de instalación	\$ 3.000,00			
Inversión inicial	\$ (19.790,00)			
costo de operación anual		\$ 9.981,68	\$ 9.981,68	\$ 9.981,68
costo de mantenimiento anual		\$ 360,00	\$ 360,00	\$ 360,00
Reducción del costo de producción anual		\$ 24.258,73	\$ 24.258,73	\$ 24.258,73
<b>Flujo</b>	<b>\$ (19.790,00)</b>	<b>\$ 13.917,05</b>	<b>\$ 13.917,05</b>	<b>\$ 13.917,05</b>

<b>Periodo de 2 años</b>	
<b>tasa</b>	<b>7%</b>
<b>Tir</b>	<b>26%</b>
<b>Van</b>	<b>\$ 5.372,29</b>

Fuente: Elaboración Propia, Excel

2014

**Flujo de efectivo para calcular el TIR y el VAN al implementar la ensacadora con 3 personas**

<b>Año</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
costo de operación actual		\$ 4.240,41	\$ 34.240,41	\$ 34.240,41
Maquina Ensacadora	3 personas			
Valor equipo	\$15.190,00			
Certificación	\$ 1.600,00			
Costos de instalación	\$3.000,00			
Inversión inicial	\$ (19.790,00)			
costo de operación anual		\$ 9.357,82	\$ 9.357,82	\$ 9.357,82
costo de mantenimiento anual		\$ 360,00	\$ 360,0	\$ 360,00
valor de rescate anual		\$ 24.882,59	\$ 24.882,59	\$ 24.882,59
<b>Flujo</b>	<b>\$ (19.790,00)</b>	<b>\$ 15.164,76</b>	<b>\$ 15.164,76</b>	<b>\$ 15.164,76</b>

<b>2 Años</b>	
<b>tasa</b>	<b>7%</b>
<b>TIR</b>	<b>34%</b>
<b>VAN</b>	<b>\$ 7.628,17</b>

Fuente: Elaboración Propia, Excel 2014



## **Anexo 5: Cotizaciones de Ensacadoras**

Cotización realizada por Seproma



ENSACADORA SEMI-AUTOMÁTICA DE PESO BRUTO Mod. **ILERFIL-ABG**

PAL/04585-B

PROYECTO: **EXPLOTEC**



## DATOS TÉCNICOS\_

### DATOS DEL PROYECTO

Producto	Aqente para voladura
Tipo de saco	Boca abierta de PP con bolsa interior de PE
Peso saco	25 kg
Producción requerida	6 sacos/minuto <b>NOTA IMPORTANTE:</b> Al tratarse de un sistema semi-automático la producción dependerá de los ciclos de colocación de sacos por parte del operario. No obstante, el sistema está preparado mecánicamente para alcanzar la producción indicada. La solución técnica y las prestaciones serán validadas una vez recibida una pequeña muestra de producto.
Otros requerimientos	Partes en contacto INOX 304 Certificación ATEX Z.22

### ACOMETIDAS

Acometida eléctrica	380/220 V AC III + T + N (50hz.) A confirmar una vez definido el alcance final del suministro
Potencia instalada	A confirmar una vez definido el alcance final del suministro
Voltaje de control	24 V DC (para PLC)
Presión de aire	6 bars
Consumo de aire	A confirmar una vez definido el alcance final del suministro

### LISTA DE COMPONENTES (Estándar TMI)

Motoreductores	ROSSI - LENZE
Variadores de frecuencia	CONTROL TECHNIQUES - LENZE
Detectores	IFM
Contactores	SCHNEIDER ELECTRIQUE - SIEMENS
Pantalla táctil	VIPA - PROFACE
Neumática	SMC - FESTO - UNIVER
Células de carga	SENSOCAR

## PRECIOS\_

<b>ENSACADORA SEMI-AUTOMÁTICA mod. ILERFIL ABG</b>	
Ensacadora de peso bruto mod. <i>ILERFIL-ABG</i>	\$14,670.00
Suplemento p.e.c en INOX.304	\$520.00
<b>TOTAL EQUIPOS ENSACADO FCA-LLEIDA</b>	<b>\$15,190.00</b>
Tolva para recepción de producto en Inox-304	\$5,600.00
Tumbador de sacos a 90° fondo adelante	\$6,096.00
Kit para paletización manual	\$5,010.00
Fabricación y certificación equipos zona clasificada ATEX z.22	\$1,600.00

Los Precios están dados en USD.

## Cotización realizada por Azocar

**ROMANAS AZOCAR**  
Venta - Reparación - Mantenimiento y Calibración de toda clase y marca de Equipos de Pesaje

Tel.: 2222-0000 • Fax: 2222-0180  
Equipos de Laboratorio, Encacadoras, Cosedoras Industriales  
Bandas Transportadoras, Chequeadoras Dinámicas y más  
Cédula Jurídica: 3-102-261620

[www.romanasazocar.com](http://www.romanasazocar.com)

Accredited conforme a la Norma  
ISO 9001:2005  
Laboratorio de Calibración

**Fabricado en Acero Inoxidable.**



**Requerimientos para Instalación:**

- Corriente eléctrica estable a 115 VAC.
- Tierra física indispensable, ya que el producto genera energía estática con la fricción de caída.
- Aire comprimido a 80 lb.
- Brida de acoplamiento para la envasadora en la descarga de la tolva.



Venta - Reparación - Mantenimiento y Calibración  
de toda clase y marca de Equipos de Pesaje

Tel.: 2222-0000 • Fax: 2222-0180

Equipos de Laboratorio, Ensacadoras, Coseadoras Industriales  
Bandas Transportadoras, Chequeadoras Dinámicas y más

Cédula Jurídica: 3-102-261620

[www.romanasazocar.com](http://www.romanasazocar.com)



### PRECIO DE LA OFERTA

CANT	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	ENSACADORA ELECTRÓNICA A PRUEBA DE POLVOS 100%. ACERO INOXIDABLE	\$9,900.00	\$9,900.00
		<b>SubTotal</b>	<b>\$9 900.00</b>
		13% IV	\$1 287.00
		<b>Total</b>	<b>\$11 187.00</b>

## Cotización realizada por romanas Ballar:

### Instalación de báscula embolsadora:

#### Descripción:

La necesidad del servicio surge debido a que el sistema actual de llenado de bolsas no está cumpliendo el margen de error permitido por el control de calidad de la empresa.

El trabajo a realizar se enfocará en sustituir este sistema de pesaje por una báscula embolsadora marca SIPEL, el cual es un equipo diseñado específicamente para este fin.

Por lo tanto este cambio va enfocado en mejorar las condiciones de operación en el área de empaque y asegurar que el margen de error se reduzca a valores aceptables.

#### Características generales del equipo:

- Sistema de simple operatividad y óptimo rendimiento para embolsado de granos, pellets, azúcar, cereales, yerba, fertilizantes, áridos, semillas, productos químicos y todo material granulado que se deslice por gravedad.
- Posee sostenedor de bolsas manual que opcionalmente se reemplaza por uno neumático accionado a través de una pedalera.
- Controla el llenado de 4 a 7 bolsas por minuto, dependiendo del producto y la capacidad de la bolsa.
- Requerimientos energéticos: Electricidad: 220 Vca.  $\pm$  10%; 50Hz (a pedido 110 Vca). Aire comprimido 50 NI / min. de caudal, 6-8 kg/cm<sup>2</sup> de presión.
- Capacidad máxima de 40 kg (configurable), con división de escala 10 g / 20 g , error máximo  $\pm$  3 div. de escala.



## ROMANAS BALLAR CANNAN S.A.

Ced. Jur. 3-101-286704

**OSCAR M. BALLAR GONZALEZ.**

CEDULA: 1-593-746

Servicio de Mantenimiento y Venta de Todo Tipo de Romanas  
Mecánicas y Electrónicas

Guadalupe, San José.

Telefax: 2 225-5917

Móvil: 8812-5917 WhatsApp: 8812-5917

### Condiciones Generales:

- **Equipo con sostenedor de bolsas manual:** ₡ 9,100.000,00 I.V.U.  
Nueve millones cien mil colones con 00/100, impuesto de ventas incluido.
- **Equipo con sostenedor de bolsas neumática:** ₡ 9,800.000,00 I.V.U.  
Nueve millones ochocientos mil colones con 00/100, impuesto de ventas incluido.



## **Anexo 6: Diagrama de Gantt**

**A PARTIR DEL 02/10/2016**

W=SEMANAL Q=QUINCENAL 3S=TRISEMANAL M=MENSUAL B=BIMENSUAL T=TRIMESTRAL C=CUATRIMESTRAL S=SEMESTRAL A=ANUAL 2A=BIANUAL X=OTRA FRECUENCIA

Sección: PI

PLANTA INFERIOR

Area: BT

BANDAS

	Semana																																																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
BANDAS DE HULE 2				W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W
MOTOR ELÉCTRICO		W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	T	W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	W	W	T	W	W	W	M	W	W	W	W	W	W	W	W	T	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W

Area: CS COSEDORA DE SAC

	Semana																																																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52		
MAQUINA COSEDORA DE SACOS	W	W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	T	W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	W	T	W	W	W	M	W	W	W	W	W	W	W	W	T	W	W	W	M	W	W	W	W	W	W	W	W	W	T	
MOTOR ELÉCTRICO COSEDORA		W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	T	W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	W	T	W	W	W	M	W	W	W	W	W	W	W	W	T	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	T
MOTOR ELÉCTRICO BANDA		W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	T	W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	W	T	W	W	W	M	W	W	W	W	W	W	W	W	T	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	T	
CAJA REDUCTORA		W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	W	W	W	W	W	M	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	M		

Area: SL SISTEMA DE LLEN

	Semana																																																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52		
MOTOREDUCTOR		W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	T	W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	W	T	W	W	W	M	W	W	W	W	W	W	W	W	W	T	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	T
TORNILLO	W	W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	W	W	W	W	W	M	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	M	
PANEL ELÉCTRICO		W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	T	W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	W	S	W	W	W	M	W	W	W	W	W	W	W	W	T	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	S	
ROMANA	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	
CAJA REDUCTORA				W	W	W	M	W	W	W	W	M	W	W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	W	M	W	W	W	M	W	W	W	W	W	W	W	W	W	M	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	M	W	

Area: SN SISTEMA NEUMATI

	Semana																																																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
UNIDAD COMPRESORA							M				M					M					M								S				M					M														M	
ELEMENTOS	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	T	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	T	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	T	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	T

