



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN,  
REDUCIENDO PERIODOS IMPRODUCTIVOS EN PLANTA  
FORMULADORA DE AGROQUÍMICOS AGROCENTRO, S. A.**

**Williams Esteban Laj Caal**

Asesorado por el Ing. Oswin Antonio Melgar Hernández

Guatemala, noviembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN,  
REDUCIENDO PERIODOS IMPRODUCTIVOS EN PLANTA  
FORMULADORA DE AGROQUÍMICOS AGROCENTRO, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**WILLIAMS ESTEBAN LAJ CAAL**

ASESORADO POR EL ING. OSWIN ANTONIO MELGAR HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Dardón
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN,  
REDUCIENDO PERIODOS IMPRODUCTIVOS EN PLANTA  
FORMULADORA DE AGROQUÍMICOS AGROCENTRO, S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 24 de noviembre de 2014.



**Williams Esteban Laj Caal**



Guatemala 07 de agosto de 2015

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Director de Escuela  
Escuela de Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Por este medio me permito dar aprobación al trabajo de graduación titulado:  
**“MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN, REDUCIENDO PERIODOS IMPRODUCTIVOS EN PLANTA FORMULADORA DE AGROQUÍMICOS AGROCENTRO S.A.”** desarrollado por el estudiante **Williams Esteban Laj Caal con carnet 1998-11978**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos, por lo que el autor y mi persona somos responsables del contenido y conclusiones del mismo.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

Oswin Antonio Melgar H.  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CUI 9443

Ing. Oswin Antonio Melgar Hernández,  
ASESOR  
Colegiado 9443



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN, REDUCIENDO PERIODOS IMPRODUCTIVOS EN PLANTA FORMULADORA DE AGROQUÍMICOS AGROCENTRO, S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Williams Esteban Laj Caal**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Nora Leonor Elizabeth García Tobar  
Ingeniera Industrial  
Colegiado No. 8121

Inga. Nora Leonor Elizabeth García Tobar  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2015.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de **MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN, REDUCIENDO PERIODOS IMPRODUCTIVOS EN PLANTA FORMULADORA DE AGROQUÍMICOS AGROCENTRO, S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Williams Esteban Laj Caal**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2015.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN, REDUCIENDO PERÍODOS IMPRODUCTIVOS EN PLANTA FORMULADORA DE AGROQUÍMICOS AGROCENTRO, S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Williams Esteban Laj Caal**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Bolanco  
Decano



Guatemala, noviembre de 2015

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Padre todopoderoso creador del cielo y de la tierra, te doy infinitas gracias por brindarme vida, sabiduría y voluntad para concluir mi carrera universitaria con éxito.
- Mis padres** Orlando Esteban Laj Lem (q. e. p. d), Erundina Caal de Laj. Con quienes comparto este logro por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.
- Mi esposa** Alejandra Álvarez, gracias por compartir tu vida conmigo y brindarme apoyo, amor y comprensión. Este logro también es tuyo.
- Mi hijo** José Esteban, por ser el motivo y mi razón de ser, como un ejemplo a lo largo de tu vida.
- Mis hermanos** Marvin Orlando, Alex Adelson, Wualdmar Wilfredo Laj, por su apoyo, consejos y cariño los cuales me motivaron cada día para obtener este triunfo.

**Mis abuelos**

Fernando Caal (q. e. p. d), María Albina Caal,  
por sus constantes oraciones y sabios consejos.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Gloriosa alma máter, con respeto, admiración y orgullo.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por permitirme forjar uno de mis anhelos y darme la oportunidad de formarme como profesional.
<b>Mi asesor de tesis</b>	Ing. Oswin Antonio Melgar Hernández, por haber compartido sus conocimientos, experiencia y tiempo para la culminación de este trabajo.
<b>Empresa Agrocentro</b>	Por la oportunidad y su colaboración para la realización del presente trabajo de graduación.
<b>Mis suegros</b>	José Ismael Álvarez, Sonia de Álvarez, por todo su apoyo incondicional.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	Por haberme apoyado en el transcurso de todos los años que pasamos en la Facultad, quienes siempre me brindaron su apoyo dieron un consejo para seguir siempre adelante.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XIII
GLOSARIO .....	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
JUSTIFICACIÓN.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.1.1. Localización .....	2
1.1.2. Estructura organizacional.....	2
1.1.3. Recursos humanos .....	3
1.2. Cultura corporativa .....	4
1.2.1. Visión .....	4
1.2.2. Misión.....	4
1.2.3. Valores.....	5
1.2.4. Fuerzas conductoras .....	6
1.3. Descripción de productos y servicios .....	6
2. SITUACIÓN ACTUAL.....	9
2.1. Distribución de planta.....	9
2.2. Descripción del proceso .....	9
2.2.1. Proceso de fabricación de líquidos .....	9
2.3. Procedimientos.....	11

2.3.1.	Orden de producción .....	12
2.3.2.	Recepción de insumos .....	13
2.3.3.	Formulación de productos líquidos y suspensiones.....	13
2.3.3.1.	Carga y descarga de materia prima .....	14
2.3.3.2.	Formulación.....	15
2.3.3.3.	Envasado .....	18
2.3.3.4.	Sellado .....	20
2.3.3.5.	Etiquetado .....	22
2.3.3.6.	Taponeado .....	23
2.3.3.7.	Colocación del instructivo .....	24
2.3.3.8.	Empaque y embalaje.....	25
2.3.4.	Entrega a bodega de producto terminado .....	26
2.4.	Análisis de métodos y tiempos de trabajo.....	27
2.4.1.	Diagrama de operaciones del proceso .....	27
2.4.2.	Diagrama de flujo de proceso.....	28
2.4.3.	Diagrama de recorrido .....	29
2.4.4.	Tiempos con cronómetro .....	30
2.4.4.1.	Tiempo normal .....	31
2.4.4.2.	Tiempos estándar.....	32
2.5.	Análisis de la capacidad de producción y eficiencia .....	33
2.5.1.	Tiempo total disponible.....	33
2.5.2.	Tiempo real utilizado.....	34
2.5.3.	Índice de tiempo utilizado .....	34
2.5.4.	Producción real.....	35
2.5.5.	Rendimiento por hora .....	35
2.5.6.	Eficiencia .....	36
2.5.7.	Análisis e interpretación de resultados .....	36
2.6.	Registro y análisis de los problemas.....	36

2.6.1.	Análisis de los problemas, análisis de Pareto .....	38
2.6.1.1.	Procesos administrativos .....	39
2.6.1.2.	Plan de mantenimiento .....	40
2.6.2.	Identificación de problemas, diagrama causa efecto-cronograma Ishikawa .....	41
2.6.2.1.	Procesos administrativos .....	42
2.6.2.2.	Plan de mantenimiento .....	42
3.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN .....	45
3.1.	Sistema de planificación, programación y control de mantenimiento autónomo apoyado en la filosofía Mantenimiento Productivo Total (TPM) .....	45
3.1.1.	Fase de introducción.....	47
3.1.1.1.	Decisión de introducir el TPM en la empresa.....	48
3.1.1.2.	Sensibilización y conocimiento .....	56
3.1.1.2.1.	Benchmarking TPM.....	57
3.1.1.2.2.	Búsqueda de asesoría externa .....	57
3.1.1.2.3.	Capacitación grupo líder .....	58
3.1.1.2.4.	Educación introductoria TPM .....	60
3.1.1.2.5.	Campaña de difusión en la compañía.....	61
3.1.1.3.	Creación de estructura de soporte del TPM .....	62
3.1.1.3.1.	Organigrama.....	62
3.1.1.3.2.	Atribuciones.....	63

3.1.1.4.	Establecimiento de lineamientos básicos para el desarrollo del TPM .....	69
3.1.1.4.1.	Elaboración de programa.....	69
3.1.1.4.2.	Cronograma .....	69
3.1.2.	Fase de promoción y práctica.....	71
3.1.2.1.	Establecer programa de mantenimiento autónomo .....	71
3.1.2.2.	Desarrollar un mantenimiento de áreas administrativas .....	72
3.1.3.	Fase de estabilización .....	72
3.1.3.1.	Extender la implementación a otras áreas de la empresa.....	73
3.1.4.	Fase de consolidación .....	74
3.1.4.1.	Consolidar la implantación del TPM .....	74
3.1.4.1.1.	Mejorar las metas y objetivos.....	74
3.1.5.	Análisis financiero.....	75
3.1.5.1.	Inversión fija .....	76
3.1.5.2.	Costos de operación .....	76
3.1.5.3.	Financiamiento de la propuesta .....	76
3.1.5.4.	Flujo de caja .....	77
3.1.5.5.	Índices financieros que sustentan la inversión .....	78
3.1.5.6.	Valor actual neto (VAN).....	79
3.1.5.7.	Tasa interna de retorno (TIR).....	80
3.1.5.8.	Análisis costo/beneficio de la propuesta .....	81
3.1.6.	Evaluación y análisis de costos de solución .....	83

4.	IMPLEMENTACIÓN .....	85
4.1.	Estructura de mantenimiento autónomo.....	85
4.1.1.	Limpieza e inspección.....	89
4.1.1.1.	Primera jornada de limpieza .....	89
4.1.1.2.	Tarjeteo de la máquina .....	92
4.1.1.3.	Elaboración del primer estándar de limpieza .....	94
4.1.1.4.	Elaboración de las primeras listas de chequeo.....	96
4.1.1.5.	Actividad de campo apretado de tuercas y revisión de tornillos.....	98
4.1.1.6.	Implementar herramienta de apoyo 5 S .....	100
4.1.1.7.	Implementar planta visual.....	106
4.1.1.8.	Realizar auditoría.....	110
4.1.2.	Eliminar fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso .....	113
4.1.2.1.	Reducir focos de contaminación y tiempos de limpieza .....	113
4.1.2.2.	Reducir los tiempos de chequeo.....	117
4.1.2.3.	Realizar auditoría.....	117
4.1.3.	Preparación de estándares para la inspección y lubricación.....	119
4.1.3.1.	Capacitación.....	119
4.1.3.2.	Primera actividad de campo .....	120
4.1.3.3.	Segunda actividad de campo.....	120
4.1.3.4.	Implementar el control visual de lubricación.....	121
4.1.3.5.	Realizar auditoría.....	123

4.1.4.	Inspección general del equipo .....	124
4.1.4.1.	Programa de formación .....	124
4.1.4.2.	Preparar materiales para la formación e inspección.....	127
4.1.4.3.	Desarrollo de las primeras inspecciones con tutor.....	129
4.1.4.4.	Consolidación después de cada inspección general .....	130
4.1.4.5.	Realizar auditoría .....	131
4.1.5.	Realizar inspección general del proceso .....	131
4.1.5.1.	Operación y manipulación correcta ....	132
4.1.5.2.	Ajustes y montajes correctos.....	133
4.1.5.3.	Actividad de campo planta visual .....	134
4.1.5.4.	Manejo correcto de anomalías ....	135
4.1.5.5.	Preparar materiales de enseñanza en inspección general del proceso .....	136
4.1.5.6.	Realizar auditoría .....	137
4.1.6.	Organizar y gestionar las áreas de trabajo .....	138
4.1.6.1.	Incluir mantenimiento de calidad .....	139
4.1.6.2.	Crear un sistema de control y rectificación de anomalías que afectan la calidad .....	140
4.1.6.3.	Actividad de campo .....	141
4.1.6.4.	Realizar auditoría .....	141
4.1.7.	Control autónomo total .....	142
5.	SEGUIMIENTO O MEJORA CONTINUA.....	143
5.1.	Seguimiento .....	143
5.1.1.	Establecimiento de controles.....	143

5.1.1.1.	Producción.....	145
5.1.1.2.	Calidad .....	145
5.1.1.3.	Eficiencia .....	145
5.1.1.4.	Revisión de tiempos estándar.....	145
5.1.1.5.	Revisión de procedimientos.....	146
5.1.2.	Definición de indicadores.....	146
5.2.	Mejora continua.....	150
5.2.1.	Evaluación del desempeño.....	151
5.2.2.	Conformación de equipos de mejora continua.....	151
5.2.3.	Propuestas de mejoras en el proceso.....	152
5.2.4.	Evaluación de resultados.....	152
6.	IMPACTOS AMBIENTALES.....	153
6.1.	Evaluación de riesgos ambientales .....	153
6.1.1.	Impactos .....	153
6.1.2.	Riesgos potenciales.....	154
6.2.	Manejo de desechos .....	154
6.2.1.	Plan de manejo y disposición final de los desechos.....	157
6.2.1.1.	Almacenamiento de químicos.....	158
6.2.1.2.	Almacenamiento de insumos.....	161
6.3.	Plan de mitigación del estudio de impacto ambiental.....	162
6.4.	Estudio de Impacto Ambiental.....	165
	CONCLUSIONES .....	167
	RECOMENDACIONES.....	171
	BIBLIOGRAFÍA.....	173
	APÉNDICES .....	177
	ANEXOS .....	183



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Mapa de ubicación geográfica de la planta .....	2
2.	Organigrama de planta formuladora de agroquímicos .....	3
3.	Diagrama de operaciones de proceso .....	28
4.	Diagrama de flujo de proceso .....	29
5.	Diagrama de recorrido.....	30
6.	Diagrama de Pareto de los problemas improductivos .....	41
7.	Diagrama de Ishikawa para el problema de ineficiencia en los procesos administrativos.....	42
8.	Diagrama de Ishikawa para el problema de la falta de un plan de mantenimiento.....	43
9.	Guía de decisión para implementar o no el TPM .....	48
10.	Análisis de capacidad de planta para implementación del TPM .....	50
11.	Determinación de componente TPM a implementar .....	52
12.	Pregunta 1 del cuestionario.....	53
13.	Pregunta 2 del cuestionario.....	53
14.	Pregunta 3 del cuestionario.....	54
15.	Pregunta 4 del cuestionario.....	55
16.	Organigrama TPM.....	62
17.	Cronograma mantenimiento autónomo TPM .....	70
18.	Pilares del TPM.....	75
19.	Línea piloto.....	86
20.	Ficha técnica de máquina envasadora neumática .....	87
21.	Primera jornada de limpieza.....	91

22.	Tarjeteo de máquina .....	93
23.	Estándar de limpieza llenadora.....	96
24.	Primera lista de chequeo de limpieza .....	98
25.	Guía de tuercas y tornillos .....	100
26.	Diseño de la tarjeta para clasificación.....	102
27.	<i>Seiton</i> -organización .....	103
28.	<i>Seiso</i> -limpieza.....	104
29.	Señalización del área de la máquina .....	107
30.	Identificación de equipo .....	108
31.	Etiquetado de cubiertas .....	109
32.	Etiquetar ductos con dirección de flujo .....	110
33.	Tarjeta de mejora.....	116
34.	Estándar de lubricación .....	121
35.	Control visual de lubricación .....	123
36.	Módulos de capacitación .....	127
37.	Inspección con tutor etiquetadora .....	130
38.	Operación y manipulación correcta proceso de empaque y estibado...	133
39.	Montaje de máquinas y equipos .....	134
40.	Manejo de anomalías.....	136
41.	Pasos para control y mejora de la calidad del mantenimiento .....	140
42.	Almacenamiento de agroquímicos.....	158

## TABLAS

I.	Distribución de los trabajadores de planta.....	4
II.	Tiempo normal .....	32
III.	Tiempo estándar.....	33
IV.	Tiempo total disponible.....	34
V.	Tiempo real utilizado .....	34

VI.	Producción real.....	35
VII.	Registro de horas improductivas .....	38
VIII.	Registro de frecuencias .....	39
IX.	Registro de horas improductivas por deficiencia en procesos administrativos.....	39
X.	Registro de horas improductivas por falta de un plan de mantenimiento .....	40
XI.	Análisis de habilidades TPM.....	59
XII.	Nivel de habilidades.....	60
XIII.	Atribuciones presidente del comité TPM.....	63
XIV.	Atribuciones jefe del Departamento de Mantenimiento .....	64
XV.	Atribuciones jefe del Departamento de Producción .....	65
XVI.	Atribuciones responsable del programa TPM .....	66
XVII.	Atribuciones líder de grupo .....	67
XVIII.	Atribución operadores.....	68
XIX.	Flujo de Caja.....	77
XX.	Tiempo de recuperación de la inversión .....	83
XXI.	Fases del mantenimiento autónomo JIPM.....	88
XXII.	Lista de chequeo auditoría 5 S .....	105
XXIII.	Herramientas de promoción 5 S .....	106
XXIV.	Auditoría I .....	112
XXV.	Auditoría fase II.....	118
XXVI.	Auditoría fase V .....	138



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
	Bodega de materia prima
	Bodega de producto terminado
<b>cm</b>	Centímetro
<b>OEE</b>	Efectividad global del equipo
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>h-h</b>	Horas hombre
<b>h-m</b>	Horas máquina
<b>KPI</b>	Indicador clave de desempeño
	Inicio
	Inspección
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>psi</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>l</b>	Litro
<b>TPM</b>	Mantenimiento Productivo Total
®	Marca comercial registrada
±	Más o menos
<b>m</b>	Metros
<b>ml</b>	Mililitro (= centímetro cúbico)
<i>x</i>	Multiplicación
<b>%</b>	Porcentaje
	Proceso
<b>s</b>	Segundos

**% TC**

Tasa de calidad

**TMEF**

Tiempo medio entre fallas



Transporte

## GLOSARIO

<b>5S</b>	Representan las acciones que son principios expresados con cinco palabras japonesas que comienzan con la letra S. Cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar digno y seguro para trabajar.
<b>Agroquímicos</b>	Sustancias químicas, o que se producen sintéticamente, encaminadas a disminuir, controlar o erradicar una plaga o cualquier organismo patógeno de una planta o cultivo. Dentro de los agroquímicos se incluyen las sustancias fitosanitarias como los herbicidas, insecticidas, fungicidas, fertilizantes, entre otros.
<b>Batch de formulación</b>	Sistema de control que gestiona y ejecuta una fabricación acotada, en número de unidades o en tiempo, de un determinado producto de características predefinidas por una fórmula o especificación.
<b>Formulación</b>	Proceso en el cual se tiene un modelo que contiene los términos en que debe prepararse una mezcla de sustancias. Es la preparación agroquímica en la forma en que se envasa, contiene generalmente uno

o más ingredientes activos más los aditivos y puede requerir la dilución antes de su uso.

**Indicador**

Es un dato que pretende reflejar el estado de una situación, o de algún aspecto particular, en un momento y espacio determinado.

**JIPM**

Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta

***Kaizen***

Proviene de dos ideogramas japoneses: *Kai* que significa cambio y *Zen* que quiere decir para mejorar. Por lo que se puede decir que *Kaizen* es el mejoramiento continuo de forma gradual, con un enfoque a la gente y a la estandarización de los procesos.

**Mantenibilidad**

Probabilidad o facilidad de devolver un equipo a condiciones operativas, en un cierto tiempo y utilizando los procedimientos prescritos.

**Mantenimiento**

La combinación de todas las acciones técnicas y acciones asociadas, mediante las cuales un equipo o sistema se conserva o repara para que pueda realizar sus funciones específicas.

**Líquidos y suspensiones**

Se identifican con las letras SL. Se componen de un ingrediente activo que es soluble en agua, o en solventes que se mezclan con el agua, como alcoholes, o acetona, adherentes y humectantes.

**Proceso**

Cualquier operación o serie de operaciones que produce un cambio físico o químico en una sustancia o una mezcla de sustancias.



## RESUMEN

La empresa objeto de estudio se dedica a la formulación y comercialización de productos agroquímicos, cuya política de calidad implica estar comprometido a proveer insumos agrícolas de calidad y a superar las expectativas de los clientes a través de la mejora continua de cada uno de los procesos que permitan aumentar los niveles de competitividad dentro de la industria. Para poder concretar esta política de calidad en planta formuladora de agroquímicos Agrocentro, S. A., se pretende efectuar un mejoramiento de los procesos de producción a través de la reducción de tiempos improductivos.

Para ello, se desarrolló un estudio de métodos y tiempos de trabajo a través del cual se identifican las causas más relevantes que están generando períodos improductivos, mediante el uso de técnicas estadísticas entre ellas el diagrama de causa-efecto, Ishikawa y el análisis de Pareto se determina la falta de un plan de mantenimiento como el factor que mayor tiempo improductivo genera durante el proceso productivo. Una vez identificada la causa se desarrolla una propuesta de solución utilizando herramientas de mejora continua a través de un sistema de mantenimiento autónomo apoyado en la filosofía TPM, haciendo un análisis de viabilidad y factibilidad de la misma.

Para ejecutar posteriormente. La implementación de un plan el cual vendrá a optimizar los procesos productivos que se desarrollan en planta con el fin de incrementar la eficiencia, contribuyendo a la mejora de indicadores de gestión, los cuales proporcionarán un seguimiento periódico de la problemática. Finalmente se realiza un análisis del impacto ambiental con el objetivo de

reducir riesgos al ser humano y al medio ambiente, elevando simultáneamente la competitividad.

# OBJETIVOS

## General

Mejorar los procesos de producción, reduciendo los períodos improductivos en planta Formuladora Agrocentro, S. A.

## Específicos

1. Identificar mediante un estudio de métodos el proceso de producción, a fin de lograr una eficiente interrelación humano-máquina.
2. Establecer a través del estudio de tiempos un estándar de tiempo permisible, con base en la medición del contenido del trabajo del método prescrito.
3. Determinar, por medio del estudio de métodos y tiempos de trabajo, los períodos improductivos y los factores o causas que originan estos durante las jornadas de trabajo.
4. Establecer herramientas de control y verificación para la reducción de tiempos improductivos en líneas de producción.



## JUSTIFICACIÓN

Agrocentro, S. A. es una industria que formula y comercializa productos para el cuidado de las plantas (herbicidas, fungicidas, insecticidas, y sustancias afines), de eficiencia comprobada, con agilidad en el abastecimiento y una mayor rentabilidad de las cosechas por precio, efectividad y productividad. Siendo los principales productos que se formulan y comercializan: Paraquat Alemán®, Elimina® y Glifosato Alemán®; los cuales incluyen procesos tales como: formulación, envasado, sellado, etiquetado, colocación de instructivo, taponeado y empaque.

En planta de formulación Agrocentro se puede observar que el tipo de gestión en las operaciones de producción se realiza de forma empírica, debido a que la programación de actividades que se desarrolla, depende principalmente de la experiencia que tienen los ejecutivos de la empresa (supervisor, jefe de planta, jefe de Producción) y su criterio personal, adoptando métodos de trabajo que hacen que se incremente el tiempo improductivo

En la actualidad, la evolución tecnológica y competitiva de las industrias ha hecho que las empresas busquen permanentemente ser lo más eficientes posible en todos los aspectos, entre ellos están ser productivos en sus operaciones y procesos. Las organizaciones productivas y de servicios en el país están convocadas a la perfección de su gestión, para alcanzar los niveles de calidad y eficiencia que permita la inserción de las mismas en el mercado internacional, logrando consolidar posiciones de competencia cada vez más ventajosas. Esto obliga a los directivos de la organización a desplegar una ardua labor de búsqueda de alternativas que garanticen que el producto o

servicio que se ofrezca sea único, con mayor calidad y mejor precio, conjugando todos los recursos destinados por la organización para obtener un resultado satisfactorio.

Por lo tanto, se pretende en este estudio de métodos y tiempos de trabajo identificar las causas más relevantes que están generando períodos improductivos durante el proceso de producción, e identificar si estas causas pertenecen a la falta de un plan de mantenimiento o de procesos administrativos; y con base en esto proponer e implementar un sistema utilizando herramientas de mejora continua, con lo cual se logre el mejoramiento de la eficiencia y la productividad en planta formuladora, ya que las empresas más eficientes y productivas son aquellas que logran mantener los tiempos de fabricación de sus productos en los niveles más bajos; en iguales condiciones; de ahí la importancia de su conocimiento y control.

Con la generación de esta propuesta se pretende obtener una mayor eficiencia de los procesos de producción y un flujo más continuo de los materiales, por consiguiente, para la efectividad y gestión de este proyecto se emplearán conocimientos referentes a la ingeniería de métodos, estadística, controles industriales, ingeniería económica y contabilidad.

Por otro lado, el desarrollo de esta investigación se realizará bajo el concepto de trabajo de graduación y tiene como objetivo cumplir el requisito universitario para obtener el título de ingeniero industrial.

## INTRODUCCIÓN

La industria constituye un importante renglón en la economía de los países; actualmente las empresas, debido a la globalización, las exigencias del mercado y la crisis económica, buscan hacer más eficiente su proceso de producción, mejorar su competitividad y lograr mayores oportunidades de crecimiento; con esto contribuyen al país en el avance hacia el desarrollo sostenible, mediante el uso óptimo de los recursos, generación de mejores condiciones de trabajo y aumento de la calidad de los productos.

La política de calidad de Agrocentro, S. A. implica estar comprometido a proveer insumos agrícolas de calidad y a superar las expectativas de los clientes a través de la mejora continua de cada uno de los procesos que permitan aumentar los niveles de competitividad y la generación de oportunidades de desarrollo dentro de la industria.

Para poder concretar esta política de calidad en planta formuladora Agrocentro, S. A. se pretende efectuar un mejoramiento de los procesos de producción, a través de la reducción de tiempos improductivos; lo cual traerá consigo un aumento de la calidad de los productos, reducción de desperdicio y mejoras en el desempeño de los empleados, y de esta forma obtener beneficios económicos reflejados en el aumento de la eficiencia y la productividad. Además de los beneficios económicos obtenidos por el aumento de los ingresos y utilidades derivados del incremento en la producción y disminución de desperdicio, se pretende aumentar el nivel de conocimiento del personal, simplificación del trabajo y creación de ambientes laborales que favorezcan el desarrollo de los empleados.

Se utilizará una metodología que tiene seis etapas. En la primera etapa se obtendrá la información general de la empresa.

En la segunda etapa se realizará un diagnóstico de los procesos actuales de la compañía y de los problemas que están generando períodos improductivos en el proceso, obteniendo esta información a través de visitas a los puestos de trabajo, empleando la observación y entrevistas como técnicas de recolección de información.

En la tercera se concentrará en desarrollar una propuesta de solución a través de un sistema de planificación, programación y control de mantenimiento autónomo apoyado en la filosofía TPM (Mantenimiento productivo total).

En la cuarta se procederá con la implementación propuesta en la etapa anterior.

En la quinta se establecerá un seguimiento periódico de la problemática, con el fin de medir el progreso o retroceso del sistema.

Para finalizar, en la sexta se realizará el análisis del impacto ambiental por medio de una producción más limpia (P+L), la cual es una aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integral a los procesos, productos y servicios.

# **1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

## **1.1. Antecedentes**

Agrocentro, S. A. es una empresa de capital 100 % guatemalteco, fundada en 1981 cuya actividad principal está orientada a la importación, formulación, exportación, distribución, compra y venta de fungicidas, herbicidas, rodenticidas, fertilizantes e insecticidas solventes. Cuenta aproximadamente con 250 colaboradores, teniendo presencia geográfica en Centroamérica, El Caribe, sur de México y Colombia. Figura dentro de las tres comercializadoras más grandes de insumos agropecuarios en Guatemala, siendo líder en distribución de herbicidas a nivel nacional. Adicionalmente ha logrado mantener excelente calidad de sus productos, lo cual le ha permitido continuar posicionando sus marcas y consolidarse en importante nichos de mercado.

Los productos se formulan y empaican bajo los más altos estándares de calidad a nivel internacional, labor que se realiza con un equipo de profesionales altamente calificados, identificados y comprometidos fielmente con Agrocentro, S. A. Las acciones están orientadas a conocer mejor a los clientes y superar sus expectativas; brindándoles un servicio personalizado de calidad y eficiente, trabajando en equipo para fomentar la confianza mutua y el perfeccionamiento continuo.

### 1.1.1. Localización

Planta Agrocentro, S. A. se encuentra ubicada en Ofibodegas La Esperanza, microparcela 06 de la finca La Esperanza, Escuintla, Escuintla. Las coordenadas de ubicación son:

- Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84): 741012 X; 157,8552 Y.
- Coordenadas geográficas datum WGS84 en formato DMS (grados, minutos, segundos): 14° 12' 53,13" N y 90° 45' 28,16".

Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de la planta



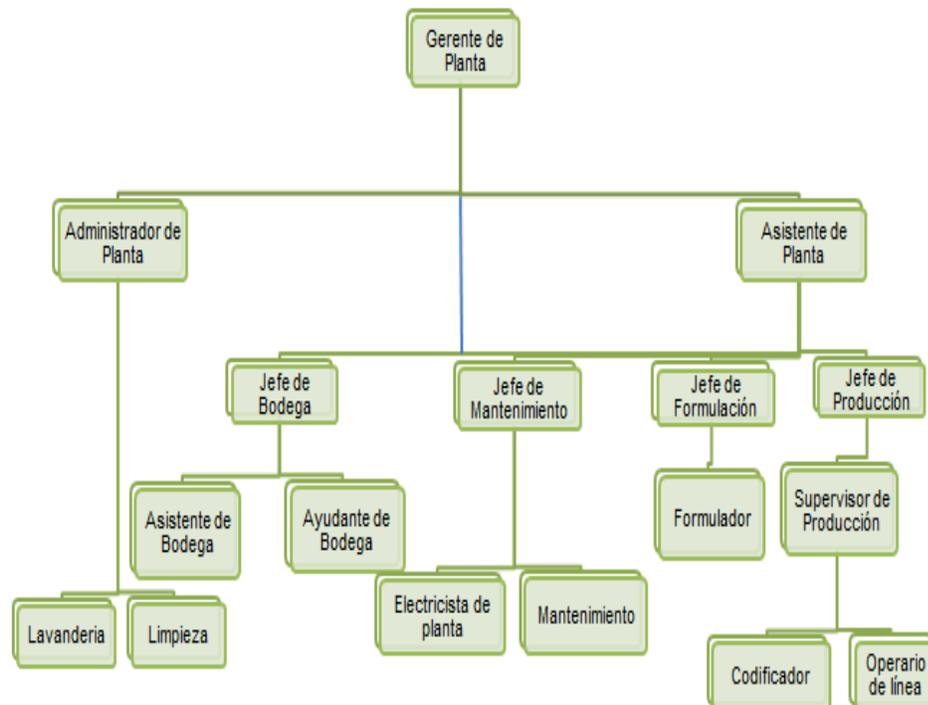
Fuente: Google Earth. <http://www.googleearth.com>. Consulta: 10 de septiembre de 2014.

### 1.1.2. Estructura organizacional

La compañía presenta una estructura organizacional de forma vertical, en donde cada una de las áreas funcionales se encuentra distribuida de tal

manera, que se le facilita la comunicación interdepartamentos, en la cual se muestran los niveles jerárquicos, las líneas de autoridad y responsabilidad, los niveles formales de comunicación y las relaciones que deben existir entre los diversos departamentos de la empresa. Agrocentro, S. A., está organizada como se describe en la figura 2.

Figura 2. **Organigrama de planta formuladora de agroquímicos**



Fuente: *Manual de inducción*, Agrocentro, S. A. código DG-DH-003.

### 1.1.3. Recursos humanos

En la actualidad, planta formuladora de agroquímicos Agrocentro, S. A. cuenta con 48 trabajadores distribuidos de acuerdo a la tabla I.

Tabla I. **Distribución de los trabajadores de planta**

AREA	NÚMERO DE EMPLEADOS
Administrativa	7 Trabajadores
Formulación	7 Trabajadores
Producción	20 Trabajadores
Bodega	7 Trabajadores
Mantenimiento	3 Trabajadores
Control de calidad	4 Trabajadores
Total	48 Trabajadores

Fuente: elaboración propia.

## 1.2. **Cultura corporativa**

A continuación se explica la cultura corporativa.

### 1.2.1. **Visión**

“Ser un proveedor regional de productos de calidad comprobada para el sector agropecuario, brindando un excelente servicio con responsabilidad social empresarial”<sup>1</sup>.

### 1.2.2. **Misión**

“Somos un equipo eficiente con espíritu emprendedor que formula y distribuye insumos agropecuarios en la región. Velamos por la seguridad alimentaria y la competitividad agropecuaria, para el bienestar y progreso de nuestro equipo y nuestra sociedad”<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Agrocentro, S. A.

<sup>2</sup> Ibíd.

### **1.2.3. Valores**

- Perseverancia

Identifica el compromiso del personal en un esfuerzo continuado. Es el combustible para moverse largamente conforme la visión y la misión de la empresa.

- Competitividad

Es nuestra capacidad de participar en los mercados, la habilidad sostenible de obtener ganancias y mantenernos como líderes a través de la innovación, calidad de nuestros productos y el valor agregados a nuestros clientes.

- Responsabilidad

Es primordial para nuestros colaboradores que todas las acciones se realicen con libertad, conforme al sentido moral de sus actividades, es decir en la capacidad de responder a sus obligaciones.

- Integridad

Mostrar a través de las relaciones profesionales integras, honradez, lealtad y rectitud un compromiso transparente a nuestros clientes y compañeros.

- Respeto

“Tratamos a nuestros compañeros, colegas, clientes y otras personas con quienes hacemos negocios con apego a la ley y estricto respecto a la dignidad, imparcialidad y cortesía”<sup>3</sup>.

#### **1.2.4. Fuerzas conductoras**

- Crecimiento rentable
- Diversificación de portafolio
- Excelencia en servicio al cliente
- Procesos ágiles y sistemas de información
- Desarrollo, productividad y satisfacción personal.

### **1.3. Descripción de productos y servicios**

Agrocentro S. A. es una industria que formula y comercializa productos para el cuidado de las plantas (herbicidas, fungicidas, insecticidas, y sustancias afines), de eficiencia comprobada, con agilidad en el abastecimiento y una mayor rentabilidad de las cosechas por precio, efectividad y productividad. Siendo los principales productos que se formulan y comercializan los siguientes:

- Paraquat Alemán®: (ingrediente activo: Paraquat) herbicida no selectivo, de contacto, el cual es absorbido por el follaje de las malezas. Los tejidos de las partes verdes de las plantas son destruidos y esto se manifiesta con marchitamiento. Este herbicida no es transportado a través de la planta, por lo que el daño es específico para los tejidos verdes expuestos.

---

<sup>3</sup> Agrocentro, S. A.

- Elimina®: (ingrediente activo: 2,4-D) herbicida sistémico posemergente a las malezas de hoja ancha, el cual es rápidamente absorbido por el follaje tallo y raíces. Este producto es selectivo sobre malezas de hoja ancha (no daña las gramíneas en las dosis sugeridas). El producto es transportado a través de la planta y causa el marchitamiento completo de la planta susceptible.
- Glifosato Alemán®: herbicida sistémico, no selectivo, que es absorbido por el follaje para ser transportado a todos los tejidos de la planta. Su actividad se presenta únicamente si es aplicado a los tejidos verdes de la planta. El producto es absorbido por las raíces y su efecto es totalmente inhibido en el suelo, por lo que no existe toxicidad residual.
- Igual®: herbicida selectivo para el control de malezas de hoja ancha y gramínea de maíz, sorgo, caña, piña, pinabete y algunos otros cultivos, incluyendo reforestaciones de coníferas. Tiene muy buen aspecto residual en el suelo, inhibe el crecimiento de semillas de maleza. El producto es principalmente absorbido por las raíces de las plantas. Su uso puede ser post o preemergente.

Estos productos incluyen procesos tales como: formulación, envasado, sellado, etiquetado, colocación de instructivo, taponeado, empaque y embalaje.

Existen 10 diferentes presentaciones, las cuales varían en función del producto. En el caso de la formulación de líquidos y suspensiones las presentaciones pueden ser:

- 15; 125; 250; 500 ml.
- 1; 3,5; 5; 18; 20; 200 l.



## **2. SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1. Distribución de planta**

Para la realización de las operaciones de producción con la facilidad que se necesita en tiempo y espacio físico, se muestra la distribución de las líneas de formulación que cabalmente es donde se desarrolla el presente trabajo de graduación. Ver figura 43, anexo 1.

### **2.2. Descripción del proceso**

El proceso de fabricación de productos líquidos que se describe enseguida incluye procesos tales como: formulación, envasado, sellado, etiquetado, colación de instructivo, taponeado, empaque y embalaje.

#### **2.2.1. Proceso de fabricación de líquidos**

El proceso utilizado para la fabricación de productos líquidos se detalla a continuación:

- Formulación

Esta constituye la fase inicial del proceso, da inicio con la colación de la materia prima en el área de formulación, para luego continuar con el pesado de cada uno de los elementos contenidos en la fórmula, ya en el proceso los líquidos fluyen por los ductos o tuberías al tanque de mezclado promedio de bombas de succión, luego se procede con el mezclado o agitación de los

componentes para posteriormente ser trasladado a los tanques de reposo, quedando disponible para su envasado.

- Envasado

Este proceso consiste en abastecer la tolva de alimentación de la máquina por gravedad desde los tanques de reposo que contienen producto formulado en el proceso anterior, ya en el proceso el líquido fluye por los ductos o mangueras de la máquina hasta los inyectores de la misma, dejando caer el líquido en la cantidad que ha sido calibrado el equipo, en función de la presentación del producto que se envasará.

- Sellado

Se inicia con la colocación de tapas, de forma manual, a los envases, para posteriormente ser ajustado el mismo de manera automática por un sellador neumático.

- Para tapas plásticas con sello de polietileno, el sellado del envase se realiza de forma semiautomática con selladoras de calor.
- En caso de tapas con *linner* de inducción, utilizará el ajustador de tapas neumático, para esto se utiliza una máquina de inducción que sella el conjunto sello-tapa siendo sellado el envase por medio de inducción calorífica.

- Etiquetado

Proceso que consiste en colocar la identificación del producto sobre cada uno de los envases.

- De manera manual cuando los envases son de forma cuadrada o rectangular.
  - A través de una etiquetadora semiautomática, cuando los envases son cilíndricos.
- Colocación de instructivo o panfleto

Este proceso consiste en colocar manualmente un papel contenido dentro de una bolsa plástica en la parte del cuello de cada envase, este instructivo contiene todas las especificaciones técnicas, advertencias e instrucciones sobre el uso y manejo del producto.

- Taponeado

Consiste en colocarle una tapa plástica con rosca al envase de forma manual o con la ayuda de un roscador eléctrico.

- Empaque y estibado

Proceso que consiste en colocar el envase dentro de la caja de cartón cuya cantidad dependerá de la presentación del producto para luego ser sellado y estibado en tarimas.

### **2.3. Procedimientos**

Enseguida se establecerá cada uno de los procedimientos de cómo se llevan a cabo cada una de las actividades en los procesos de formulación, desde la generación de la orden de producción hasta la entrega del producto a bodega de producto terminado.

### **2.3.1. Orden de producción**

El gerente de planta elabora el programa semanal de producción, en reunión conjunta con el jefe y supervisor de producción, tomando en consideración lo siguiente:

- Recibe información de gerencia de distribución del listado de productos demandados para el mercado nacional e internacional, los cuales ingresan por órdenes específicas de clientes o distribuidores.
  - Se revisa de forma empírica la capacidad de producción disponible en cada línea de producción en función de los tiempos de proceso y personal con que se cuenta.
  - Se genera el programa semanal de producción proporcionando una copia al administrador de planta, a los gerentes de las unidades de negocios, al gerente de compras y al jefe de Control de Calidad, Seguridad, Higiene y Ambiente. Ver figura 44, anexo 2.
- 
- Requerimiento de insumos

El jefe de Producción genera la orden de requisición de material de empaque y a granel en la que se solicita al jefe de bodega la cantidad de materia prima y material de empaque a utilizar. Ver figura 45, anexo 3.

Una vez generado el requerimiento de los insumos, se procede a realizar una orden de codificación de material de empaque, para esto se utiliza el mismo formato utilizado en el plan diario de envasado. El jefe de Producción proporciona al codificador la siguiente información:

- Producto a elaborar y su presentación
- Núm. de lote de formulación y año. En el caso de los productos formulados en Agrocentro, el número de lote de su formulación. En el caso de los productos que no son formulados por Agrocentro, sino solamente se reenvasan, el número de lote se tomará de los tres últimos dígitos del lote de formulación indicado por el proveedor.

En la codificación se detalla lo que deberá ir marcado en cada etiqueta (número de lote, fecha de producción y vencimiento).

### **2.3.2. Recepción de insumos**

Luego de emitida la orden de requerimiento de insumos se procede a la entrega de los mismos por parte de la bodega, en este proceso no existe documento físico en el cual se haga constancia o ampare la entrega de los insumos.

### **2.3.3. Formulación de productos líquidos y suspensiones**

El administrador de planta debe entregarle al jefe de Producción una copia impresa del programa semanal de producción.

El jefe de Producción debe realizar las siguientes actividades:

- Asignar la producción en las líneas de envasado según el programa.
- Revisar la disponibilidad de producto formulado y material de empaque para los productos listados en el programa.

- En caso de no contar con suficiente material de empaque o producto formulado, debe reportar al administrador de planta para reprogramar las líneas de envasado y solventar el problema.
- Elaborar el plan diario de envasado el cual se entrega a los operadores de cada línea para que procedan con la producción. Ver figura 46, anexo 4.
- Elaborar el formulario con los límites de peso de productos envasados, y entregarlo al operario de línea, encargado del envasado. Ver figura 47, anexo 5.
- Asignar a los operarios de línea en grupos, para trabajar en las líneas de envasado.
- Verificar visualmente que los operarios de línea cuenten con el equipo de seguridad necesario para cada actividad.
- Proporcionarle al codificador la información necesaria contenida en el plan diario de envasado para la codificación de las etiquetas y cajas.
- El operador de línea designado para armar las cajas prepara el sello para codificación con los números de lote indicados en el plan diario de envasado y la fecha de envasado.
- Verificar el arranque de la operación de la línea de envasado, para detectar posibles deficiencias en la maquinaria. Si detectara alguna deficiencia, debe darle seguimiento hasta que se pueda realizar el arranque de operaciones.

#### **2.3.3.1. Carga y descarga de materia prima**

El operador designado por parte de bodega, con la ayuda del montacargas, traslada la materia prima hasta la operación de formulados, en

la sección de pesado, para dar inicio al proceso.

### **2.3.3.2. Formulación**

El operador asignado a esta operación procede con la formulación de líquidos de acuerdo a lo siguiente:

El gerente de planta debe realizar las siguientes actividades:

- Elabora hoja de cálculo para realizar la guía de formulación de Paraquat, asegurando que el funcionamiento sea el correcto. Luego entrega al jefe de Formulación. Ver figura 48, anexo 6.
- Revisa trimestralmente la hoja de cálculo utilizada para elaboración de guía de formulación de Paraquat para que cumpla con las especificaciones de producto terminado generadas por el laboratorio de control de calidad.

El jefe de Formulación realiza lo siguiente:

- Revisa y corrige la guía de formulación de Paraquat de acuerdo a la concentración a trabajar.
- Verifica las existencias de materia prima y traslada la guía de formulación de Paraquat al formulador.

El formulador debe adicionar las materias primas descritas en la guía de formulación de Paraquat de la siguiente forma:

- Anota, en el informe de formulación de Paraquat, el nombre del proveedor del Paraquat técnico y su núm. de lote. Así como,

pesar y anotar el peso de cada uno de los ingredientes que lleva la formulación, excepto el Paraquat técnico. Ver figura 49, anexo 7.

- Pesa la cantidad indicada de agua, siguiendo la guía de formulación de Paraquat, en toneles y disuelve el antiespumante en el agua de los toneles.
- Bombear el agua hacia el tanque de formulación reservando 950 Kg para utilizarlos posteriormente.
- Poner en marcha el agitador del tanque.
- Bombear al tanque de formulación el ácido sulfónico lineal según la cantidad indicada en la guía de formulación Paraquat.
- Bombear al tanque de formulación el nonilfenol 8M según la cantidad indicada en la guía de formulación Paraquat.
- Bombear aproximadamente 200 Kg de agua para limpiar la bomba y tuberías.
- Haciendo uso del extractor de gases, se disuelve la cantidad indicada de soda cáustica, según la guía de formulación de Paraquat, en aproximadamente 100 Kg de agua. Agitar vigorosamente y bombear al tanque de formulación.
- Bombear aproximadamente 500 Kg de agua al tanque de formulación, para limpiar la bomba y la tubería de restos de soda caustica.
- Agregar manualmente el odorante al tanque según cantidad indicada en la guía de formulación de Paraquat.
- Pesar cada uno de los toneles que contienen el Paraquat técnico que se utilizará y anotar el peso bruto en el informe de formulación de Paraquat.
- Bombear la cantidad indicada de Paraquat técnico, según la guía de formulación de Paraquat al tanque de formulación.

- Acumular en un tonel todos los remanentes de los toneles de Paraquat técnico que no fueron succionados por la bomba y posteriormente, bombearlos hacia el tanque de formulación.
  - Durante todo el proceso de formulación se debe lavar cada tonel vacío con agua tres *versus* desechar el agua en el tanque de agua contaminada.
  - Pesar cada tonel vacío y calcular el peso neto de Paraquat técnico, restándole al peso bruto el peso del tonel vacío.
  - Anotar en el informe de formulación de Paraquat la cantidad exacta de Paraquat utilizado.
  - Bombear el agua restante al tanque de formulación para desaguar la bomba y la tubería.
  - Después de adicionar todos los componentes de la formulación, continuar la agitación por 45 minutos más.
- Control de calidad en el proceso de formulación

Luego de la agitación, el formulador realiza las siguientes actividades:

- Tomar una muestra de 250 ml para su análisis fisicoquímico. El envase de esta muestra deberá indicar: nombre del producto, fecha de formulación y núm. de lote.
- Llevar la muestra al laboratorio de control de calidad e informa verbalmente al analista de laboratorio del ingreso de la muestra.
- Anota en el registro de ingreso de muestras los siguientes datos: núm. correlativo, hora y fecha de ingreso, número de lote, observaciones, nombre de la persona que ingresa la muestra. Ver figura 50, anexo 8.

- Entregar el informe de formulación de Paraquat al jefe de Formulación quien corrobora la información contenida en dicho documento. Y luego traslada el informe de formulación de Paraquat al laboratorio de control de calidad para su aprobación.
- Si tiene la aprobación del gerente de Control de Calidad, Seguridad, Higiene y Ambiente, informará al jefe de formulación el resultado en el reporte de laboratorio y se procede a trasegar el producto al tanque de reposo para su subsiguiente utilización. Ver figura 51, anexo 9.
- Si no tiene la aprobación del gerente de Control de Calidad, Seguridad, Higiene y Ambiente; el producto deber ser reformulado de acuerdo a las instrucciones del gerente de planta. Las modificaciones deben ser anotadas en el informe de formulación de Paraquat.

### **2.3.3.3. Envasado**

El jefe de Producción elabora los límites de peso de producto envasado, tomando como referencia la Norma Coguanor NGO 49-016 y lo entrega a los supervisores de producción para que ellos lo distribuyan a cada línea de llenado.

El supervisor de Producción realiza las siguientes actividades:

- Verificar la disponibilidad de producto formulado para arrancar el envasado.
- Encargarse de preparar el sistema de envasado, según la

presentación a llenar, tomando en cuenta los límites de peso del producto envasado.

- Verificar que el peso de los envases en cada uno de los inyectores corresponda con el indicado en el formulario de límites de peso de producto envasado, antes que inicie el llenado en las líneas de producción.

El operador asignado a esta operación procede con el arranque de la máquina envasadora de acuerdo a lo siguiente:

- Solicitar los envases vacíos al encargado de distribuir envases a todas las líneas de envasado.
- Activar el botón de encendido principal del equipo.
- Abrir las válvulas de suministro de producto formulado a la envasadora y verificar si hay fugas. En caso de encontrar fugas cerrar todas las válvulas y reportar el problema al supervisor de producción.
- En el caso que no haya fugas se colocan los envases vacíos alineados justo debajo de los inyectores de producto.
- Activar el *push* botón cada vez que necesite que los inyectores se activen para el llenado de los envases.
- Verificar que el volumen de llenado de cada inyector sea el correcto, haciendo la revisión de pesos al menos cada 8 llenadas.
- Los límites de tolerancia sobre los que se puede desarrollar la operación de envasado de líquidos es de  $\pm 0,2$  % en presentaciones de litro y  $\pm 0,5$  % en presentaciones de mililitro.
- Si la operación de envasado se encuentra fuera de los límites de tolerancia permitidos, el operador procede a graduar cada

uno de los inyectores, y si el problema persiste se le comunica al supervisor de producción para que tome las acciones correctivas.

- Control de calidad en el proceso de envasado

El supervisor de Control de Calidad, Seguridad e Higiene Ambiental, en el proceso de envasado, deberá tomar a cada hora, durante toda la jornada laboral, una muestra por cada inyector, el cual servirá para verificación que el proceso se encuentre en los límites de tolerancia. Esta actividad se realiza colocando cada una de las muestras extraídas sobre una balanza digital y los resultados son registrados en el formulario de control de calidad en líneas de llenado. Ver figura 52, anexo 10.

#### **2.3.3.4. Sellado**

El jefe y supervisor de Producción verifican que los equipos estén ajustados para el tipo de envase que se va a manejar.

El operario de línea encargado de esta operación procede con el arranque de la máquina selladora de acuerdo a lo siguiente:

- Sellado por conducción
  - Activar el botón de encendido principal del equipo.
  - En caso de tapas plásticas con sello de polietileno, el sellado del envase se realiza de forma semiautomática con selladoras de calor, estas para que alcancen la temperatura óptima de 130 ° C necesitan de un tiempo aproximado de 40 minutos de calentamiento.

- Accionar la selladora para que la plancha descienda y funda los sellos a la boca del envase. La selladora subirá luego del tiempo ajustado por el jefe o supervisor de Producción.
  - Remover los envases de la selladora, verificar visualmente el sello y acostar los envases para comprobar que no hay fugas.
  - En caso de encontrar fugas, reportar inmediatamente al supervisor de Producción para corregir el ajuste de la selladora.
- Sellado por inducción
    - En caso de tapa con *linner* de inducción, utilizará el ajustador de tapa neumático, el cual deber estar ajustado a una presión de 40 Psi. Para esto se utiliza una máquina de inducción que sella el conjunto sello-tapa, siendo sellado el envase por medio de inducción calorífica.
    - Activa el *push*-botón cada vez que se necesite que la plancha de sellado descienda para hacer contacto con los envases y esta se sostiene allí por el tiempo graduado en los controles de la selladora de inducción, por el jefe o supervisor de Producción.
- Control de calidad en el sellado

El supervisor de Calidad verifica de forma periódica lo siguiente:

- En caso de tapas plásticas con sello de polietileno, verifica que los envases tengan colocada la tapa de manera correcta para evitar derrames en el producto.

- En caso de tapas con *linner* de inducción, procede a abrir un envase y verifica que el sello de seguridad interno de la tapa esté quemado correctamente sobre la boca del envase, además de asegurarse que el sello de seguridad externo de la tapa no esté roto.
- Los envases que presenten derrames por un mal sellado, son desechados para ser reprocesados:
  - Se les extrae la tapa de sellado, y se repite la operación de sellado.
  - Si en la extracción de la tapa de sellado se daña el envase, entonces el líquido se deposita en el tanque de rebalse para ser envasado nuevamente, mientras que el envase se desecha al área de triple lavado.

#### **2.3.3.5. Etiquetado**

El jefe y supervisor de Producción verifican que los equipos estén ajustados para el tipo de envase que se va a manejar.

El operador asignado a esta operación procede con el arranque de la máquina etiquetadora de acuerdo a lo siguiente:

- Colocar la bolsa de pegamento en el depósito que se encuentra en la parte posterior de la etiquetadora.
- Ubicar la etiqueta en el envase de tal forma que los bordes queden correctamente alineados a la altura y posiciones definidas de forma empírica.
- Activar el botón de encendido principal del equipo.

- Esta máquina no cuenta con una escala definida para cada tipo de envase, lo que complica la operación al momento de un cambio en la presentación del producto que se trabajará en la línea de producción.
  - Si la etiqueta no queda en la posición correcta según las especificaciones del producto, el trabajador de la operación siguiente procederá a regresarla al etiquetador para su reproceso.
- Control de calidad en el etiquetado

El supervisor de Calidad verifica de forma periódica lo siguiente:

- Que la etiqueta que esté siendo utilizada corresponda, según las especificaciones y destino del producto.
- Que la etiqueta quede centrada y ajustada al envase, para evitar que se desprenda fácilmente.
- Si la etiqueta tiene desperfectos en sus dimensiones e impresión, de tal manera que comprometan la integridad de la leyenda impresa, o cualquier otra observación al respecto, esta se le notifica de inmediato al supervisor de Producción, para que haga las correcciones necesarias.

#### **2.3.3.6. Taponeado**

El jefe y supervisor de Producción verifican que los equipos estén ajustados para el tipo de envase que se va a manejar.

El operador asignado a esta operación procede con el arranque de la

herramienta de taponeado de acuerdo a lo siguiente:

- Coloca las tapas de forma manual sobre cada uno de los envases.
- Activa el *push botón* de encendido principal del equipo cada vez que se necesita roscar las tapas en los envases.
- Control de calidad en el sellado

El supervisor de Calidad verifica de forma periódica lo siguiente:

- En caso de tapas plásticas con sello de polietileno, verifica que los envases tengan colocada la tapa de manera correcta para evitar derrames en el producto.

#### **2.3.3.7. Colocación del instructivo**

El operador asignado a esta operación procede con la colocación del instructivo o panfleto, de acuerdo a lo siguiente:

- Los instructivos son preparados a través de una operación externa de maquila previamente al inicio de esta operación.
  - Este proceso consiste en colocar un papel contenido dentro de una bolsa plástica en la parte del cuello de cada envase ajustado a través de un orificio que contiene la bolsa.
- Control de Calidad en colocación del instructivo

El supervisor de Calidad verifica de forma periódica lo siguiente:

- Al inicio de cada lote de producción verificará en forma conjunta con el operador que el instructivo corresponda según especificaciones establecidas del producto.
- Se asegura que el nombre del producto impreso en el panfleto, quede expuesto a la vista para así evitar confusiones.

### **2.3.3.8. Empaque y embalaje**

Los operadores asignados a estas operaciones proceden con el empaque y embalaje de acuerdo a lo siguiente:

- Codificar cada una de las cajas con sellos de tinta manuales.
- Proceder con el armado de las cajas, primero la base y luego se arman los separadores.
- Activar el botón de encendido principal de la selladora de cajas.
- Realizar una inspección de cada unidad terminada.
- Al momento de encajar el producto, verificar el número de unidades requeridas por caja en función de la presentación de la misma, antes de proceder con el cierre de la caja.
- Proceder con el cierre de la caja utilizando una selladora automática, la cual en el proceso, le trasladará la caja al operador encargado del embalaje.
- Este último operador procede a verificar el peso bruto de la caja, para lo cual habrá solicitado ya al supervisor de Producción el dato del peso requerido.
- Una vez confirmado este dato, y encontrándose dentro de los límites de tolerancia establecidos, se procederá a trasladar la caja a las tarimas con dimensiones 120 cm x 115 cm.

- La distribución y cantidad de las cajas en las tarimas se debe hacer en función de la disposición que se indica e ilustra en la parte superior de cada caja.
- Para finalizar se coloca *stretch film* alrededor de la tarima que contiene el producto, y si este es de exportación se le adhiere las identificaciones correspondientes requeridas por aduana.
- Control de calidad en empaque y embalaje

El supervisor de Calidad verifica de forma periódica lo siguiente:

- El peso bruto de la caja, de acuerdo a los límites de tolerancias permisibles en función de las diferentes presentaciones de productos.
- Que el sellado de cajas se esté haciendo de manera correcta, ya que de lo contrario la caja se abrirá con la manipulación constante.
- Que el estibado se realice en la forma y cantidades especificadas.

#### **2.3.4. Entrega a bodega de producto terminado**

El supervisor de Producción entrega la hoja de producción del día al jefe de bodega para archivarla, y a la vez, ingresarla al sistema de información administrativo SAP. Ver figura 53, anexo 11.

Este último le gira la orden al operador del montacargas para que proceda con el traslado y almacenamiento del producto ya formulado a la bodega de producto terminado.

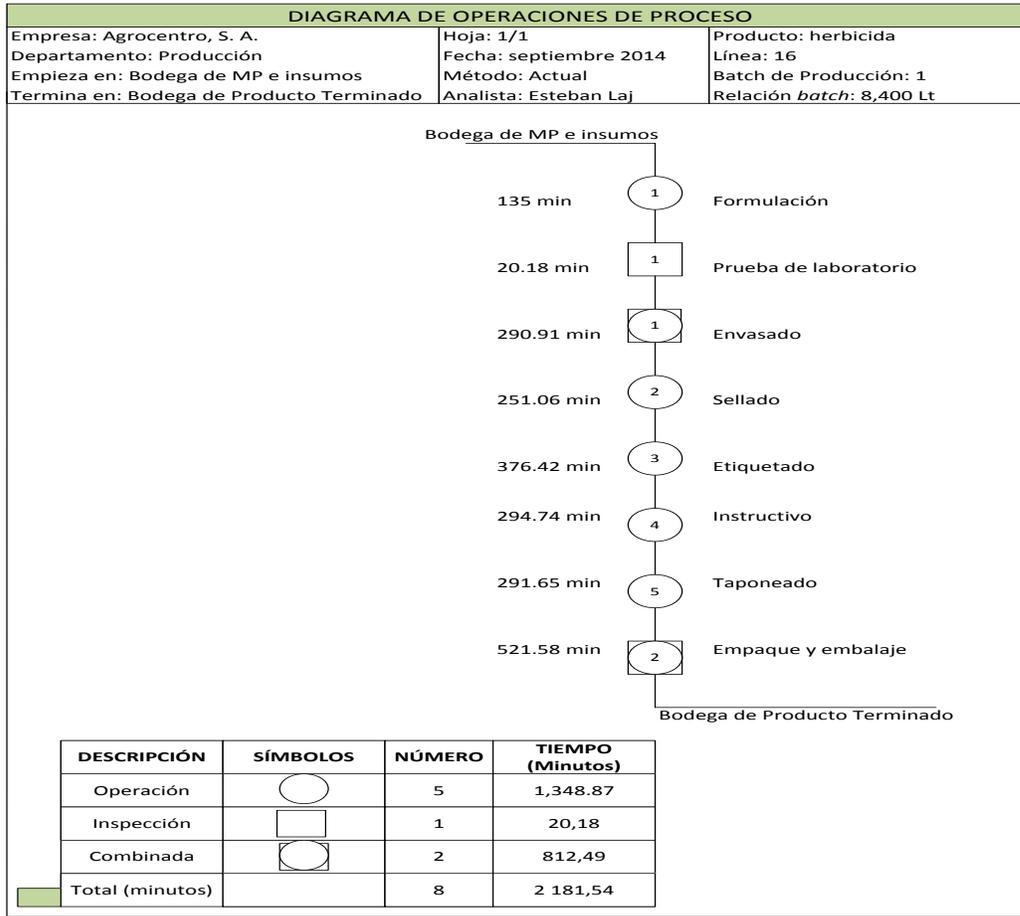
## **2.4. Análisis de métodos y tiempos de trabajo**

Enseguida se hará un análisis o medición de métodos y tiempos de trabajo para llevar a cabo la operación de formulación y envasado de agroquímicos, con el fin de mejorar la utilización de recursos y desarrollar normas de rendimiento con respecto a cada una de las actividades que forman parte del proceso de fabricación de agroquímicos.

### **2.4.1. Diagrama de operaciones del proceso**

Este diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones y materiales que se utilizan en el proceso de formulación de agroquímicos. En la figura 3 se muestra el proceso correspondiente a la formulación y envasado de agroquímicos líquidos en función de un *batch* de formulación.

Figura 3. Diagrama de operaciones de proceso

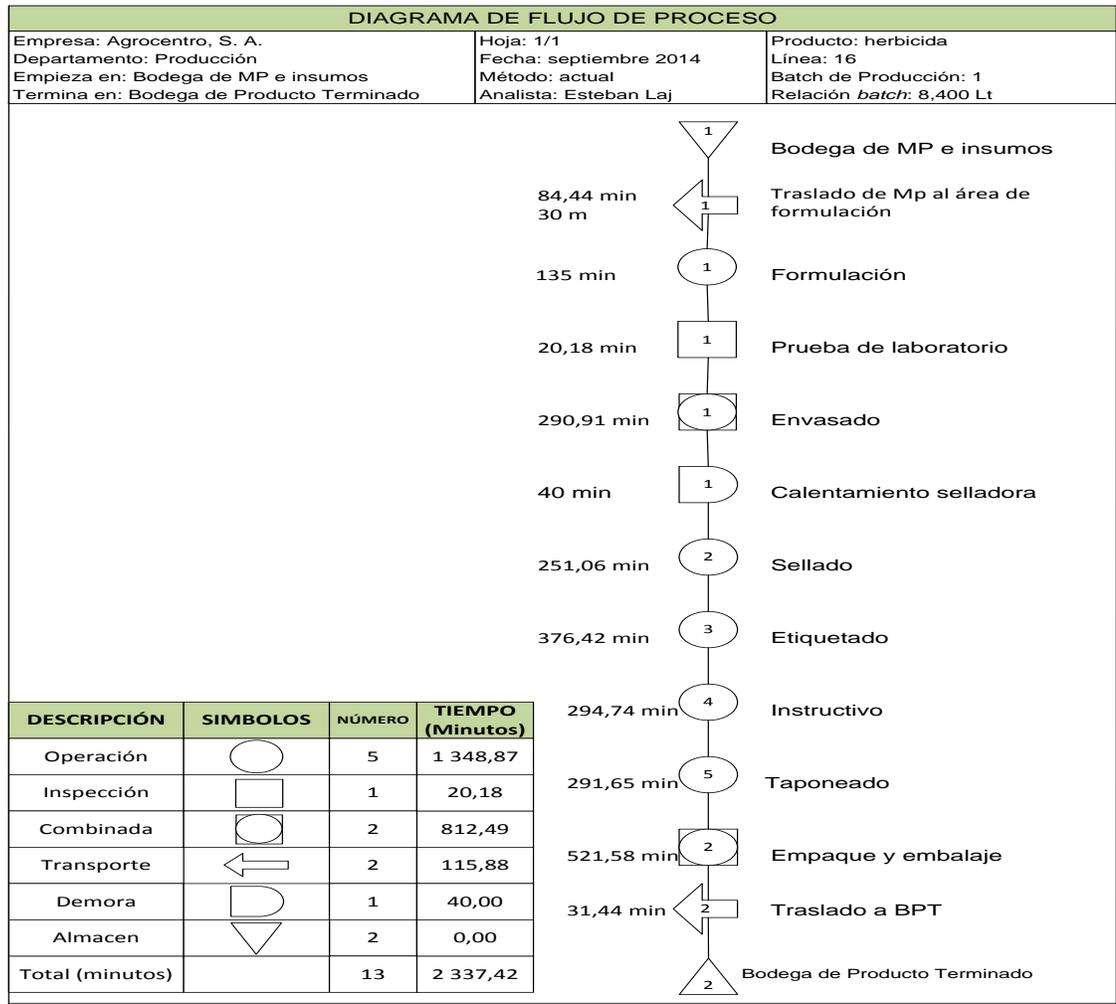


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

### 2.4.2. Diagrama de flujo de proceso

Se utiliza para identificar las operaciones de valor añadido (operaciones) y así diferenciarlas de otras operaciones que no añaden valor (inspecciones, almacenamiento, demora y transporte). En la figura 4 se muestra el proceso para la formulación y envasado de agroquímicos líquidos en función de un *batch* de formulación.

Figura 4. Diagrama de flujo de proceso

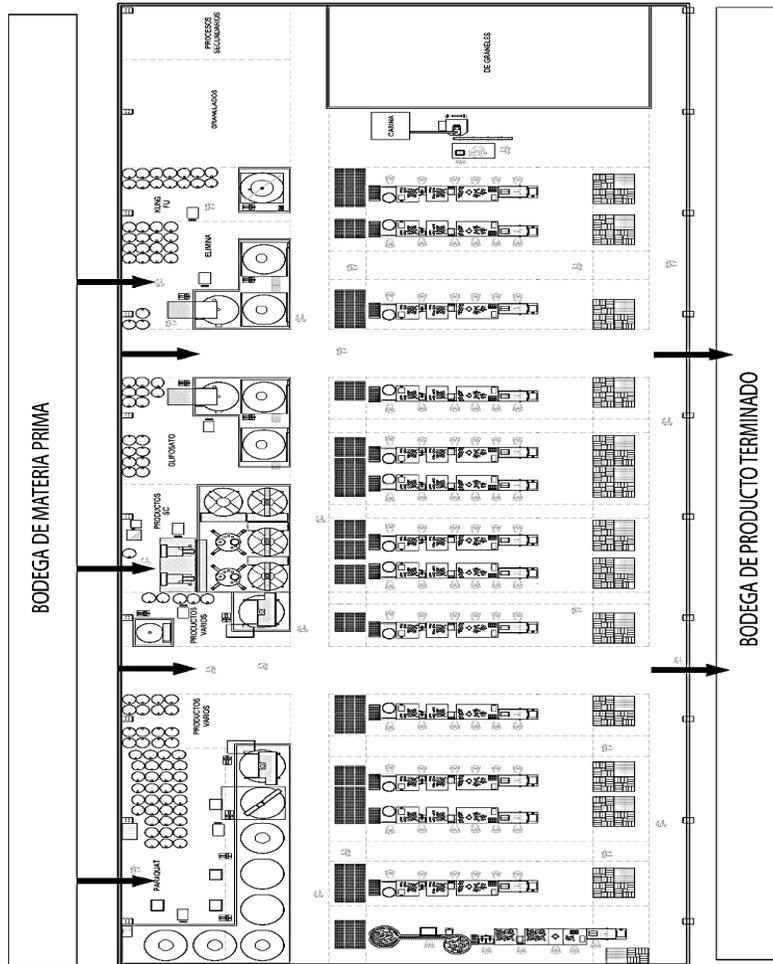


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2010.

### 2.4.3. Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido se utiliza para visualizar las áreas de almacenamiento, punto de trabajo y espacios para añadir o remodelar instalaciones, indicando de esta manera las posibles áreas congestionadas, y con ello lograr una distribución de planta ideal.

Figura 5. Diagrama de recorrido



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

#### 2.4.4. Tiempos con cronómetro

Una vez que se ha registrado toda la información general y lo referente a la descripción de los procesos y procedimientos de trabajo, la siguiente fase consiste en hacer la medición del tiempo del ciclo del proceso, con el fin de conocer los tiempos necesarios para la realización de las operaciones en el proceso de producción de agroquímicos, con la mayor exactitud posible,

partiendo de un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo determinada tarea con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido. Se procede a registrar tiempos, haciendo uso del equipo necesario como: cronómetro, tabla de apoyo, hoja de registro de tiempos, lapicero y calculadora. A esta tarea se le llama, comúnmente cronometraje.

Dentro de los pasos básicos para el desarrollo de la medición del trabajo se tiene la selección de la operación y el trabajador, la descomposición de la tarea en elementos, el registro de tiempos y su análisis final.

El estudio de tiempos con cronómetro se lleva a cabo cuando:

- Se va a ejecutar una nueva operación o actividad.
- Por quejas presentadas de los trabajadores sobre el tiempo en una operación.
- Al encontrarse demoras causadas por una operación lenta, que ocasiona retrasos.
- Para un sistema de incentivos se pretende fijar los tiempos estándar.
- Al encontrarse bajos rendimientos o excesos en los tiempos muertos de alguna máquina.

#### **2.4.4.1. Tiempo normal**

El cálculo del tiempo normal se obtendrá multiplicando el tiempo medio observado de cada elemento por su factor de calificación. Este se desarrollará para las presentaciones de litro que son las presentaciones más requeridas, los resultados obtenidos de este estudio se pueden observar en la tabla II.

Tabla II. Tiempo normal

FECHA DEL ESTUDIO: agosto de 2 014		Hoja 1 de 1		AGROCENTRO,S.A.									
Producto: Herbicida		Estudio Núm. 01		Método: ACTUAL									
Presentación: Litro		Núm. Operadores: 11		ANALISTA: Esteban Laj Caal									
MEDICIÓN DEL TRABAJO LÍNEAS DE PRODUCCIÓN													
Area: Linea16	Traslado MP e	Inscripción	Envasado	Sellado	Etiquetado	Colocación Instructivo	Taponeado	Sellado de caja	Esibado	Traslado a BPT	PRODUCTO: Herbicida	PRESENTACIÓN litro	ELEMENTO S
Unidad medida: Segundos													
# Ciclo	OPERACIONES										TOTAL		
1	0,43	1,18	1,49	1,89	2,57	1,71	1,80	1,61	1,42	0,21	14,3		
2	0,46	1,16	1,72	1,84	2,37	1,86	1,59	1,80	0,82	0,14	13,8		
3	0,79	1,15	1,45	3,46	2,37	1,49	1,51	1,94	0,85	0,16	15,2		
4	0,86	1,14	1,44	1,54	2,49	1,63	1,71	1,66	0,87	0,18	13,5		
5	0,50	1,00	1,53	1,60	2,49	1,66	1,74	3,73	0,85	0,17	15,3		
6	0,55	1,21	1,79	1,49	2,66	1,71	1,80	1,78	0,89	0,16	14,0		
7	0,54	1,25	2,73	1,61	2,43	1,69	1,81	4,78	0,95	0,20	18,0		
8	0,64	1,27	1,64	1,59	2,49	2,57	1,84	1,98	1,03	0,29	15,3		
9	0,44	1,35	1,83	1,58	2,49	1,66	1,51	2,23	0,99	0,19	14,3		
10	0,64	1,43	1,55	1,56	2,71	1,77	2,59	1,73	0,93	0,21	15,1		
11	0,55	1,20	1,51	1,67	2,54	1,71	1,79	2,07	0,92	0,23	14,2		
12	0,54	1,36	1,58	1,69	2,49	1,69	1,77	2,06	0,99	0,25	14,4		
13	0,46	1,41	2,12	1,86	2,57	2,57	1,71	1,74	0,97	0,27	15,7		
14	0,50	1,34	1,95	1,69	2,60	1,66	1,64	2,35	0,99	0,29	15,0		
15	0,49	1,26	1,98	1,54	2,54	1,77	1,70	1,99	0,97	0,39	14,6		
16	0,56	1,25	1,97	1,65	2,57	1,49	1,80	3,12	1,00	0,25	15,7		
Total T observado	8,9	20,0	28,26	28,27	40,37	28,63	28,33	36,6	15,4	3,6	238,3		
Núm. observaciones	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00		
Tiempo promedio	0,559	1,248	1,77	1,77	2,52	1,79	1,77	2,285	0,964	0,225	14,896		
Factor calificación	0,990	0,800	1,060	1,060	0,960	1,060	1,060	1,030	1,060	1,000			
Tiempo Normal (Segundos)	0,553	0,999	1,872	1,873	2,422	1,897	1,877	2,353	1,021	0,225	15,092		

Fuente: elaboración propia.

### 2.4.4.2. Tiempos estándar

Es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo u operación, utilizando método y equipo estándar, por un trabajador de tipo medio que posee la habilidad requerida, es decir, plenamente calificado y adiestrado, desarrollando una velocidad normal que puede mantener día tras día. En la tabla III se muestran los resultados obtenidos.

Tabla III. **Tiempo estándar**

RESUMEN DEL ESTUDIO				
AGROCENTRO,S. A.			Estudio núm: 01	
Área: Línea 16			Hoja: 1 de 1	
Número de trabajadores: 11			Fecha del estudio: agosto 2 014	
Producto: Herbicida			Método: actual	
Presentación: Litro			Análisis: Williams Esteban Laj Caal	
Núm. Elementos	DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	T Normal	Tol. %	T Estándar
1	Traslado de Mp e insumos	0,553	1,090	0,603
2	Formulación	0,999	12,000	11,983
3	Envasado	1,872	12,000	22,464
4	Sellado	1,873	12,000	22,476
5	Etiquetado	2,422	12,000	<b>29,067</b>
6	Colocación del instructivo	1,897	12,000	22,760
7	Taponeado	1,877	12,000	22,521
8	Sellado de caja	2,353	12,000	28,240
9	Estibado	1,021	10,000	10,214
10	Traslado a BPT	0,225	1,000	0,225
<b>TOTAL</b>		<b>15,092</b>		<b>170,554</b>
FACTOR DE TOLERANCIAS		NOTAS:		
DESCRIPCIÓN	TOL %	Tnormal = tempo normal FA= factor de actuación Tol. = Tolerancia T Estándar = tiempo estándar T Estándar = 16,696 Segundos		
Operador de montacargas BMP	9 %			
Operador de formulación	11 %			
Operador de envasado	11 %			
Operador de sellado	11 %			
Operador de etiquetado	11 %			
Operador de instructivos	11 %			
Operador de taponeado	11 %			
Operador de sellado,Estibado	11 %			
Operador de montacargas BMP	9 %			

Fuente. elaboración propia.

## 2.5. Análisis de la capacidad de producción y eficiencia

Para el análisis de la capacidad de producción y medición de eficiencia se han realizado los siguientes cálculos durante de los meses de agosto, septiembre y octubre.

### 2.5.1. Tiempo total disponible

Para el análisis del tiempo disponible se efectuaron las siguientes consideraciones: se trabaja 8 horas al día con 17 operadores de planta equivalente a 3 líneas de producción.

Tabla IV. **Tiempo total disponible**

Periodo de observaciones	Tiempo total disponible			
	Días	Horas	Operadores	horas
ago-14	21	8	17	2 856,00
sep-14	21	8	17	2 856,00
oct-14	22	8	17	2 992,00
<b>TOTAL</b>	<b>64</b>			<b>8 704,00</b>

Fuente: elaboración propia.

### 2.5.2. **Tiempo real utilizado**

De igual forma, para el análisis del tiempo real utilizado se efectuaron las mismas consideraciones.

Tabla V. **Tiempo real utilizado**

Periodo de observaciones	Tiempo real utilizado	
	Días	Horas-hombre
ago-14	21	2 342,60
Sep-14	21	2 402,10
oct-14	22	2 385,10
<b>TOTAL</b>	<b>64</b>	<b>7 129,80</b>

Fuente: elaboración propia.

### 2.5.3. **Índice de tiempo utilizado**

Para el cálculo del índice de tiempo utilizado se obtiene la relación entre el tiempo real utilizado y el tiempo total disponible.

$$\text{Índice de tiempo utilizado} = \frac{\text{Tiempo real utilizado}}{\text{Tiempo total disponible}} \times 100$$

$$\text{Indice de tiempo utilizado} = \frac{7\,129,8 \text{ horas}}{8\,704 \text{ horas}} \times 100$$

$$\text{Indice de tiempo utilizado} = 81,91 \%$$

El resultado obtenido en el índice de tiempo utilizado muestra que no se está aprovechando el 18,09 % del tiempo total disponible, equivalente a 1 574,2 horas sin utilización durante el período de observación establecido.

#### 2.5.4. Producción real

En la tabla VI se hace un comparativo entre la cantidad programada *versus*. La cantidad producida para obtener el por ciento de cumplimiento.

Tabla VI. **Producción real**

Periodo de observación	Tiempo real utilizado		% de cumplimiento
	Programa lt.	Producidas lt.	
ago-14	688 296,00	485 852,00	70,59 %
Sep-14	691 152,00	561 061,00	81,18 %
oct-14	721 072,00	402 265,00	55,79 %
<b>TOTAL</b>	<b>2 100 520,00</b>	<b>1 449 178,00</b>	<b>68,99 %</b>

Fuente: elaboración propia.

#### 2.5.5. Rendimiento por hora

Para el cálculo del rendimiento por hora se obtiene la relación entre las unidades producidas y el tiempo real utilizado.

$$\text{Rendimiento hora por operario} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo real utilizado}}$$

$$\text{Rendimiento hora por operario} = \frac{1\,449\,178,00\text{ l}}{7\,129,80\text{ hora}}$$

$$\text{Rendimiento hora por operario} = 203,25647\text{ L/hora}$$

### **2.5.6. Eficiencia**

Para el cálculo de la eficiencia se obtiene la relación entre la capacidad real y la capacidad programada.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Capacidad real}}{\text{Capacidad programada}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{1\,449\,178\text{ L}}{2\,100\,520\text{ L}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia} = 68,99\%$$

### **2.5.7. Análisis e interpretación de resultados**

Se puede afirmar en relación a los resultados obtenidos, que en los tres meses analizados la empresa tiene una ineficiencia de producción del 31,01 %; esto equivale a 651 342 l no producidos. Además se puede observar que el 18,09 % de tiempo improductivo es el que genera una producción deficiente, lo que repercute en el poco aprovechamiento de la capacidad instalada.

## **2.6. Registro y análisis de los problemas**

El registro de los problemas que afectan el proceso productivo se realizó mediante la observación con la toma de datos y registro de producción de tres meses anteriores a este análisis.

- Análisis de la situación problemática debido a la falta de un plan de mantenimiento

La planta formuladora en la actualidad cuenta con tres personas para el mantenimiento de máquinas.

Dicho mantenimiento se da a los equipos de manera correctiva, para lo cual no se generan órdenes de trabajo, demostrando que hace falta una planificación o programación de mantenimiento preventivo, con esto se estaría evitando el uso de máquinas que no están en su máxima capacidad operativa o en buen estado, generando de esta manera fallas mecánicas y eléctricas durante el proceso productivo de manera continua.

En consecuencia se genera reproceso, esto concluye en un incremento de unidades defectuosas y la cantidad excesiva de productos en mal estado lo que repercute en costos más altos de producción e incumplimiento de las metas.

- Análisis de la situación problemática debido a deficiencias en los procesos administrativos

La materia prima e insumos es requerida en el momento de su utilización y en consecuencia no es entregada a tiempo por el personal de bodega, ocasionando atrasos en el arranque de las líneas de producción, en la mayoría de los casos, debido a esto el personal de las líneas de producción intervienen en el proceso de traslado de sus insumos de bodega a planta de formulación. Además el abastecimiento de las líneas de producción se realiza desordenadamente, ocasionando errores frecuentes y pérdidas de tiempo en el despacho de los insumos.

También se pudo observar de forma general, que existe la falta de coordinación y falta de apoyo al Departamento de Producción, que es el eje principal de esta planta, esto se debe a que no se trabaja en equipo y los empleados muestran poco interés en colaborar en actividades que no se encuentren especificadas en sus atribuciones.

### 2.6.1. Análisis de los problemas, análisis de Pareto

Para desarrollar la identificación de los problemas que se han generado en el área de Producción, se hará uso del análisis de Pareto, que brindará una ayuda con el análisis de la situación problemática, por lo que se plantean los datos cuantificados en relación a la repetitividad de los problemas en los tres meses de análisis. En la tabla VII se muestra la cantidad de horas improductivas generadas por los problemas en el área de producción.

Tabla VII. Registro de horas improductivas

Problema	Meses de Análisis (horas)			Total trimestre (horas)
	ago-14	sep-14	oct-14	
Deficiencia en procesos administrativos	7,7	5,6	8,1	21,4
Falta de un plan de mantenimiento	22,5	21,1	27,6	71,2
<b>TOTAL</b>	<b>30,2</b>	<b>26,7</b>	<b>35,7</b>	<b>92,6</b>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla VII se puede observar que el mayor número de horas improductivas, se genera en mayor proporción a una falta de un plan de mantenimiento.

A continuación, en la tabla VIII se mostrarán los datos de registros y tabulación de frecuencia.

Tabla VIII. **Registro de frecuencias**

Problema	Meses de Análisis (frecuencia)			Total Trimestre (frecuencia)	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia acumulada (%)
	ago-14	sep-14	oct-14			
Deficiencia en procesos administrativos	6	6	9	21	16,03 %	16,03 %
Falta de un plan de Mantenimiento	32	24	54	110	83,97 %	100,00 %
<b>TOTAL</b>	<b>38</b>	<b>30</b>	<b>63</b>	<b>131</b>	<b>100,00 %</b>	-----

Fuente: elaboración propia.

### 2.6.1.1. **Procesos administrativos**

En la tabla IX se listan las causas que generan los períodos improductivos en función de una deficiencia en los procesos administrativos existentes.

Tabla IX. **Registro de horas improductivas por deficiencia en procesos administrativos**

Factores	Meses de Análisis (horas)			Total Trimestre (Horas)
	ago-14	sep-14	oct-14	
Despacho de insumos	3,3	1,9	2,9	8,1
Falta de Instructivos	1,6	1,9	2,1	5,6
Falta de material de empaque	1,5	1,1	1,1	3,7
Falta de envases	1,1	0,5	0,2	1,8
Cambios de programación	0	0,2	0,4	0,6
Codificación de etiqueta	0,2	0	0,8	1
Falta de personal en líneas de producción	0	0	0,6	0,6
<b>TOTAL ( Horas)</b>	<b>7,7</b>	<b>5,6</b>	<b>8,1</b>	<b>21,4</b>

Fuente: elaboración propia.

### 2.6.1.2. Plan de mantenimiento

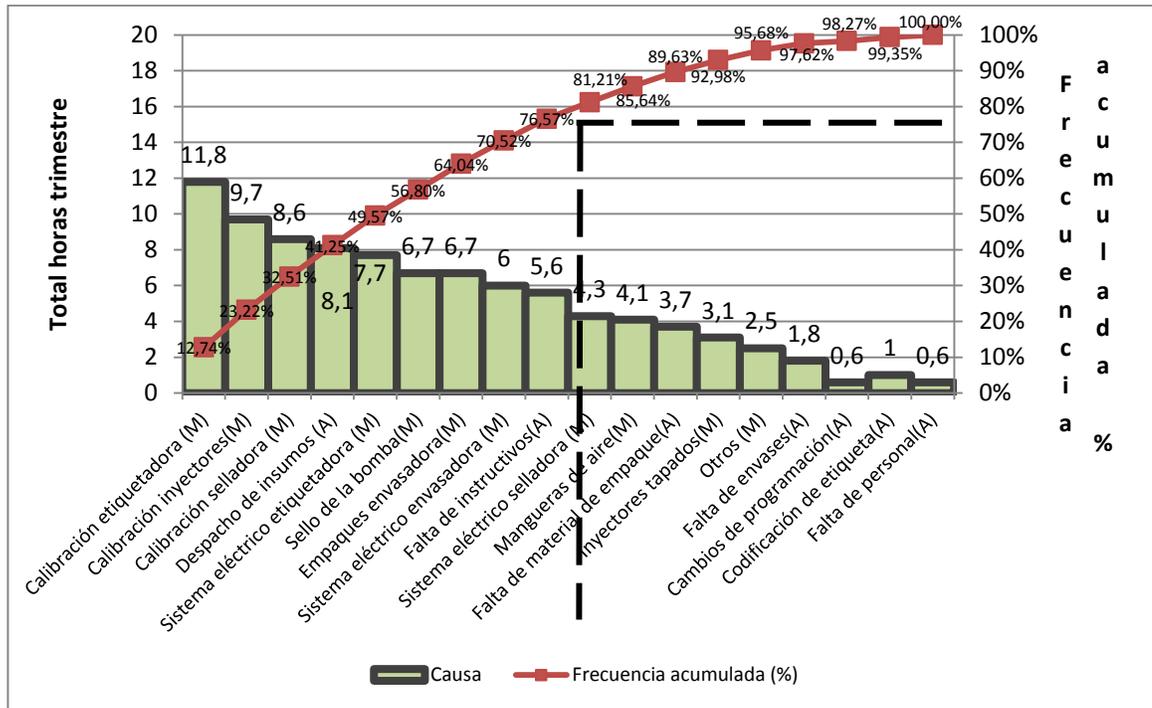
En la tabla X se detalla cada una de las causas que originan los periodos improductivos, así como su cuantificación en términos de horas en función de la falta de un plan de mantenimiento y su respectiva gráfica de Pareto.

Tabla X. **Registro de horas improductivas por falta de un plan de mantenimiento**

Factores	Meses de análisis (horas)			Total trimestre (Horas)
	ago-14	sep-14	oct-14	
Calibración etiquetadora	2,9	3,3	5,6	11,8
Calibración Inyectores de envasadora	2,6	2,9	4,2	9,7
Calibración selladora	1,2	3,0	4,4	8,6
Sistema eléctrico etiquetadora	3,6	3,2	0,9	7,7
Sello de la bomba de succión tanque formulación	0,5	0,1	6,1	6,7
Empaques envasadora	2,8	2,1	1,8	6,7
Sistema eléctrico envasadora	3,8	2,2	0,0	6,0
Sistema eléctrico selladora	1,1	3,2	0,0	4,3
Mangueras de aire	1,4	0,0	2,7	4,1
Inyectores tapados	1,7	0,0	1,4	3,1
Otros	0,9	1,1	0,5	2,5
<b>TOTAL</b>	<b>22,5</b>	<b>21,1</b>	<b>27,6</b>	<b>71,2</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Diagrama de Pareto de los problemas improductivos



Fuente: elaboración propia.

Para la identificación de los problemas que se han generado en el área de Producción, se utilizó el análisis de Pareto. Según los datos se aprecia que la mayor cantidad de horas improductivas se debe a calibraciones en los distintos equipos correspondientes a la falta de un plan de mantenimiento.

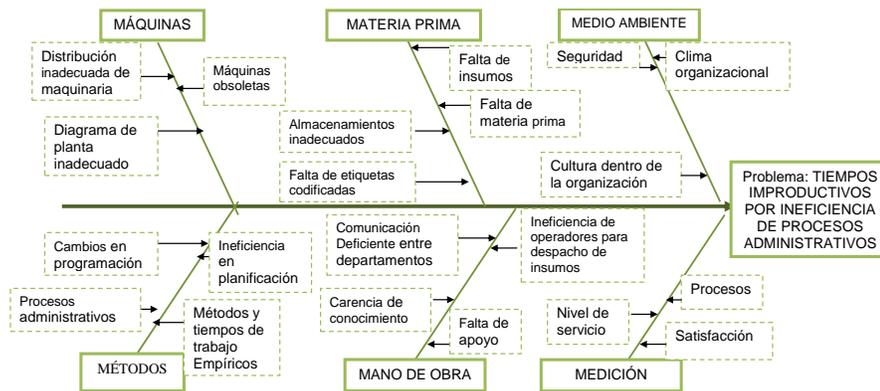
### 2.6.2. Identificación de problemas, diagrama causa efecto-cronograma Ishikawa

Este diagrama es una herramienta que ayuda a determinar las causas que originan el problema, y de esta manera poder generar ideas que pueden ser la solución del mismo.

### 2.6.2.1. Procesos administrativos

En la figura 7 se muestra las posibles causas que están originando tiempos improductivos en el proceso de formulación de agroquímicos en función de un deficiente proceso administrativo.

Figura 7. **Diagrama de Ishikawa para el problema de ineficiencia en los procesos administrativos**

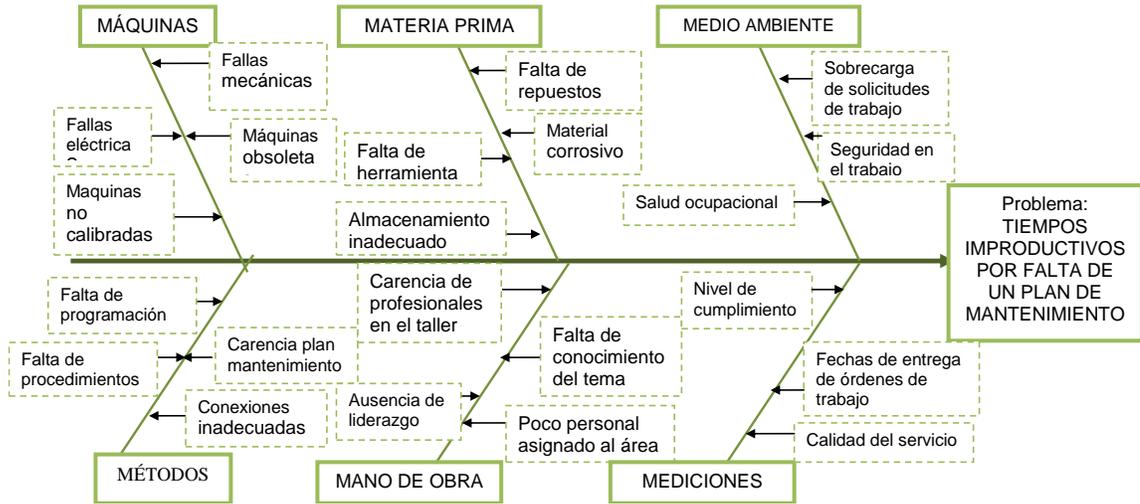


Fuente: elaboración propia.

### 2.6.2.2. Plan de mantenimiento

A continuación se identificarán cada una de las causas que están originando periodos improductivos en el proceso de formulación de agroquímicos a causa del problema de falta de un plan de mantenimiento.

Figura 8. Diagrama de Ishikawa para el problema de la falta de un plan de mantenimiento



Fuente: elaboración propia.



### **3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

#### **3.1. Sistema de planificación, programación y control de mantenimiento autónomo apoyado en la filosofía Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

- El mantenimiento

Es un tipo de servicio que consolida una serie de actividades, que al ser realizadas permiten alcanzar un alto grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, e instalaciones; que a su vez permiten un ambiente seguro para el personal que trabaja en planta.

- El Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas, desarrollada para asegurar que el proceso de producción funcione de manera eficiente involucrando a todos los departamentos y a todo el personal, desde operadores hasta la alta gerencia, orientando sus acciones apoyándose en las actividades en pequeños grupos con la consigna de eliminación de las paradas innecesarias. Por su naturaleza funciona más como un sistema de prevención que de corrección de desperfectos. Por lo tanto, el objetivo del TPM es maximizar la eficiencia del sistema productivo a través de la eliminación de sus pérdidas llevadas a cabo con la participación de todos los trabajadores.

- El mantenimiento autónomo o *Jishu Hozen*

Corresponde a una de las actividades del sistema de gestión TPM, el cual comprende la participación del personal de Producción en las actividades de mantenimiento. Su propósito es involucrar de manera directa al operador en el cuidado de las máquinas, equipo e instalaciones a través de su formación y preparación profesional respecto de las condiciones de operación, conservación de las áreas de trabajo libres de contaminación, suciedad y desorden; es decir, que cada operario sepa diagnosticar y prevenir las fallas de su equipo y de esta manera se prolongue la vida útil de este. Por lo tanto, no se trata de que cada uno de los operarios cumpla con el rol de un técnico de mantenimiento, sino de que conozca y cuide su equipo.

El mantenimiento autónomo se basa en el conocimiento que el operador tiene para:

- Dominar las condiciones del equipo.
- Acción de los mecanismos de funcionamiento de las máquinas e instalaciones.
- Aspectos operativos de cuidados, conservación, y averías de equipos e instalaciones.

El mantenimiento autónomo está integrado por una serie de operaciones que deben realizarse de forma periódica por todos los trabajadores en los equipos o máquinas que operan, estas son: inspección, limpieza, lubricación, cambio de herramientas o piezas al evaluar posibles mejoras, intervenciones menores, y todas aquellas acciones que conduzcan a mantener los equipos en las mejores condiciones de funcionamiento.

El mantenimiento autónomo comprende una de las actividades más características del TPM, a través de la cual los operarios se involucran en el mantenimiento y en las actividades de mejora en las máquinas, equipos e instalaciones, con lo cual evitan el deterioro acelerado, controlan la contaminación y ayudan a mejorar las condiciones de los equipos. Todo ello conlleva al desarrollo de tres habilidades en los operarios:

- Capacidad para juzgar condiciones normales y anómalas.
- Capacidad de respuesta inmediata en situaciones anómalas.
- Capacidad para mantener las condiciones de funcionamiento normal del equipo y máquinas.

Para la implantación del mantenimiento autónomo apoyado en la filosofía TPM en planta formuladora de agroquímicos Agrocentro S. A. se deben seguir las siguientes fases<sup>4</sup>:

- De introducción
- De promoción y práctica
- De estabilización y
- De consolidación.

### **3.1.1. Fase de introducción**

Esta es una fase muy importante en la que se reconoce la necesidad de implantar el mantenimiento autónomo en la planta, continúa con el anuncio de la alta dirección de su decisión de introducirlo y finaliza cuando se ha formulado el plan maestro.

---

<sup>4</sup> Fuente: NAKAJIMA, Seiichi. *Introducción al TPM*. p. 84.

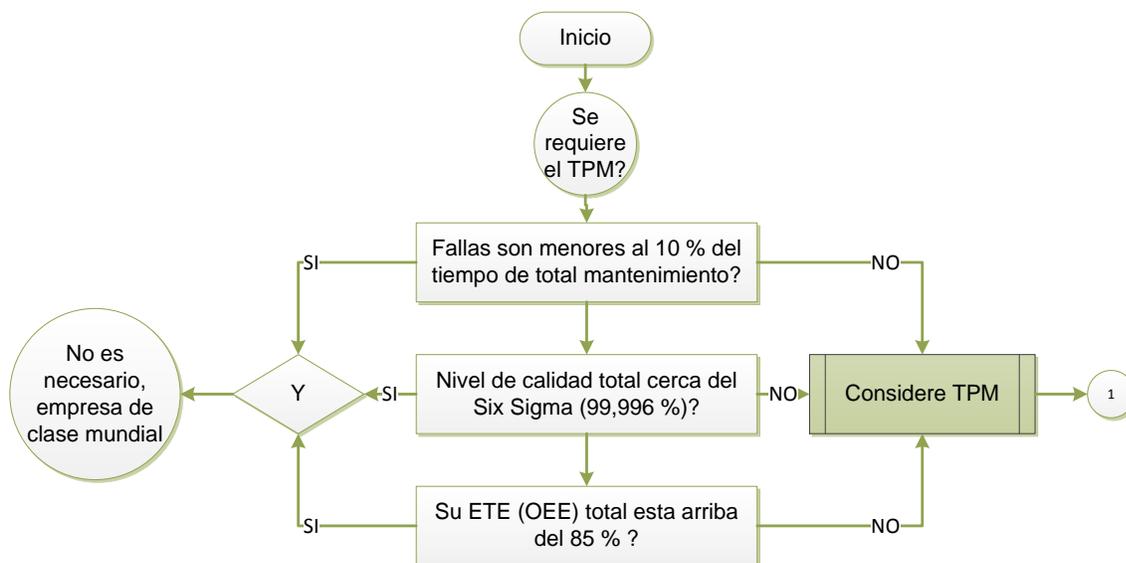
### 3.1.1.1. Decisión de introducir el TPM en la empresa

Para el desarrollo de los siguientes diagramas de decisión se contó con el apoyo de los gerentes de Producción, Mantenimiento y Planta.

- Decisión para implementar o no el TPM

Esta etapa tiene como objetivo primordial determinar la necesidad de implementar el TPM en planta, para lo cual se emplea la guía de decisión para implementar o no el TPM. Ver figura 9.

Figura 9. **Guía de decisión para implementar o no el TPM**



Fuente: Instituto Internacional del TPM.

El anterior diagrama da inicio con la pregunta general: ¿Se requiere el TPM?, lo cual conlleva a dar respuesta a tres preguntas específicas:

Pregunta 1: ¿Las fallas son menores al 10 % del tiempo total de mantenimiento?

- Para dar respuesta la planta no cuenta con indicadores definidos que permitan en primera instancia, sustentar esta respuesta y a la vez controlar el mantenimiento. Pero según la experiencia y antigüedad con que se cuenta en las gerencias mencionadas se determinó que los procesos que el área de mantenimiento desarrolla comprenden más del 10 % del tiempo total.

Pregunta 2: ¿El nivel de calidad total está cerca de seis Sigma?

- De igual forma, para poder dar respuesta, la planta no cuenta con ninguna herramienta, modelo o filosofía de control de calidad que pueda sustentar esta respuesta, por lo tanto con base en la experiencia de los gerentes se puede concluir que la planta no se encuentra cerca del nivel de calidad seis Sigma.

Pregunta 3: ¿La efectividad total de los equipos está por arriba del 85 %?.<sup>5</sup>

- En función de la respuesta que dio el gerente de planta y del trabajo de campo realizado, se puede indicar que las máquinas y equipos se están utilizando de acuerdo a la demanda, provocando de esta manera una sub utilización de la capacidad instalada.

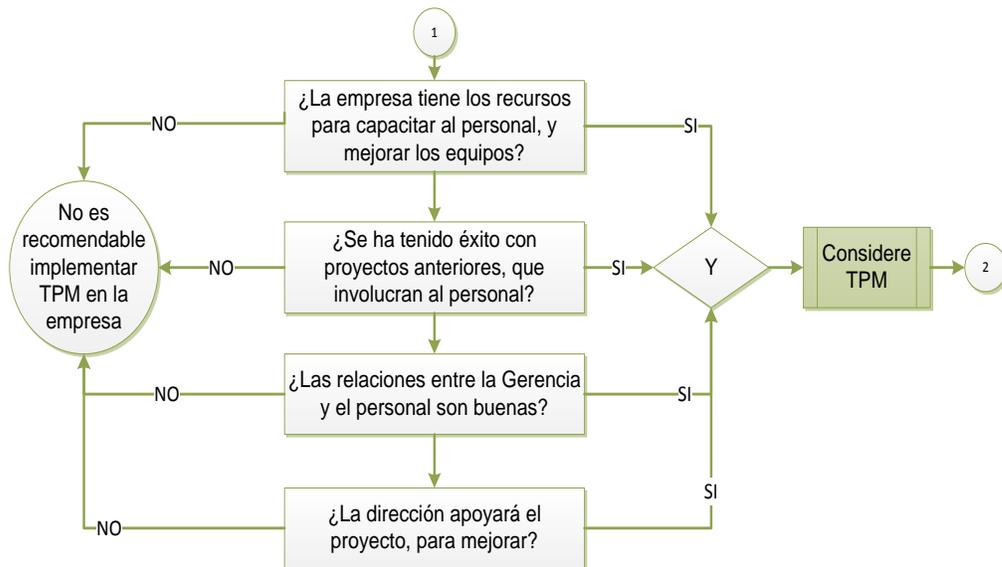
---

<sup>5</sup> *Confiabilidad.* <http://confiabilidad.net/articulos/tpm-un-panorama-general/>. Consulta: 30 de octubre de 2014.

Basados en la aplicación de la guía de implementar o no el TPM se puede concluir que en planta Agrocentro S. A., no se cuenta con un sistema de calidad que permita desarrollar sus operaciones de manera eficiente, a partir de una gestión total de su capacidad proyectada. Por lo anterior se considera importante y recomendamos la implementación del TPM.

Una vez establecida la necesidad de implementar el TPM, procedemos a determinar si planta Agrocentro, S. A., tiene la capacidad de implementación de esta filosofía de calidad. Ver figura 10.

Figura 10. **Análisis de capacidad de planta para implementación del TPM**



Fuente: Instituto Internacional del TPM.

El anterior diagrama plantea cuatro cuestionamientos que permitirán determinar el compromiso y los recursos que se necesitan para la ejecución de este proyecto, la respuesta a estos cuestionamientos es:

Pregunta 1: ¿La empresa tiene los recursos para capacitar al personal y mejorar los equipos?

- El gerente de planta indicó que si se tiene la capacidad económica y, además, están dispuestos a invertir parte de sus recursos para la implementación del proyecto, con esto último se estaría dando respuesta a la pregunta 4.

Pregunta 2: ¿Se ha tenido éxito con proyectos anteriores, que involucran al personal?

- Esto es afirmativo, incluso el último proyecto que culminó en octubre 2014, el cual consistía en el traslado de la planta a su ubicación actual, finalizó con total éxito, según lo expresado por la Dirección General de planta.

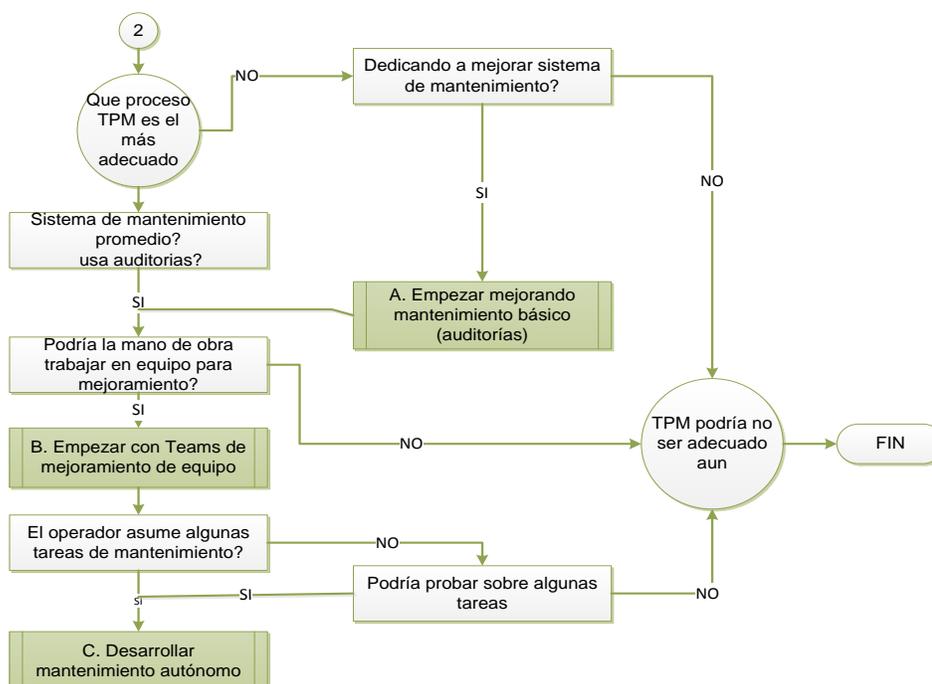
Pregunta 3: ¿Las relaciones entre la Gerencia y el personal son buenas?

- En planta Agrocentro S. A., se desarrollan innumerables actividades de integración, involucrando a todos los niveles organizacionales. Esto ha permitido crear relaciones cordiales entre los integrantes y un buen clima organizacional.

Con base en el análisis de capacidad de planta para implementación del TPM se puede afirmar que se cuenta con la disposición para la implementación del TPM, ya que tiene el respaldo de todos los niveles de la organización y, de igual forma, la dirección está dispuesta a invertir recursos para capacitar al personal, y mejorar los equipos para reducción de los tiempos improductivos y de esta forma incrementar la eficiencia de los procesos de producción.

La última etapa se enfoca en identificar si la planta cuenta con un sistema de mantenimiento, y se hará una evaluación del grado de disposición del recurso humano para asumir nuevas responsabilidades a la hora de implementar el TPM.

Figura 11. **Determinación de componente TPM a implementar**

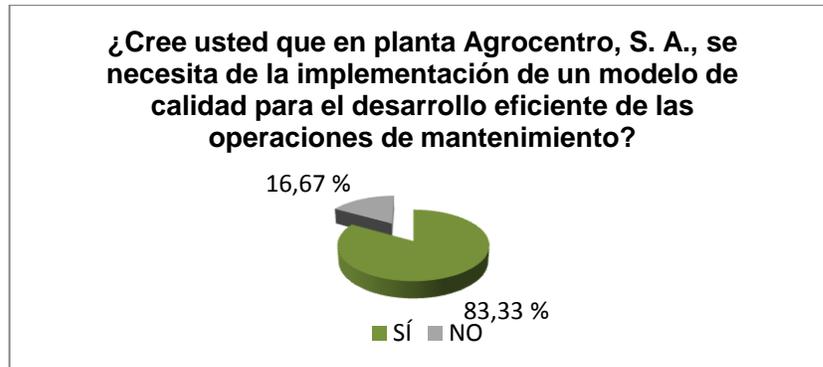


Fuente: Instituto Internacional del TPM.

Para dar solución a esta etapa se diseñó un cuestionario. Ver figura 54, anexo 12, el cual se llevó a cabo con una muestra de 12 empleados, y cuyos cuestionamientos fueron:

Pregunta 1: ¿Cree usted que en planta Agrocentro, S. A., se necesita de la implementación de un modelo de calidad para el desarrollo eficiente de las operaciones de mantenimiento?

Figura 12. **Pregunta 1 del cuestionario**



Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos en la pregunta 1 reflejan que el 83,33 % equivalente a 10 empleados consideran que en planta, es necesaria la implementación de un modelo de calidad para el desarrollo eficiente de las operaciones de mantenimiento y el 16,67 % equivalente a 2 empleados no lo creen necesario.

Pregunta 2: ¿Ha trabajado con modelos de calidad?

Figura 13. **Pregunta 2 del cuestionario**



Fuente: elaboración propia.

En la pregunta 2 se investigó sobre el conocimiento de los trabajadores acerca de modelos de calidad, esto dio como resultado que únicamente el 25 %, es decir, 3 empleados ya han trabajado con sistemas de calidad en otras industrias donde han laborado anteriormente, mientras que el 75 %, es decir, 9 empleados tienen total desconocimiento de los modelos de calidad.

Pregunta 3: ¿Le gustaría recibir adiestramiento/capacitación para el manejo de un sistema de calidad?

Figura 14. **Pregunta 3 del cuestionario**



Fuente: elaboración propia.

En la pregunta 3 se evaluó la disposición del personal para recibir adiestramiento/capacitación sobre el manejo de sistemas de calidad, estos se mostraron muy interesados en el tema lo cual se ve reflejado en los resultados del cuestionario, ya que un 83,33 % equivalente a 10 empleados indicaron que les gustaría recibir algún tipo de adiestramiento/capacitación para el manejo de un sistema de calidad, en contraposición el 16,67 %, equivalente a 2 empleados, que indicaron no estar interesados.

Pregunta 4: ¿Está usted dispuesto a asumir nuevas responsabilidades, en consecuencia de la implementación de este sistema de calidad?

Figura 15. Pregunta 4 del cuestionario



Fuente: elaboración propia.

En la pregunta 4 del cuestionario se trató de evaluar la disposición del recurso humano de asumir nuevas responsabilidad en consecuencia de la implementación de este sistema de calidad. Este cuestionamiento dejó baja evidencia que los colaboradores evitan asumir nuevas responsabilidad y prefieren continuar con los sistemas con que han venido desarrollando su trabajo hasta el momento.

Luego de recabar, consolidar y analizar la información obtenida a través del cuestionario se puede concluir que en planta formuladora de agroquímicos Agrocentro, S. A., se requiere de la implementación de un sistema de planificación, programación y control de mantenimiento autónomo, apoyado en la filosofía TPM, estableciendo como línea piloto el área de Paraquat, esto debido a que es una estación crítica del proceso, lo cual quedó evidenciado cuando se recabó la información de las fallas en el registro de horas improductivas por falta de un plan de mantenimiento.

En consecuencia, la Gerencia de planta Agrocentro desempeñará un papel muy importante en esta fase, ya que se constituirá en la promotora de la gestión del mantenimiento autónomo TPM, además de proveer el apoyo físico y organizacional necesario para resolver los diversos problemas que surgirán durante la implantación, por lo tanto se constituye en un miembro activo en la toma de esta decisión a través de la figura del gerente de Planta, el de Producción y Mantenimiento.

Una vez definida la implementación del mantenimiento autónomo TPM como la mejor estrategia a implantar, el compromiso de la Gerencia deberá estar formalizado por escrito, publicado y difundido en toda la organización. Para que de esta manera todos los empleados comprendan el porqué de la introducción del mantenimiento autónomo TPM en la empresa y estar convencidos de su necesidad.

### **3.1.1.2. Sensibilización y conocimiento**

A través de la sensibilización y conocimiento se debe concientizar al personal de Mantenimiento y Producción de la importancia que deriva la implementación del mantenimiento autónomo apoyado en la filosofía TPM.

Puesto que, al inicio del mantenimiento autónomo, el personal de mantenimiento se constituirá en el personal que adiestrará, supervisará y corregirá las labores básicas como: lubricación, limpieza, ajustes, entre otros. Esto tiene un fin superior, ya que las tareas simples y prácticas se trasladarán al personal de Producción, con lo que el equipo de mantenimiento dispondrá de más tiempo para concentrarse en tareas que requieren de un nivel técnico más elevado, además de otras tareas de seguimiento y registro. Esta conferencia de sensibilización al personal es impartida por el jefe de Planta.

Estrategias como la utilización de lemas, póster, oraciones, entre otros, ubicados en todas las áreas de la planta, relacionando el tema de mejoramiento, cambio y acompañamiento mutuo, acercan y concientizan al personal del cambio organizacional y cultural que se avecina.

#### **3.1.1.2.1. Benchmarking TPM**

Las razones más importantes por las cuales se debe realizar un *benchmarking* antes de la implementación del mantenimiento autónomo TPM son:

- Obtener ideas de cómo trabaja el mantenimiento autónomo TPM.
- Comparar medidas con operaciones similares.
- Desarrollar una línea base para futuras comparaciones.
- Ampliar el punto de vista de la operación más allá del propio ambiente de trabajo.
- Averiguar qué no trabaja, para evitar reinventar la rueda, es decir ser prudente y no perder tiempo en algo que otros ya han solucionado.

#### **3.1.1.2.2. Búsqueda de asesoría externa**

La contratación de asesoría y consultoría es vital para la buena marcha del proyecto de implantación del mantenimiento autónomo TPM, asegurándose que la capacitación para el personal operativo y técnico sea constante y de buena calidad.

### **3.1.1.2.3. Capacitación grupo líder**

El personal más destacado en la capacitación del mantenimiento autónomo son los instructores o líderes, a los cuales se les instruye en un curso preparado denominado Formación de Líderes TPM diseñado específicamente para formar instructores dentro del programa interno de capacitación de la organización.

Un líder sin una visión y misión clara no es más que un simple jefe, y estos mismos deberán de convertirse en los principales guías de todo el proceso, tanto en la metodología como en la implementación de este proyecto se requerirá muchas veces de quien hale y quien empuje, quien dé ejemplo a quien regañe, además un buen líder sabe cómo motivar al personal para poder lograr los objetivos planteados. Son estos líderes de cada grupo los que tiene a sus espaldas la necesidad de generar cultura dentro de la planta, dando inicio desde su grupo y expandiéndose al resto de la compañía, convirtiendo todas estas acciones en comportamiento y posteriormente dándoles a estos la reseña de visión y misión de la compañía, logrando un grado mayor de pertenencia de la empresa para, finalmente, completar la tan anhelada cultura organizacional.

La metodología a emplear para identificación del grupo líder es a través de un test de análisis de habilidades TPM requeridas/disponibles el cual tiene por objetivo hacer el análisis de habilidades a cada operador. A continuación se muestra un ejemplo con dos operarios:

Tabla XI. **Análisis de habilidades TPM**

Nombre de equipo_____			Fecha_____			
Por_____						
Tareas	Habilidad requerida	Código de operador	Diferencia	Código de operador	Diferencia	Total diferencia
<u>Operacional:</u>						
Conocimiento de objetivos de la empresa	3	1	2	1	2	4
Conocimiento de su grupo	4	3	1	2	2	3
Conocimiento de cantidades de reactivos	3	3	0	1	2	2
<i>Empowerment</i>	3	3	0	2	1	1
Uso de registros	4	2	2	1	3	5
<u>Mantenimiento preventivo/limpieza</u>						
5S	4	2	2	3	1	3
Cumplimiento programa MP	4	3	1	2	2	3
Lubricación	4	3	1	2	2	3
Ajustes	4	2	2	3	1	3
Limpieza	5	3	2	3	2	4
<u>Otras actividades:</u>						
Seguridad de los equipos	4	2	2	4	0	2
Seguridad personal	5	4	1	3	2	3
OEE	3	1	1	1	2	4
Totales			18		22	40

Fuente: Instituto Internacional del TPM.

- Nivel de habilidades–operadores:

Los estándares bajo los cuales se evalúa a los operarios se describe en la tabla XII.

**Tabla XII. Nivel de habilidades**

	Descripción/atributos/comentarios
1	Alumno: básicamente sin habilidades; está aprendiendo cómo operar el equipo; inseguro(a) de sí mismo(a), necesita supervisión continua; puede ser incapaz de aprender.
2	Puede operar equipos, conoce el proceso básico. Necesita asistencia ocasional. No conocer bien el equipo, pocas veces reconoce un equipo que esté funcionando mal o algún problema de calidad.
3	Opera los equipos con confianza y necesita muy poca asistencia. Reconoce cuando un equipo funciona mal o cuando hay problemas de calidad, pero no los puede corregir.
4	Conoce muy bien el equipo y lo opera a un alto nivel de confianza. No necesita supervisión. Comprende la relación entre el rendimiento del equipo y la calidad/productividad. Reconoce cuando un equipo funciona mal y realiza las correcciones/ajustes. Podría supervisar a otros.
5	Operador experimentado que conoce muy bien el equipo y el proceso. Supervisa y entrena a otros. Muy consciente del mal funcionamiento de los equipos, incluso de los potenciales problemas. Realiza correcciones/ajustes, inspecciona los equipos y hace reparaciones menores. Muy consciente de la condición/calidad de los equipos y su relación con la productividad. Potencial supervisor/líder de grupo.
Aprobado por: Producción/mantenimiento/TPM	

Fuente: Instituto Internacional del TPM.

#### **3.1.1.2.4. Educación introductoria TPM**

Previo a la puesta en marcha de un programa de mantenimiento autónomo TPM, se debe contar con una planificación de seminarios externos y planes de formación internos adecuados para cada nivel operativo. Esto con el fin de asegurar que todos dentro de la empresa comprenden las características del mantenimiento autónomo TPM, y las razones estratégicas de su implementación.

La capacitación debe ser constante dando inicio en las áreas de producción y mantenimiento, se ha elegido estas dos áreas porque comparten tareas comunes dentro de la estructura del TPM.

Las formas de comunicación que se puede emplear para la educación del mantenimiento autónomo TPM son:

- Sesiones de entrenamiento
- Reuniones
- Fotos
- Memos
- Cartas de la compañía
- Tour por el área para clientes
- Pizarras con actividades o boletines del mantenimiento autónomo TPM
- Presentaciones

#### **3.1.1.2.5. Campaña de difusión en la compañía**

El objetivo de la divulgación en la compañía es, no solamente explicar el funcionamiento del mantenimiento autónomo TPM, sino también elevar la moral y romper la resistencia al cambio generada por la implementación de este sistema de gestión. La resistencia al mantenimiento autónomo TPM puede adoptar diferentes formas:

- Algunos operarios pueden preferir la división de tareas más convencional es decir los operarios manejan el equipo, mientras los trabajadores de mantenimiento lo reparan.
- Algunos trabajadores de las distintas líneas de producción a menudo temen que, a través del mantenimiento autónomo TPM, se les incremente la carga de trabajo.
- Mientras que el personal de mantenimiento puede permanecer incrédulo sobre la capacidad de los operarios de las distintas líneas de poder practicar un mantenimiento autónomo TPM.

- Otros por el contrario pueden presentar miedo a perder el trabajo o ser desplazados.

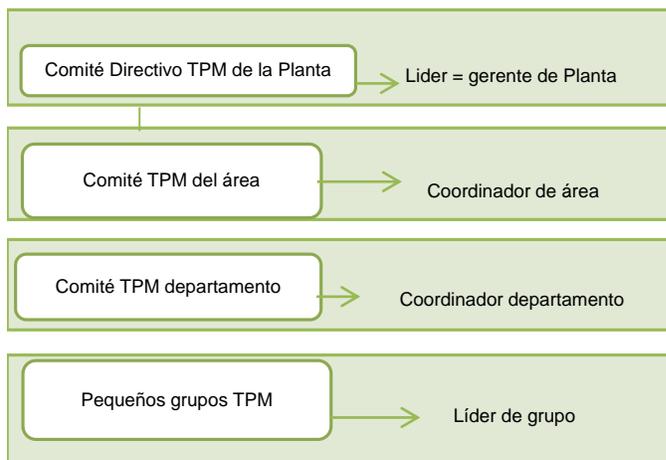
### 3.1.1.3. Creación de estructura de soporte del TPM

La formación de una organización de soporte del mantenimiento autónomo TPM que promueva, a través de una estructura de pequeños grupos que cubran a toda la organización. Este sistema es profundamente efectivo para el desarrollo de políticas y objetivos de la alta gerencia.

#### 3.1.1.3.1. Organigrama

El organigrama que se establece para la administración del TPM se genera a través de una estructura de comités, cuyo objetivo primordial será la de asignar responsabilidades y mostrar una organización coherente, delimitar funciones y dar jerarquías a los comités.

Figura 16. Organigrama TPM



Fuente: elaboración propia.

### 3.1.1.3.2. Atribuciones

Se han definido las siguientes atribuciones y responsabilidades para los puestos más importantes que conforman el comité de mantenimiento autónomo TPM.

Tabla XIII. **Atribuciones presidente del comité TPM**

	FICHA DE PUESTO DE TRABAJO ESTRUCTURA TPM	Fecha: 11/2014
Denominación del puesto: Presidente del comité TPM		
Responsabilidades: <ul style="list-style-type: none"><li>○ Establecer las políticas adecuadas para facilitar la implementación y ejecución del mantenimiento autónomo.</li><li>○ Supervisar los avances del TPM en planta.</li><li>○ Asignación de recursos para implementación del TPM.</li><li>○ Promover las actividades de grupos de TPM</li><li>○ Fomentar el compromiso y participación de todos los trabajadores</li><li>○ Brindar el reconocimiento de los logros del personal involucrado con el TPM.</li></ul>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Atribuciones jefe del Departamento de Mantenimiento**

	<p>FICHA DE PUESTO DE TRABAJO ESTRUCTURA TPM</p>	<p>Fecha: 11/2014</p>
<p>Denominación del puesto: Jefe del Departamento de Mantenimiento</p>		
<p>Responsabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Asegurar el cumplimiento del mantenimiento preventivo de los equipos.</li> <li>○ Respalda todo lo concerniente a la formación de los grupos TPM.</li> <li>○ Contribuir en la determinación de las operaciones de mantenimiento autónomo que los operadores realizarán en sus equipos y máquinas.</li> <li>○ Aportar los indicadores de costos de mantenimiento que serán utilizados en los equipos.</li> <li>○ Controlar el plan de mantenimiento preventivo de los equipos.</li> <li>○ Contribuir al restablecimiento de las condiciones operativas óptimas del equipo.</li> <li>○ Realizar el seguimiento a las órdenes de trabajo generadas por el área de Producción.</li> <li>○ Garantizar la disponibilidad de herramientas para el mantenimiento preventivo, según programa.</li> </ul>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Atribuciones jefe del Departamento de Producción**

	<p>FICHA DE PUESTO DE TRABAJO ESTRUCTURA TPM</p>	<p>Fecha: 11/2014</p>
<p>Denominación del puesto:</p> <p style="text-align: center;">Jefe del Departamento de Producción</p>		
<p>Responsabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Establecer las directrices necesarias para la ejecución adecuada del TPM en su departamento.</li> <li>○ Asegurar el cumplimiento de lo programado en los cronogramas de implantación del TPM establecidos para cada una de las áreas.</li> <li>○ Llevar el control de los indicadores de TPM.</li> <li>○ Notificar y mostrar los indicadores de los equipos mensualmente al comité TPM.</li> <li>○ Revisar y mantener actualizado los programas de mantenimiento autónomo.</li> <li>○ Generación de órdenes de trabajo a partir de las inspecciones de los operadores.</li> <li>○ Garantizar que los equipos sean operados por el personal con las competencias y entrenamiento necesarios.</li> <li>○ Brindar las herramientas y materiales necesarios, para el mantenimiento autónomo.</li> </ul>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Atribuciones responsable del programa TPM**

	<p>FICHA DE PUESTO DE TRABAJO ESTRUCTURA TPM</p>	<p>Fecha: 11/2014</p>
<p>Denominación del puesto:</p> <p style="text-align: center;">Responsable del programa TPM</p>		
<p>Responsabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Gestión de los trabajos de mejora de los equipos, máquinas e instalaciones.</li> <li>○ Coordinar la preparación de los cursos, y garantizar estos a todo el personal operativo.</li> <li>○ Manejo del control de la documentación referente a la capacitación y certificación de los operadores.</li> <li>○ Divulgar la filosofía del TPM en todos los departamentos y niveles de la organización.</li> <li>○ Apoyo en la capacitación a los trabajadores, así como la difusión de material referente al TPM.</li> <li>○ Control de costos de la implantación del TPM.</li> <li>○ Ejecución de auditorías TPM.</li> </ul>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Atribuciones líder de grupo**

	<p>FICHA DE PUESTO DE TRABAJO ESTRUCTURA TPM</p>	<p>Fecha: 11/2014</p>
<p>Denominación del puesto:</p> <p style="text-align: center;">Atribuciones líder de grupo TPM</p>		
<p>Responsabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Coordinar y programar las reuniones, levantar el acta de las reuniones y distribuirla a los responsables indicados del grupo TPM.</li> <li>○ Administración de las reuniones del grupo TPM.</li> <li>○ Ejecutar el seguimiento a las actividades programadas en las reuniones de los grupos TPM.</li> <li>○ Supervisar el acatamiento de las actividades asignadas en las reuniones TPM.</li> <li>○ Involucrar y motivar a su personal en la participación de las reuniones.</li> <li>○ Proveer, actualizar y archivar la documentación de los equipos de trabajo.</li> <li>○ Divulgar y promover la aplicación de las 5S como cultura organizacional.</li> </ul>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Atribución operadores**

	<p>FICHA DE PUESTO DE TRABAJO ESTRUCTURA TPM</p>	<p>Fecha: 11/2014</p>
<p>Denominación del puesto:</p> <p style="text-align: center;">Operadores y miembros de grupo</p>		
<p>Responsabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Conformación de los objetivos de grupo que formen parte de los objetivos generales del TPM.</li> <li>○ Dar aviso oportuno de los principales problemas en sus equipos de trabajo.</li> <li>○ Ejecutar las actividades de mantenimiento autónomo y aplicación de las 5S en sus equipos.</li> <li>○ Participar en la capacitación autónoma.</li> <li>○ Responsabilizarse de cada una de las actividades designadas por el grupo para la mejora de sus equipos.</li> <li>○ Tomar parte en el mantenimiento de sus equipos, máquinas e instalaciones.</li> <li>○ Manejo adecuado de los recursos asignados.</li> <li>○ Generar y analizar las posibles mejoras a sus equipos de trabajo.</li> </ul>		

Fuente: elaboración propia.

#### **3.1.1.4. Establecimiento de lineamientos básicos para el desarrollo del TPM**

El establecimiento de políticas y objetivos básicos del TPM debe constituirse en la parte integral de la política global de la organización y se deben de indicar los objetivos y las directrices de las actividades a desarrollar. Estos objetivos los define la alta gerencia, planteados de forma que puedan ser específicos, medibles, realizables, realistas y con un tiempo establecido para su cumplimiento.

A nivel operativo, los objetivos están orientados a la ejecución eficiente de los procesos y métodos de trabajo, con el fin de eliminar los desperdicios, evitar pérdidas por paradas no programadas y lograr un óptimo rendimiento de la capacidad instalada.

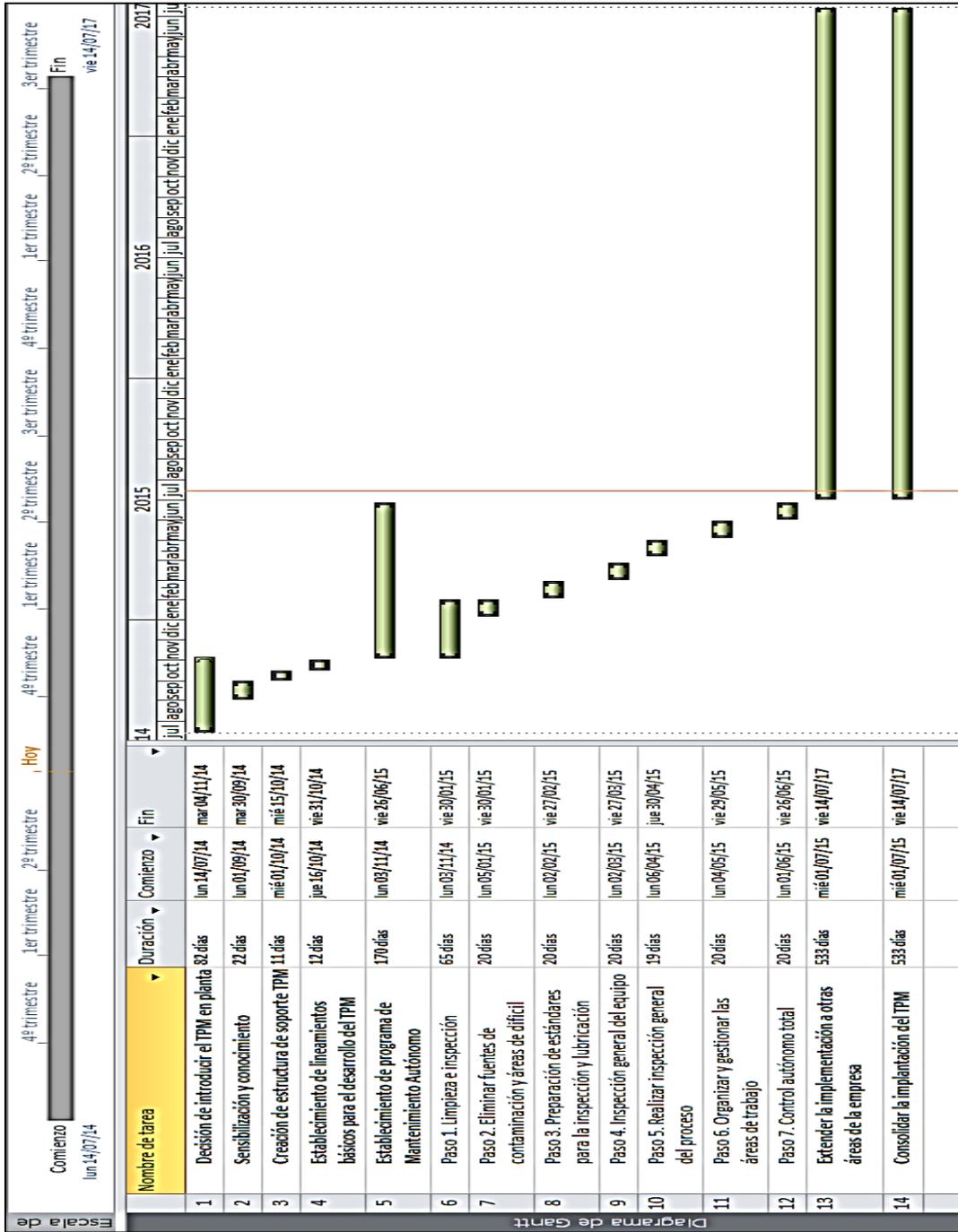
##### **3.1.1.4.1. Elaboración de programa**

Para la formulación del diseño de un plan maestro de implantación del mantenimiento autónomo TPM, hay que decidir de inicio cada una de las actividades que habrá que desarrollar para lograr los objetivos establecidos. El periodo cubierto en este plan abarca desde la introducción hasta completar la fase de consolidación del proyecto.

##### **3.1.1.4.2. Cronograma**

Para el desarrollo del plan de implementación de mantenimiento autónomo TPM en una línea piloto de la planta Paraquat 1 se diseñó un cronograma de actividades basado en el tiempo máximo en el que puede realizarse el proyecto. Ver figura 17.

Figura 17. Cronograma mantenimiento autónomo TPM



Fuente: elaboración propia.

### **3.1.2. Fase de promoción y práctica**

En esta fase de implementación se deben realizar actividades seleccionadas para lograr los objetivos establecidos en el plan maestro de mantenimiento autónomo TPM, involucrando mayoritariamente a todos aquellos empleados con un cargo alto-medio, los cuales trabajan y son los responsables de establecer los ajustes para el lanzamiento. El plan de lanzamiento debe incluir lo siguiente:

- Declaración de la empresa conforme se ha establecido implantar el mantenimiento autónomo TPM.
- Anuncio a las organizaciones promocionales del mantenimiento autónomo TPM sobre las metas, políticas fundamentales y el plan maestro definido.
- Los invitados ofrecerán un discurso de felicitación a través del cual se reconocerá el trabajo desarrollado por los empleados hasta ese momento.

#### **3.1.2.1. Establecer programa de mantenimiento autónomo**

Consiste en el establecimiento de un plan piloto, el cual servirá de guía desde la preparación para introducción del mantenimiento autónomo TPM hasta su implantación definitiva, lo cual permitirá la verificación de los progresos obtenidos, además permitirá establecer parámetros actuales y comparar con el desarrollo, cambiando este si fuese necesario. El plan piloto a implementarse en planta Agrocentro S. A. se desarrollará en el área de formulación de Paraquat línea 1.

### **3.1.2.2. Desarrollar un mantenimiento de áreas administrativas**

Las áreas administrativas y de apoyo desempeñan un papel preponderante como soporte de la producción. La calidad y oportunidad en tiempo de la información que aportan estas áreas tienen un enorme efecto sobre las actividades de producción, esto conduce a que estas áreas deben reforzar sus propias funciones, mejorando su organización y cultura, para poder contribuir con el mejoramiento en general.

### **3.1.3. Fase de estabilización**

Para la fase de estabilización del TPM se necesita un plan de mantenimiento autónomo para toda la empresa. Para la implementación de este plan se deben de seguir los siguientes pasos:

- Limpieza Inicial

Se elimina suciedad y polvo, apretar tuercas, tornillos y pernos, y describir problemas para corregirlos y reportarlos.

- Evitar fuentes de problemas

El operador debe de tomar medidas para eliminar las causas, suciedad, polvo, dispersión de materiales, entre otros, esto con el apoyo y supervisión del personal de mantenimiento.

- Establecer estándares de limpieza

Considerar dentro del tiempo del operario el tiempo estándar que conlleva la realización de estas labores.

- Inspección general

Elaborar un manual de inspección general del equipo que será utilizado por los responsables de los círculos TPM.

- Inspección autónoma

Elaborar un manual de inspección autónoma, del equipo que será utilizado, por el responsable del mismo.

- Organización y orden

Identificar los sectores en donde se han establecido estándares de trabajo.

- Mantenimiento autónomo pleno

La labor de los Círculos de Calidad, liderados por los supervisores, se dedica especialmente al establecimiento de las mejoras elaboradas por los equipos de proyecto y continúa atendiendo la eliminación de las seis pérdidas.

### **3.1.3.1. Extender la implementación a otras áreas de la empresa**

Esta clase de actividades se desarrollan en departamentos como Planificación, Desarrollo y Administración, no generan un valor directo como

producción pero garantizan el respaldo necesario para que el proceso productivo opere de manera eficiente, con los menores costos y con la más alta calidad.

### **3.1.4. Fase de consolidación**

Esta fase conlleva a afianzar los niveles logrados y mejorar las metas, el enfoque de la mejora continua también ayuda revisando continuamente y aceptando nuevos desafíos. Ninguna acción será eficaz sin que existan mediciones continuas, cuidadosas y concretas; para esto se recomienda la documentación de las mismas.

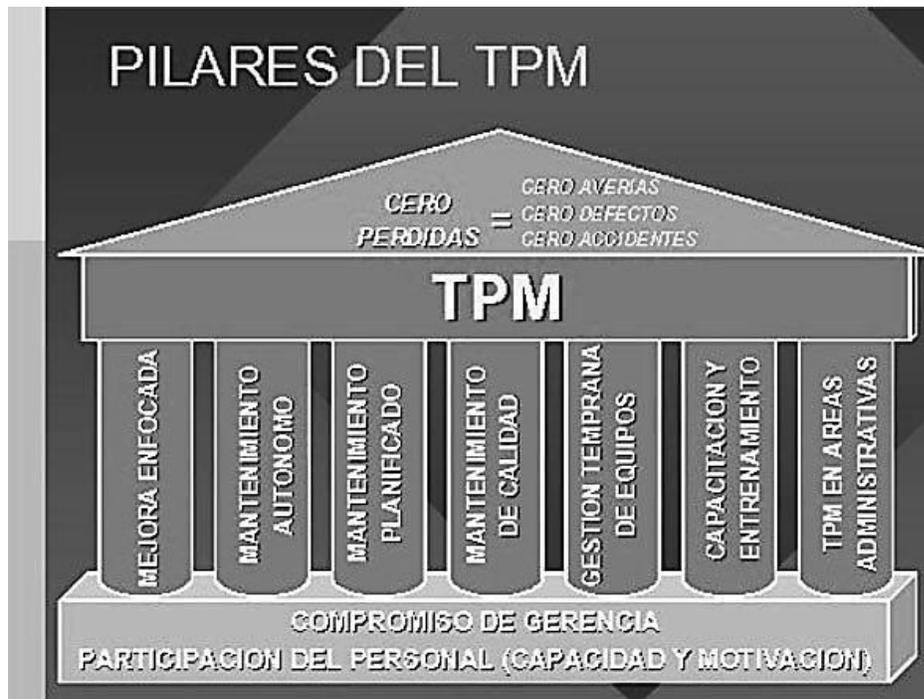
#### **3.1.4.1. Consolidar la implantación del TPM**

El objetivo primordial de esta etapa es lograr el mantenimiento y funcionamiento de la filosofía, para que opere de manera sistemática y autónoma.

##### **3.1.4.1.1. Mejorar las metas y objetivos**

En esta etapa se realiza una consultoría para la implementación de ajustes, además se hace una ampliación del mantenimiento autónomo TPM a los demás equipos de la planta, se definen nuevas metas, desafíos y políticas. Por último, se implementan en planta los restantes pilares de la metodología TPM el cual está compuesto por. Ver figura 18.

Figura 18. Pilares del TPM



Fuente: Instituto Internacional del TPM.

### 3.1.5. Análisis financiero

Se evalúa cual será el impacto económico-financiero de la implementación del sistema de planificación, programación y control de mantenimiento autónomo TPM. Se realiza el análisis tomando en cuenta los gastos implicados en la implementación de cada una de las fases, luego se procede a evaluar cuál es el ahorro significativo que se obtendrá con la implementación evaluando la cantidad de horas-hombre, horas-máquina, desperdicio de producto, desperdicio de material de empaque, producto no conforme y el sueldo de los mecánicos que se ahorra, para, finalmente, evaluar cuál es el aumento en la eficiencia de las líneas de llenado debido a la implementación de este sistema en la planta formuladora.

### **3.1.5.1. Inversión fija**

Se refiere a todo tipo de activos tangibles e intangibles cuya vida útil es mayor a un año calendario y cuya finalidad es proveer los recursos necesarios (humano, equipo y materiales) en la fase inicial, para generar las condiciones para que la planta lleve cabo este proyecto.

### **3.1.5.2. Costos de operación**

Se refiere a todas aquellas inversiones que se realizan en varias ocasiones durante el transcurso de cada año y que intervienen directamente en la operación del proyecto. Entre estos rubros se pueden mencionar la capacitación técnica que se imparte al personal sobre la metodología de mantenimiento autónomo TPM, los programas de formación y los costos de suministros varios de oficina, ya que estos son los materiales que se utilizarán para la planificación, programación y control del mantenimiento autónomo TPM por mencionar los rubros más importantes.

### **3.1.5.3. Financiamiento de la propuesta**

El desarrollo e implementación de este proyecto, en planta formuladora, se hará con recursos propios de la organización, por lo tanto no habrá necesidad de un préstamo financiero. Dichos fondos son generados por la propia empresa en el desarrollo de sus actividades, los cuales permiten financiar este y otros proyectos de inversión contribuyendo de esta manera a su crecimiento y desarrollo.

### 3.1.5.4. Flujo de caja

Se constituye en la relación entre los ingresos y los costos generados a través del proyecto de planificación, programación y control del mantenimiento autónomo TPM. Se realiza el análisis tomando en cuenta los gastos implicados en la implementación de cada una de las fases, luego se procede a evaluar cuál es el ahorro significativo que se obtendrá con la implementación evaluando la cantidad de horas-hombre, horas-máquina, desperdicio de producto, desperdicio de material de empaque, producto no conforme y el sueldo de los mecánicos que se ahorra. Ver tabla XIX.

Tabla XIX. Flujo de caja

DESCRIPCION	PERÍODOS				ACUMULADO
	0	1	2	3	
	2014	2015	2016	2017	
Ahorro esperado de las pérdidas	Q -	Q 139 582,35	Q 244 269,11	Q 348 955,87	Q 732 807,33
Inversión fija	-Q 114 236,43				-Q 114 236,43
Costos de operación		Q 84 627,81	Q 84 627,81	Q 84 627,81	Q 253 883,43
Total		Q 54 954,54	Q 159 641,30	Q 264 328,06	Q 478 923,90
Flujo de caja	-Q 114 236,43	-Q 59 281,89	Q 100 359,41	Q 364 687,47	Q 405 764,98
Flujo acumulado de caja		-Q 59 281,89	Q 41 077,52	Q 405 764,98	

Fuente: elaboración propia, con información de la administración de la planta.

### 3.1.5.5. Índices financieros que sustentan la inversión

Los índices financieros que sustentarán la inversión son: tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR), la tasa interna de retorno (TIR), valor actual neto (VAN), análisis costo/beneficio y el tiempo de recuperación de la inversión:

- Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

Es la tasa mínima de ganancia sobre la inversión, para el cálculo se debe de tomar como referencia el índice inflacionario. La empresa fungirá como inversionista, ya que arriesgará su dinero, no le resulta atractivo mantener el poder adquisitivo de su inversión, sino más bien que esta genere un crecimiento real, los aspectos a tomar en cuenta son:

- Premio al riesgo (i): comprende la tasa de interés a la que el sistema financiero haría el préstamo, como el financiamiento de la propuesta se hará con recursos propios el premio al riesgos es 0.
- Inflación (f): el ritmo inflacionario marca un 3,70 % para la fecha en que da inicio el proyecto.<sup>6</sup> La forma de cálculo del TMAR es:

$$TMAR = i + f + if$$

$$TMAR = 3,70 \% + 0 \% + (3,70 \% * 0 \%)$$

$$TMAR = 3,70 \%$$

---

<sup>6</sup> Instituto Nacional de Estadística (INE).

### 3.1.5.6. Valor actual neto (VAN)

El VAN hace una comparación entre los ingresos y gastos que se han efectuado a través del período de duración del proyecto, los traslada hacia el año de inicio y los compara con la inversión inicial. El empleo de este indicador financiero se basa en la regla de decisión de seleccionar aquellos proyectos con VAN positivo, ya que ello contribuye a lograr el objetivo financiero de la empresa, debiendo ser rechazados los proyectos con VAN negativo o nulo. Además, si el inversionista dispone de un conjunto de inversiones alternativas, este método propone un orden de preferencia, jerarquizando los proyectos de mayor a menor VAN. La forma de cálculo es:

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

Esta fórmula comprende la suma aritmética de los flujos de efectivo descontados de cada año del periodo de duración del proyecto, lo que es igual a indicar que constituye el valor presente de los flujos de efectivo.

Donde:

- n = período de evaluación del proyecto
- i = valor de la TMAR
- p = monto de la inversión inicial

Entonces, el VAN se calcula de la siguiente manera:

$$\sum_{n=1}^{n=N} -114\,236,33 + \frac{-59\,281,89}{(1+0,037)^1} + \frac{100\,359,41}{(1+0,037)^2} + \frac{364\,687,47}{(1+0,037)^3}$$

$$VAN = Q\,248\,950,13$$

### 3.1.5.7. Tasa interna de retorno (TIR)

La decisión de inversión se adoptará una vez que se haya comparado la rentabilidad bruta con el coste de capital, estableciendo, como regla de decisión, que solo interesará llevar a cabo aquel proyecto cuya TIR sea superior al coste de capital.

TIR es la tasa de descuento igual al valor presente de los flujos positivos o internos esperados de un proyecto con el valor presente de los costos del proyecto, es decir, que representa el rendimiento del proyecto a desarrollar. La TIR no es más que la tasa de descuento que se obtiene cuando el VAN es cero, y para calcular este valor que hace uso de una interpolación lineal entre dos valores.

Para una tasa del 3,70 % se tiene un VAN de Q 248 950,13 (positivo). Entonces se debe utilizar una tasa alta de 53 % con el propósito de obtener un VAN (negativo), esto se hace con la misma fórmula utilizada en la sección anterior de la siguiente manera:

VAN con tasa 53 %=

$$\sum_{n=1}^{n=N} -114\,236,33 + \frac{-59\,281,89}{(1 + 0,53)^1} + \frac{100\,359,41}{(1 + 0,53)^2} + \frac{364\,687,47}{(1 + 0,53)^3}$$

$$\text{VAN} = -\text{Q } 8\,287,46$$

Como resultado de la operación anterior se observa que para una tasa de descuento 53 % se obtiene como resultado un VAN de - Q 8 287,46.

Con los datos de VAN obtenidos se procede a realizar la interpolación lineal:

Valor actual neto	Tasa de descuento
Q 248 950,13	3,70 %
-0-	TIR
-Q 8 287,46	53 %

De los datos anteriores se obtiene la siguiente ecuación:

$$\frac{3,70 \% - \text{TIR}}{3,70 \% - 53 \%} = \frac{Q 248 950,13 - 0}{Q 248 950,13 - (-Q 8 287,46)}$$

De la ecuación anterior se despeja la variable TIR

$$\frac{3,70 \% - \text{TIR}}{3,70 \% - 53 \%} = \left( \frac{Q 248 950,13 - 0}{Q 248 950,13 - (-Q 8 287,46)} \right) (3,70 \% - 53 \%)$$

$$\frac{3,70 \% - \text{TIR}}{3,70 \% - 53 \%} = (0,9678)(-49,3 \%)$$

$$\frac{3,70 \% - \text{TIR}}{3,70 \% - 53 \%} = -47,7117 \%$$

$$\text{TIR} = 51,41 \%$$

Se obtiene como resultado un 51,41 % como tasa interna de retorno.

### **3.1.5.8. Análisis costo/beneficio de la propuesta**

Este índice representa el coeficiente del valor presente de los flujos de efectivo esperados para el período de duración del proyecto en relación con la

inversión realizada. Si en el cálculo se obtiene un índice RCB mayor o igual a uno se considera aceptable. La fórmula de cálculo es:

VAN ingresos =

$$\sum_{n=1}^{n=N} + \frac{Q\ 139\ 582,35}{(1 + 0,037)^1} + \frac{Q\ 244\ 269,11}{(1 + 0,037)^2} + \frac{Q\ 348\ 955,87}{(1 + 0,037)^3}$$

$$\text{VAN ingresos} = Q\ 674\ 671,84$$

VAN egresos =

$$\sum_{n=1}^{n=N} + \frac{Q\ 84\ 627,81}{(1 + 0,037)^1} + \frac{Q\ 84\ 627,81}{(1 + 0,037)^2} + \frac{Q\ 84\ 627,81}{(1 + 0,037)^3}$$

$$\text{VAN egresos} = Q\ 236\ 193,49$$

Por lo tanto:

$$\text{RCB} = \frac{\text{VAN ingresos}}{\text{VAN Egresos}}$$

$$\text{RCB} = \frac{Q\ 674\ 671,84}{Q\ 236\ 193,49}$$

$$\text{RCB} = Q\ 2,86$$

- Tiempo de recuperación de la inversión

Para obtener el tiempo en que se hará la recuperación de la inversión se utiliza la fórmula empleada en el cálculo de la TIR, con la diferencia de que i se

constituye en la tasa de referencia del mercado de 12 % que se obtiene al realizar un préstamo bancario, ver cálculo en tabla XX. La forma de cálculo es:

$$P = \frac{F}{(1 + i)^n}$$

Donde:

- P = inversión inicial
- F = flujo de efectivo
- I = tasa interna de retorno
- N= períodos anuales

Tabla XX. **Tiempo de recuperación de la inversión**

AÑO	Inversión inicial	F= Flujo de caja	P	P Acumulado
0 2014	Q 114 236,43			
1 2015		-Q 59 281,89	-Q 52 930,26	-Q 52 930,26
2 2016		Q 100 359,41	Q 80 005,91	Q 27 075,65
3 2017		Q 364 687,47	Q 259 577,33	Q 286 652,98

Fuente: elaboración propia.

El valor de la inversión inicial es de Q 114 236,43 el cual se recupera entre el 16 mes y el 17 mes. Entonces, según esta evaluación económica una vez realizada la inversión esta se justifica en el segundo año de mejoras, es decir la propuesta es rentable.

### 3.1.6. Evaluación y análisis de costos de solución

Luego de la evaluación y análisis económico-financiero se concluye que:

- La inversión es justificada al término del segundo año de mejoras, es decir que la propuesta de solución es rentable.
- La inversión se recupera en término de 1,33 años, por lo cual la inversión es factible desde el punto de vista económico, puesto que el término del proyecto se programó en tres años.
- La tasa interna de retorno (TIR) es igual a 51,41 %, que es superior al 12 % de la tasa de descuento con la que se coteja la inversión; esto confirma que el proyecto es factible.
- El valor actual neto (VAN) asciende a un monto de Q 248 950,13 que es el beneficio que generará la propuesta, demostrando de esta manera la rentabilidad del proyecto.
- La relación de costo/beneficio indica que, por cada quetzal que se invierte, planta formuladora de agroquímicos Agrocentro, S. A., ahorrará Q 2,86 siendo este último valor el beneficio obtenido.

## **4. IMPLEMENTACIÓN**

### **4.1. Estructura de mantenimiento autónomo**

La estructura del mantenimiento autónomo está integrada por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, a través de la inspección, lubricación, limpieza, servicios menores, cambio o modificación de herramientas, proponiendo solución a problemas que presenten los equipos, así como acciones que conlleven a mantener las herramientas, los equipos y las instalaciones en las mejores condiciones de funcionamiento. Dichas actividades se desarrollan siguiendo estándares previamente establecidos en colaboración con los operarios, y estos deben ser entrenados debiendo contar con los conocimientos necesarios para emplear y dominar la máquina que operan.

La implementación del mantenimiento autónomo en planta formuladora Agrocentro, S. A., se desarrolla de acuerdo a una serie de etapas, las cuales se diseñaron con el propósito de crear, de una manera progresiva, una cultura de cuidado y mantenimiento permanente del equipo y las instalaciones de trabajo. De esta manera se pretende alcanzar objetivos específicos tales como:

- Establecer las condiciones básicas en los equipos.
- Desarrollar una rutina de inspección de equipos por parte de los operarios.
- Generar una nueva forma de dirección a través del trabajo en equipo y el uso de herramientas de mejora continua.
- Línea piloto.

Para la implementación del mantenimiento autónomo se requiere que desde el inicio se seleccione una máquina específica del total existente en planta, la cual será utilizada como modelo. Estableciendo como línea piloto el área Paraquat, ya que es la sección en donde se fabrica uno de los productos líderes en el mercado de agroquímicos y sumado a esto, esta área es una estación crítica del proceso lo cual quedó evidenciado cuando se recabó la información de las fallas en el registro de horas improductivas por falta de un plan de mantenimiento. Ver figura 19.

Figura 19. Línea piloto



Fuente: Planta Agrocentro, S. A.

- Elaboración de fichas técnicas

La ficha técnica de un equipo es un documento que contiene las características funcionales, estructurales, dimensionales, de fabricación, instalación, planos, fotos y, en general, toda información relevante que permita al personal interesado conocer e identificar las partes, funcionamiento y operación en el proceso productivo del equipo en mención. Ver figura 20.

Figura 20. Ficha técnica de máquina envasadora neumática

INFORMACIÓN GENERAL		INFORMACIÓN DE OPERACIÓN		CARÁCTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Marca:	ACCUTEK	Inicio de funcionamiento:	Noviembre 1 980	Potencia:	65 kw
No. Serie:	APOF-211179	Tiempo de Garantía:	5 años	Velocidad:	30 seg/unidad
Fabricante:	Packaging Equipment Companies, Inc.	Vida útil:	20 años	Voltaje:	220 Voltios
Proveedor:	GTM- GruptechMex S.A. de C.V.	Llenadora desplazadora para líquido de presión		Dimensiones:	Ancho 2,400 mm.; fondo 1,000 mm.; altura 2,000 mm.
Pais de origen:	Mexico	Función:	neumatica de 8 inyectores	Estructura:	Acero inoxidable AISI 304
Área de ubicación:	Linea Paraguar	Volumen:	100 ml hasta 4,000 ml	Motor:	0,5 H 0,5 HP 220 VAC trifásico con variador de velocidad electrónico
Costo estimado:	Q 126 000.00	No. boquillas:	8 inyectores	Peso:	240 Kg. neto
<b>PUNTOS DE MANTENIMIENTO</b>					
No.	DESCRIPCIÓN	FRECUENCIA	RESPONSABLE		
1	Inspección visual del equipo	Diario	Supervisor de línea		
2	Revisión de panel de control eléctrico	Semanal	Supervisor eléctrico		
3	Inspección de banda transportadora	Diario	Supervisor de línea		
4	Revisión de limpieza de valvulas de llenado	Diario	Supervisor de línea		
5	Revisión de Caja electrica	Semanal	Supervisor eléctrico		

Fuente: elaboración propia.

El desarrollo del mantenimiento autónomo sigue una serie de fases o pasos, con los cuales se pretende crear de manera progresiva una cultura de cuidado permanente de los equipos y el lugar de trabajo, las fases sugeridas por JIPM “Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta” para implementación del mantenimiento autónomo se muestran en la tabla XXI.

Tabla XXI. **Fases del mantenimiento autónomo JIPM**

<b>FASE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ACTIVIDADES</b>
1	Limpieza e inspección	Eliminación de suciedad, escapes, polvo e identificación de “Fugai”
2	Acciones correctivas para eliminar las causas que producen deterioro acumulado en los equipos. Facilitar el acceso a los sitios difíciles para facilitar la inspección	Evitar que nuevamente se ensucie el equipo, facilitar su inspección al mejorar el acceso, a los sitios que requieren limpieza y control, reducción del tiempo empleado para la limpieza
3	Preparación de estándares experimentales de inspección autónoma	Se diseñan y aplican estándares provisionales para mantener los procesos de limpieza, lubricación y apriete. Una vez validados se establecerán en forma definitiva.
4	Inspección general del equipo	Entrenamiento para la inspección haciendo uso de manuales, eliminación de pequeñas averías y mayor conocimiento del equipo a través de la inspección
5	Inspección general del proceso	La fiabilidad operacional y la seguridad del equipo se elevan formando a los operarios para convertirlos competentes en procesos, operaciones y técnicas de inspección general
6	Organización y gestión de las áreas de trabajo	Incluye mantenimiento de la calidad y extensión más allá de los equipos a otros aspectos del entorno de trabajo.
7	Control autónomo pleno	Aplicación de políticas establecidas por la dirección de la empresa. Empleo de tableros de gestión visual, tablas MTBF y tableros Kaizen

Fuente: Instituto Internacional del TPM.

#### **4.1.1. Limpieza e inspección**

La fase de limpieza consiste en remover todo el polvo, suciedad, aceite, grasa, y otros contaminantes que se adhieren a los equipos, mientras que el propósito final de la inspección es descubrir todos aquellos defectos ocultos o anomalías en las condiciones de los equipos y herramientas.

La limpieza e inspección despierta en los operadores el sentido de pertenencia y curiosidad por medio del contacto físico con la máquina, esto incrementa su interés en él y su decisión para impedir que el equipo se ensucie de nuevo, en consecuencia se comienza a detener el deterioro acelerado del equipo mientras se demuestra el valor de la limpieza como inspección; con esto se pretende, además, el involucramiento del operario en la identificación y ubicación de condiciones anormales. Por el contrario, también se puede indicar que la limpieza es un proceso educativo que provoca resistencia al cambio, esto debido a que no se está acostumbrado a trabajar de manera limpia y ordenada, y se considera que el trabajo de limpieza no corresponde hacerlo.

##### **4.1.1.1. Primera jornada de limpieza**

La actividad inicial de esta fase consiste en la inspección de los equipos con la ayuda de los cinco sentidos, lo cual tiene como propósito descubrir los fallos o cualquier situación anormal en las condiciones del equipo y en las instalaciones de trabajo.

- Implementación

Basados en las etapas que sugiere la metodología de mantenimiento autónomo TPM, se convoca a los jefes de Producción y Mantenimiento a un

paro planeado de la línea, no sin antes presentar el programa de eventos a desarrollar en la línea durante ese paro, justificando las mejoras que se desarrollarán mientras tanto el equipo de limpieza celebra una sesión de planeación de limpieza formulándose los siguientes objetivos:

- Separar el equipo por secciones para que puedan ser limpiados independientemente.
- Para cada sección se definen las actividades a realizar, los tiempos, el grado de dificultad, los responsables, los instrumentos y herramientas necesarias para cada actividad.
- Dejar evidencia a través de fotografías de los puntos más críticos de cada equipo.

Para esta sesión están presentes el coordinador del Mantenimiento autónomo TPM, jefes, supervisores de línea y operadores, ya que a través de una charla se les concientiza de la importancia del primer paso que se llevará a cabo, en la cultura de la limpieza inicial. El resultado de esta sesión es la obtención de un mapa de limpieza en el cual se establece la fecha y hora de la actividad de limpieza inicial.

Luego se realiza la primer jornada de limpieza en la línea 1 Paraquat, en donde se desarrolla como primera medida la actividad de inspección de las máquinas con la ayuda de los cinco sentidos, con el propósito de detectar fallos o cualquier situación anormal en las condiciones del equipo antes de proceder a realizar la limpieza. Realizada la limpieza se publican en el tablero de información las fotografías del antes y el después de la limpieza de las máquinas, el equipo o instalaciones. A continuación se presenta la fotografía del antes y el después de la primera jornada de limpieza de la bomba de succión ubicada en la línea 1 de Paraquat. Ver figura 21.

Figura 21. Primera jornada de limpieza



Fuente: Planta Agrocentro, S. A.

Finalizada esta primera etapa se puede indicar que limpiar no es solo hacer que el equipo se vea limpio, es decir, que limpiar también significa tocar y mirar cuidadosamente cada parte del equipo para detectar defectos ocultos y encontrar anomalías a través de vibración, ruido y piezas flojas.

A medida que se efectúa la limpieza se van encontrando anomalías, las cuales serán tratadas de la siguiente manera:

- Si el fallo o anomalía se puede corregir inmediatamente, es necesario hacerlo.
- En caso de no ser así, debido a la dificultad o la falta de repuestos, es necesario colocar una tarjeta de detección de fallas, lo cual se explicará en el siguiente apartado.

- En ambos casos debe utilizarse un formato en donde se listen cada una de anomalías detectadas durante la limpieza inicial.

#### **4.1.1.2. Tarjeteo de la máquina**

Una vez que se descubren las anomalías, se desarrolla el proceso de tarjeteo de la máquina, esto con el fin de restituir las condiciones básicas del equipo con el empleo de las tarjetas verdes y amarillas.

- **Implementación**

Esta actividad se desarrolla durante el transcurso de la primera jornada de inspección de línea 1 Paraquat luego de la limpieza, debido a que al retirar la suciedad se pueden encontrar fallos no visibles bajo el polvo y la suciedad. Las anomalías detectadas son identificadas por medio de tarjetas. En estas es en donde se reportan todas las anomalías o fallos que se encuentran durante la limpieza inicial, se dan a conocer en esta segunda etapa, pero se utilizan durante todo el proceso de implementación. El objetivo fundamental de las tarjetas de anomalías es corregir las fallas reportadas por parte de los operadores de producción, a través del departamento de Mantenimiento, atendiendo de inicio todas las anomalías reportadas por los operadores de la línea, utilizando para ello la etiqueta verde. Ver figura 22.

Figura 22. Tarjeteo de máquina

Anverso de la tarjeta

Reverso de la tarjeta

**agrocentro**  
Mantenimiento Autónomo TPM

No. **001**

Máquina: \_\_\_\_\_

Línea: \_\_\_\_\_

Fecha de detección: \_\_\_\_\_

Detectado por: \_\_\_\_\_

Descripción de la anomalía o fallo:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Copia:

Panel de etiquetas	
Equipo	
Mantenimiento	

Fecha de reparación: \_\_\_\_\_

Nombre del operario que ha reparado el defecto:  
\_\_\_\_\_

Descripción de la mejora:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Nota: Esta tarjeta debe ser pegada en la máquina y permanecer ahí mientras no se corrija la anomalía

Fuente: elaboración propia.

Una vez que se tenga conciencia de esta cultura se introducen las tarjetas amarillas, en las que los operadores puedan resolver las fallas o anomalías sencillas, sin arriesgar su integridad física, aplicando los conocimientos en las diversas áreas de aplicación de forma rápida y efectiva.

La utilización de las tarjetas de anomalías requiere que cada una de las áreas que estén implicadas tenga su correspondiente registro, por este motivo se generarán tres copias las cuales corresponderán a:

- Original: la cual es archivada por el área que ejecuta la acción correctiva o mejora en el equipo.

- Primera copia: se registra esta información en un documento en el computador, con el fin de tener datos históricos que permitan calcular estadísticas de las anomalías.
- Segunda copia: se ubica en el sitio de la anomalía esto cuando sea fácil la visualización, de lo contrario, se ubicarán en el tablero de información de mantenimiento autónomo TPM.

#### **4.1.1.3. Elaboración del primer estándar de limpieza**

En la primera jornada de limpieza, que corresponde a la primera etapa del programa de mantenimiento autónomo TPM, los operarios limpian su equipo, corrigiendo pequeñas deficiencias, y manteniendo las condiciones básicas del equipo e instalaciones, con esta base de información, obtenida a través de la recolección de la experiencia de los operarios, se procede a generar los estándares provisionales de limpieza para establecerlos y determinar el curso de acción a seguir en función de estos.

En esta segunda etapa correspondiente a la primera fase de implementación del mantenimiento autónomo TPM, se hace necesario tener presente varios factores claves a tomar en cuenta en el diseño, desarrollo, estructuración y elaboración del primer estándar de limpieza:

- Diagrama: en primera instancia el operario es quien desarrolla el dibujo inicial de cada uno de los componentes de la máquina a la cual se le realiza la limpieza, y posteriormente se toman fotos, como una herramienta que sirve de guía para los operadores.

- Actividad: detallar de manera clara y precisa cada uno de los pasos que deben ejecutarse en el proceso de limpieza, con el propósito que cualquier personal comprenda estas instrucciones.
  - Tiempo: es importante el tiempo de cada uno de los pasos que se desarrolla en el proceso de limpieza, esto con el fin de programar estas actividades.
  - Insumos: los operadores deberán de conocer la cantidad que se requiere de cada insumo para llevar a cabo el proceso de limpieza, esto con el fin de tenerlos a disposición en el momento que se necesitan.
  - Herramientas: obtener un detalle de las herramientas a utilizar en la limpieza.
  - Elementos de seguridad: accesorios que deben emplear los operarios para la prevención de accidentes en el desarrollo de la limpieza.
  - Frecuencias: establecer periodicidad de cada cuanto se debe realizar cada actividad.
  - Responsable: definir a la persona que debe ejecutar cada actividad es decir asignar a una responsable.
- Implementación

En reunión con el equipo de trabajo que opera cada una de las máquinas, se discute y define la mejor práctica de cada uno de los pasos, tomando en cuenta la importancia de los elementos de seguridad y el cuidado en la manipulación de los insumos de limpieza. Una vez validada esta información por todo el equipo se transcribe en el formato. Ver figura 23.

Figura 23. Estándar de limpieza llenadora

		MANTENIMIENTO AUTÓNOMO TPM ESTÁNDAR DE LIMPIEZA			MÁQUINA: Llenadora ÁREA: Línea 1 PARAQUAT Responsable: Operador llenadora								
DIAGRAMA	No.	DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN	TIEMPO (Minutos)	INSUMO DE LIMPIEZA		HERRAMIENTA	EQUIPO DE SEGURIDAD	FRECUENCIA					
				INSUMO	CANTIDAD			D	S	M	T	A	
	1	Desconectar energía eléctrica y suministro de aire, para evitar riesgos durante la limpieza.	30 seg	-----	-----	manual	 <p>EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL</p>						
	2	Desmontar 8 inyectores, quitar tornillo y mangueras.	1,200 seg	Llave 14 = inyectores, Llave 8 abrazaderas		llaves							
	3	Desenroscar la boquilla	270 seg	Llave 14 = inyectores		destornillador							
	4	Extraer camisa o chaqueta	60 seg	-----	-----	manual							
	5	Revisar resorte	60 seg	-----	-----	visual							
	6	Cambio de empaques de hule en los resortes	480 seg	-----	-----	manual							
	7	Limpieza y revisión de empaque de hule de la boquilla	480 seg	Agua	8 litros	Wipe							
	8	Limpieza y lubricación de resorte	60 seg	Aceite	-----	Spray							
	9	Armar llenadora	960 seg	-----	-----	manual, llaves							

Fuente: elaboración propia.

Luego de esto se convoca a una reunión en la cual se hace entrega del estándar de limpieza, con el propósito que a partir de ese instante todos los operadores lo realicen de la forma establecida.

#### 4.1.1.4. Elaboración de las primeras listas de chequeo

Una vez estandarizadas las actividades de limpieza, el operario debe identificar en cuál de ellas se debe realizar una inspección, esto con el propósito de identificar anomalías o fallos en los equipos.

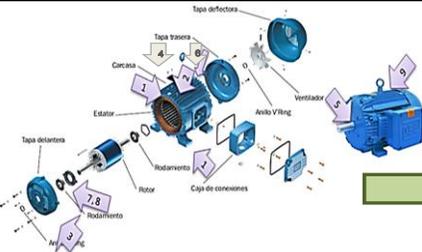
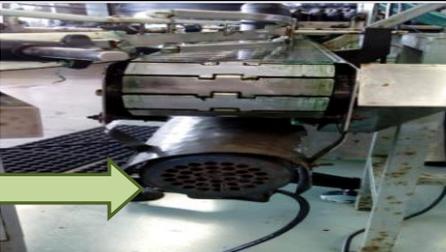
El contenido básico de estas listas de chequeo es la siguiente:

- Parte: definir cada uno de los componentes, los cuales se deben inspeccionar durante el proceso.
  - Método: determinar si la inspección requiere del uso en específico de un sentido en particular o de todos a la vez.
  - Estándar: el chequeo debe de hacerse en función de un estándar que se utilice de comparativo para determinar si está bien o no.
  - Frecuencia: establecer periodicidad de cada cuanto realizar los chequeos.
  - Responsable: definir al operador que debe ejecutar cada actividad.
- Implementación

El objetivo de la lista de chequeo es que el equipo, herramienta o línea de trabajo se encuentre en perfecto estado, en caso contrario se generan las tarjetas de reporte de anomalías.

Para conseguir que la actividad de limpieza se convierta en una inspección se hace necesario determinar que piezas deberán inspeccionarse, método, estándar, frecuencia y responsable de esta. Ver figura 24.

Figura 24. Primera lista de chequeo de limpieza

		<b>MANTENIMIENTO AUTÓNOMO TPM</b> <b>LISTA DE CHEQUEO O DE LIMPIEZA</b>		<b>MÁQUINA:</b> Motor Banda Transportadora <b>ÁREA:</b> Línea 1 PARAQUAT			
							
PIEZA		INSPECCIÓN		ESTANDAR	ESTADO		CORRECCIONES
No	DESCRIPCIÓN	ITEM	PROCEDIMIENTO		B	M	
1	Bases del motor	Estado de limpieza, ajustes y vibraciones	Inspección visual y contacto directo	Soporte ajustado, no debe presentar vibraciones fuertes, canales de ventilación del estador, rotor limpio exento de polvo, material pegado, aceite, o agroquímicos			
2	Graseras	Estado de limpieza y ajustes	Inspección visual y contacto directo	Graseras limpias, ajustadas para evitar la entrada de materiales extraños a los rodamientos			
3	Tapa delantera	sellos de protección	Inspección visual y contacto directo	Sellos firmes, ajustados y limpios			
4	Carcasa	Estado de limpieza y vibraciones	Inspección visual y contacto directo	Al tocar la cubierta del motor, no debe sentir vibraciones, golpes fuertes, además no debe encontrarse hundimientos o achatamientos en la estructura			
5	Eje	Fugas de aceite, corrosión y oxidación	Inspección visual	Ausencia de grasa o aceite en los extremos del eje, no debe presentar oxidación o corrosión			
6	Soportes	Temperatura	Inspección con termometro	La temperatura del soporte y de las chumaceras, no debe superar los 60 °C en motores de tipo abierto y los 80 °C en motores de tipo cerrado			
7		Temperatura	Inspección con termometro	El anillo V´ring no debe superar temperaturas de 90 °C			
8	Rodamientos	Ruidos	Inspección auditiva	No debe presentar sonidos, ya que indica lubricación defectuosa, ejes desalineados, particulas extrañas en el rodamiento			
9	Motor	Ruidos	Inspección auditiva	No debe presentar sonidos fuertes o golpeteo continuo			

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.1.5. Actividad de campo apretado de tuercas y revisión de tornillos

Las máquinas y equipos contienen tuercas y tornillos en su estructura que funcionan como elementos esenciales de su construcción. Estas máquinas

funcionan adecuadamente si estos elementos de unión están bien apretados, basta con que un tornillo esté flojo para que dé inicio una reacción en cadena que genere desgaste y vibraciones, el equipo comienza a dar sacudidas y hacer ruidos estruendosos, las ligeras fisuras se terminan convirtiendo en profundas grietas, algunas partes terminan dañadas o completamente rotas y como resultado final ocurre una enorme avería en los equipos.

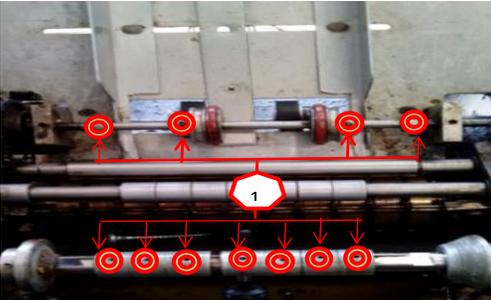
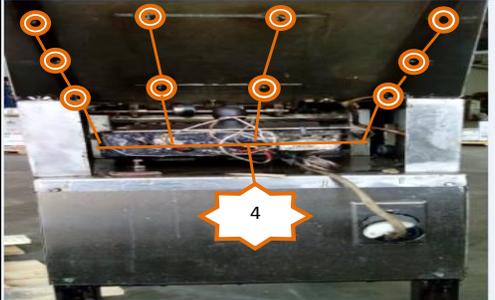
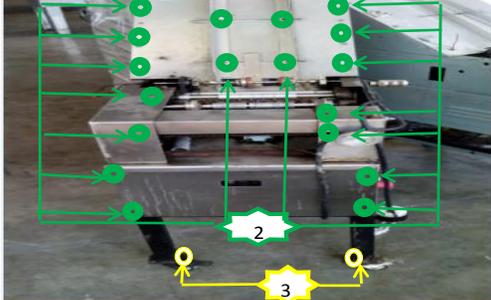
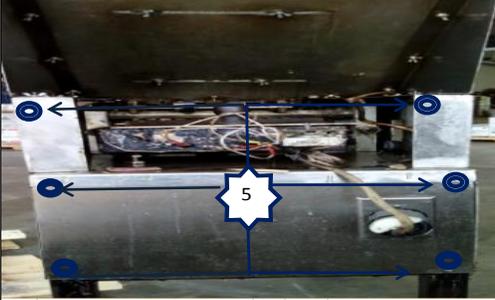
- Implementación

Algunas de las actividades más importantes desarrolladas en esta etapa son:

- Apretar y asegurar las tuercas y los tornillos que estuviesen flojos.
- Sustituir las tuercas y tornillos que hagan falta.
- Sustituir las tuercas y tornillos dañados.
- Emplear mecanismo de bloqueo de tuercas que se aflojan constantemente.
- Dejar registro de las secciones que tienen tuercas y tornillos.
- En el turno de trabajo en que se realice la limpieza, el operario debe verificar que las tuercas y los tornillos estén completamente apretados.

En esta etapa se desarrolla el proceso de identificación de los sitios de las tuercas y los tornillos que conforman la estructura de la máquina, apretando los mismos en la actividad de limpieza para finalmente dejar a través de fotografías un medio ilustrativo o guía de tuercas y tornillos a través del cual se puedan observar y estandarizar el tipo de tuerca o tornillo que se requiere en cada punto en específico de las máquinas. Ver figura 25.

Figura 25. Guía de tuercas y tornillos

		<b>MANTENIMIENTO AUTÓNOMO TPM</b> <b>GUÍA DE TUERCAS Y TORNILLOS</b>		<b>MÁQUINA:</b> Etiquetadora <b>ÁREA:</b> Línea 1 PARAQUAT	
PARTE FRONTAL ETIQUETADORA			PARTE TRASERA ETIQUETADORA		
					
					
No	DESCRIPCIÓN		No	DESCRIPCIÓN	
PARTE FRONTAL ETIQUETADORA			PARTE TRASERA ETIQUETADORA		
1	Tornillo INOX cabeza conica llave Allen 6mm x 20 mm		4	Tuerca de mariposa para tornillo de cabeza Phillips plano avellanado de 1/8"	
2	Tornillo cabeza Phillips plano avellanado de 1/8"		5	Tornillo cabeza Phillips plano avellanado de 1/8"	
3	Tornillo-rolana y waxa hexagonal 3/8 x 1 1/2 G2				

Fuente: planta Agrocentro, S. A.

#### 4.1.1.6. Implementar herramienta de apoyo 5 S

El Dr. Nakajima afirma que "... no es conveniente implementar el mantenimiento autónomo, sin haber obtenido los logros tempranos que proporciona las 5 S. De aquí que ambas metodologías están íntimamente relacionadas"<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> NAKAJIMA, Seiichi. *Mantenimiento Autonomo*. p. 20.

El proceso de 5S requiere:

- *Seiri* – clasificación: consiste en la separación de aquellos elementos que son necesarios para la operación de la misma y desechar aquellos que no lo son.
  - *Seiton* – organización: consiste en organizar los elementos que se han clasificado como necesarios y de esta manera poderlos encontrar con facilidad.
  - *Seiso* – limpieza: consiste en realizar una limpieza, eliminando el polvo y suciedad de todos los elementos en planta.
  - *Seiketsu* – estandarización: implica elaborar estándares de limpieza y de inspección para realizar acciones de autocontrol permanente.
  - *Shitsuke* – disciplina: en establecer compromisos con los operarios, de tal manera que los equipos e instalaciones siempre permanezcan en las condiciones establecidas a través de los pasos anteriores hasta llegar a un nivel en el cual llegue a ser parte de la cultura de los trabajadores.
- 
- Implementación
    - *Seiri* – clasificación: el primer pilar de la metodología 5 S se fundamenta en la aplicación de tarjetas rojas para identificación de objetos que no son necesarias en el proceso. Ver figura 26.

Figura 26. **Diseño de la tarjeta para clasificación**

Anverso de la tarjeta



**METODOLOGÍA 5 S**

Codigo Equipo	
INFORMACIÓN GENERAL:	
FECHA	
NOMBRE DEL ITEM	
LOCALIZACIÓN	
HALLADO POR	
CATEGORÍA:	
EQUIPO	HERRAMIENTA
OTROS	DOCUMENTO
RAZÓN DE INCONFORMIDAD	
INNECESARIO	DESECHO
DEFECTUOSO	OTRO
ACCIONES A TOMAR:	
RETORNAR A	
DESECHAR	
MOVER AL ÁREA DE DESCARTE	
OTRO	
OBSERVACIONES:	

Fuente: elaboración propia.

Para esta etapa se cita a los operadores de línea junto al supervisor y jefes de Producción, una vez reunidos se procede con la clasificación de cada objeto presente en el área de trabajo, se crea un área de descarte que es en donde se almacenan los objetos determinados como innecesarios.

- *Seiton*—organización: el segundo pilar de esta metodología nos indica que un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar, basándose en la frecuencia de uso de cada objeto en planta. Siendo el objetivo primordial que cualquier persona encuentre con facilidad cualquier material que se tenga en el área. En esta etapa se contribuye con la reducción y eliminación de movimientos innecesarios, obteniendo de esta manera un

ambiente de trabajo más agradable, facilitando el control debido a la eliminación del desorden, y en consecuencia se disminuyen los accidentes mejorando el rendimiento la comunicación e integración del equipo de trabajo. Ver figura 27.

Figura 27. **Seiton-organización**



Fuente: planta Agrocentro, S. A.

- **Seiso-limpieza:** pilar de esta metodología con similitud a la primera etapa desarrollada al inicio del mantenimiento autónomo, en este apartado se mostrará el antes, durante y el después de la limpieza en la línea piloto. Ver figura 28.

Figura 28. *Seiso*–limpieza



Fuente: planta Agrocentro, S. A.

- *Seiketsu*–estandarización: este pilar de la metodología crea patrones y normas que deben de ser acatados por todos, para que de esta forma las primeras 3 S se mantengan y se pueda evaluar el cumplimiento mediante el diseño de una lista de chequeo de auditoría. Ver tabla XXII.

Tabla XXII. Lista de chequeo auditoría 5 S

		<b>CHECK LIST DE AUDITORÍA 5 S</b>		Fecha: Dic 2 014
<b>AREA:</b>		<b>EVALUADOR:</b>		
<b>PUNTAJES:</b>				
O Malo= no implementado.		3 Bueno= Implementación desarrollada.		
1 No muy bueno= Implementación incipiente.		4 Muy bueno= Implementación avanzada.		
2 Aceptable= Implementación parcial		5 Excelente = Implementación total.		
PARAMETRO A EVALUAR			PUNTUACIÓN	
<b>SEIRI – CLASIFICACIÓN</b>				
¿Hay máquinas, equipos, estanterías, mangueras, etc., que no se utilizan en el proceso y que están en el área?				
¿Existen materias primas innecesarias para el Plan de Producción actual y el de la próxima semana en el área?				
¿Existen herramientas, repuestos, piezas varias, que son innecesarias?				
¿Se han identificado con tarjetas rojas los elementos innecesarios?				
<b>SEITON – ORGANIZACION</b>				
¿Se encuentran correctamente identificados los equipos e instalaciones?				
¿Están almacenadas las herramientas de trabajo, cada una en su lugar?				
¿Se encuentran marcadas y libres de obstáculos, las áreas de circulación?				
¿Se encuentran señalizados los equipos y la ubicación de las herramientas?				
<b>SEISO – LIMPIEZA</b>				
¿Está el piso limpio?				
¿Están las máquinas limpias?				
¿Existen recipientes para alojar desechos en el puesto de trabajo?				
¿Están los recipientes limpios, con su respectiva tapa y cartel de identificación?				
¿Existe un equipo de limpieza en el lugar de trabajo?				
<b>SEIKETSU – ESTANDARIZACION</b>				
¿Están pintadas correctamente las cañerías de agua, aire y sustancias de agroquímicos?				
¿Están pintados los equipos, las líneas de producción, etc.?				
¿Existe un manual de procedimientos e instructivos de trabajo estandarizado para realizar las tareas de ordenamiento y limpieza?				
¿Se encuentran señaladas con ayudas visuales las áreas de trabajo?				
<b>SHITSUKE – DISCIPLINA</b>				
¿Los operadores tienen vestimenta limpia, y sus elementos de seguridad personal en uso permanente?				
¿Se ejecutan las tareas rutinarias en función de los procedimientos establecidos?				
¿Se utilizan medios visuales para motivación del personal en cuanto a 5 S's?				
<b>TOTAL</b>				
<b>OBSERVACIONES DE MEJORA</b>				
DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE	FECHA COMPROMISO	¿SE CUMPLIÓ?	
AUDITOR (Nombre y firma)				
RESPONSABLE DE SEGUIMIENTO (Nombre y firma)				

Fuente: elaboración propia.

- *Shitsuke*—disciplina: en este último pilar de la metodología se cumple con las reglas y normas establecidas anteriormente para lograr que se convierta en un hábito en la planta. Para ello se hace uso de herramientas de promoción que cumplen con la necesidad de educar a cada integrante del personal del área sobre esta metodología y el modo de implementarla. Ver tabla XXIII.

Tabla XXIII. **Herramientas de promoción 5 S**

HERRAMIENTA	DESCRIPCIÓN	EFEECTO	FRECUENCIA
Manuales	Estos contienen definiciones y la metodología para la implementación.	Reforzar el conocimiento y resolución de dudas	1 vez al año
Boletines	Distribuido de forma regular, centrado en el tema 5 S.	Difundir información sobre actividades desarrolladas	Mensual
Eslóganes	A través de una frase se puede motivar, de manera efectiva.	Promover el conocimiento, y un medio de recordatorio.	4 veces al año
Mapas	Aclaran las áreas designadas a los empleados responsables de mantener las condiciones.	Promover la adherencia a la implementación de las 5 S.	Continua
Programas	Planificación ordenada de las distintas actividades a realizar.	Promover la adherencia a la implementación de las 5 S.	Continua
Exposición de fotos	A través de esta herramienta se muestran las condiciones del antes y el después de la implementación 5 S.	Mostrará el progreso y la mejora continua, y a la vez genera motivación en los empleados.	Mensual
Memorándum	Son comentarios generados por los directivos después de las visitas de inspección.	Motivación a los empleados sobre la mejora continua.	Continua

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.1.7. Implementar planta visual

Para lograr con éxito la realización consistente de las tareas de limpieza e inspección y, que a la vez, estas sean fáciles de ejecutar correctamente por cualquiera, es necesario el uso de medios de control visuales o planta visual.

- Implementación
  - Señalización del área de la máquina y sus accesorios, con el propósito de mantener organizado el lugar de trabajo, lo que redundará en la disminución de los tiempos de ejecución de acciones requeridas en la operación. Ver figura 29.

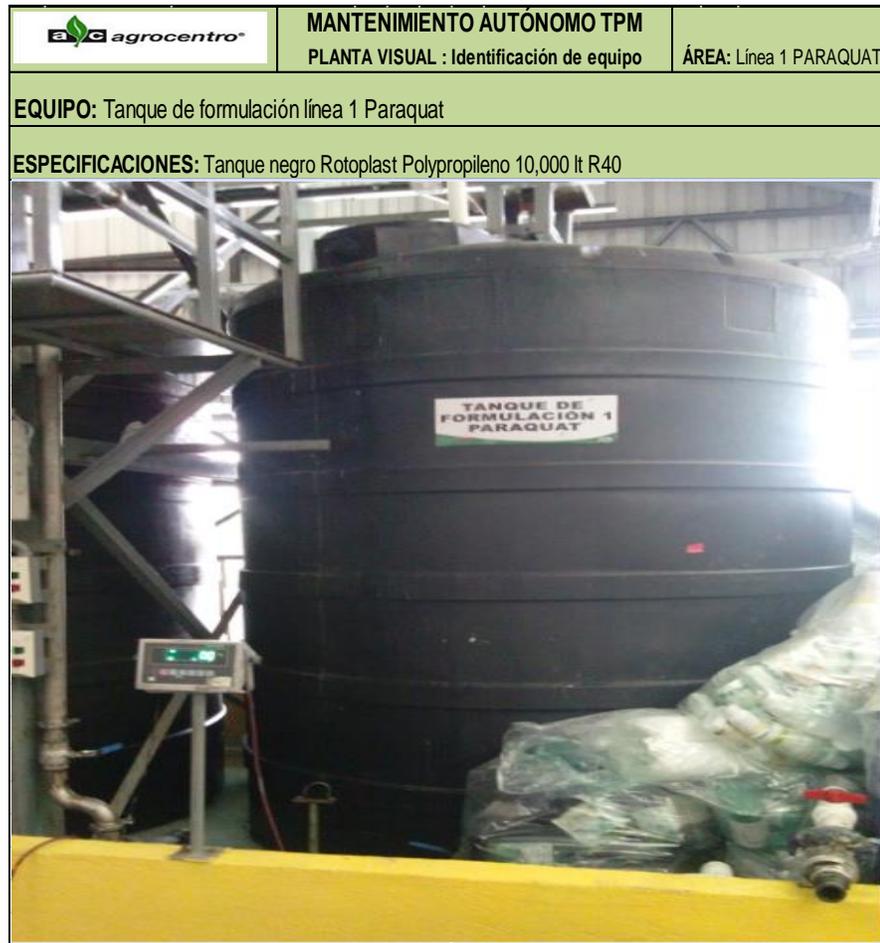
Figura 29. **Señalización del área de la máquina**



Fuente: planta Agrocentro, S. A.

- Identificar cada unidad de equipo con su nombre o código para una identificación inmediata. Ver figura 30.

Figura 30. **Identificación de equipo**



Fuente: planta Agrocentro, S. A.

- Etiquetar las cubiertas de mecanismos, como por ejemplo: tableros de control, bandas transportadoras con sus direcciones de rotación para una mejor mantenibilidad y simplificar el chequeo. Ver figura 31.

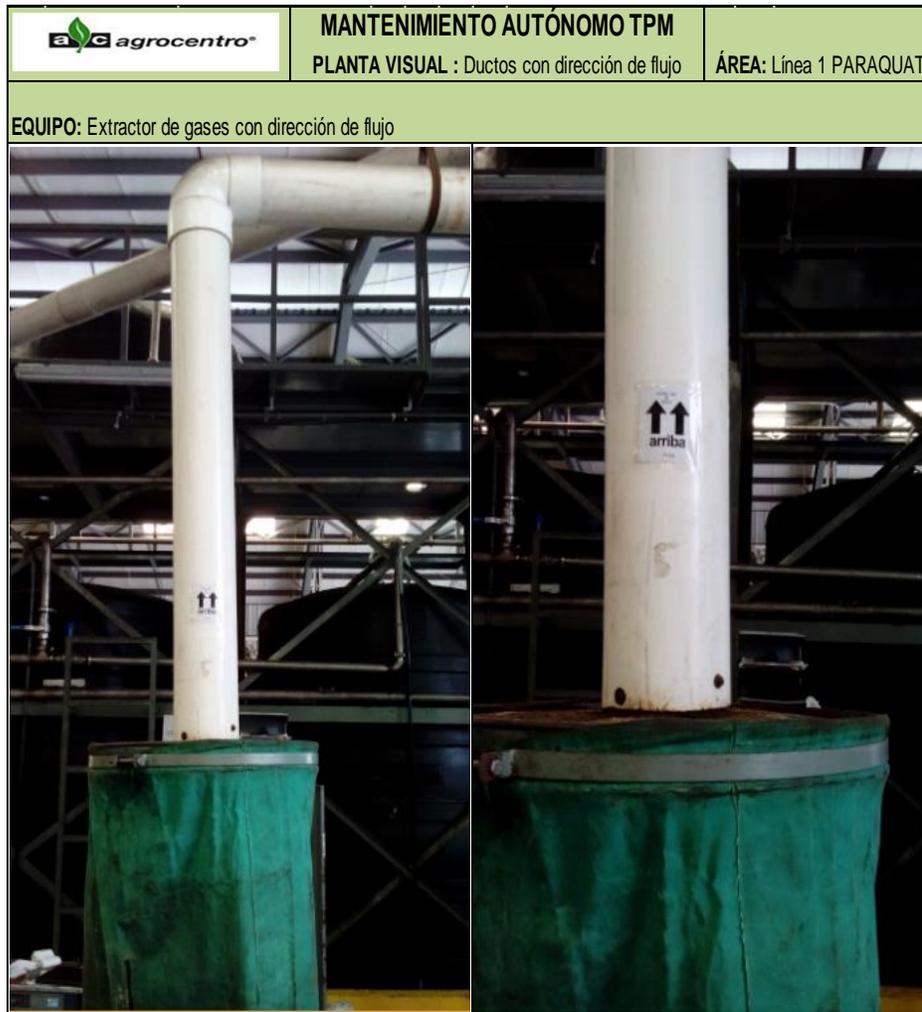
Figura 31. **Etiquetado de cubiertas**



Fuente: planta Agrocentro, S. A.

- Etiquetar los ductos con su dirección de flujo y contenidos para mejorar mantenibilidad y seguridad de los equipos e instalaciones. Ver figura 32.

Figura 32. **Etiquetar ductos con dirección de flujo**



Fuente: planta Agrocentro, S. A.

#### 4.1.1.8. Realizar auditoría

Cada una de las etapas del mantenimiento autónomo deberá de auditarse para determinar si el área en la que se aplica esta lista para continuar con la siguiente. Las auditorías deben admitirse como un paso donde se recoge el conocimiento adquirido para su divulgación a otras áreas dentro de la

organización, y de esta manera servirá como motivación, ya que la dirección de la planta reconoce y certifica que el área piloto ha ganado un escalón en el proceso de implementación del mantenimiento autónomo TPM. Entre las razones más importantes por las cuales hay que realizar estas auditorías se pueden enumerar las siguientes:

- Determinar los objetivos que se deben alcanzar en cada etapa y definir la mejor manera de alcanzarlos.
  - Son útiles en la retroalimentación a cada grupo sobre las fortalezas y debilidades de las actividades a desarrollar.
  - Para determinar si se ha conseguido la total o parcial implementación en cada etapa.
- Implementación

En esta actividad los grupos de trabajo hacen uso de formatos para la autoevaluación de su progreso, en el caso en particular de planta formuladora de agroquímicos Agrocentro, S. A., estas auditorías son realizadas por la Dirección General. Este formato contiene las discrepancias que se han encontrado en la máquina, si el puntaje alcanzado en dicha evaluación es apropiado, el equipo continúa con la siguiente etapa del programa, en caso contrario es necesario realizar los ajustes requeridos. El formato empleado se puede observar en la tabla XXIV.



#### **4.1.2. Eliminar fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso**

La segunda fase de esta metodología implica que el operador descubra las fuentes de suciedad, fugas, eliminación de escapes, excesos de lubricación, derrames y otras fuentes de contaminación que deterioran los equipos y tome las acciones correctivas para prevenir su presencia, intentando de esta manera conservar las condiciones ya alcanzadas y establecidas en la fase anterior.

Esta etapa es importante para el desarrollo de las actividades Kaizen o de mejora continua y son desarrolladas por los propios trabajadores que enfrentan las dificultades en la limpieza o el manejo de los procesos asignados. Los resultados se manifiestan en la mejora del sitio de trabajo, reducción de posibles riesgos y reducción del deterioro acelerado de los equipos debido a la contaminación y los escapes<sup>8</sup>.

##### **4.1.2.1. Reducir focos de contaminación y tiempos de limpieza**

El objetivo primordial de esta etapa es establecer los focos de contaminación y áreas de difícil acceso buscando la manera de eliminarlos tomando las acciones correctivas para prevenir su presencia, intentando de esta manera conservar las condiciones ya alcanzadas y establecidas en la fase previa así como la reducción de los tiempos de limpieza.

- Implementación

---

<sup>8</sup> BENITEZ HERNANDEZ. Luis Eduardo, <http://www.ceroaverias.com/>. Consulta: 20 octubre de 2014.

Los focos de contaminación detectados como agentes contaminantes, fuentes de suciedad, fugas, eliminación de escapes, excesos de lubricación, derrames y otras fuentes de contaminación que deterioran los equipos e instalaciones de planta formuladora de agroquímicos Agrocentro, S. A., son:

- Derrame de aceite: esto genera gastos innecesarios para la planta, ya que habrá que reemplazarlo para que las máquinas mantengan el nivel requerido para su funcionamiento, de lo contrario los sistemas hidráulicos, por ejemplo las bombas por la falta de este lubricante colapsarían. Además habrá que tomar en cuenta que el aceite, cuando se condensa, genera capas sobre la estructura de los equipos y los pisos y si este se combina con otro material puede generar daños mayores, tanto en los equipos como en la seguridad del personal a través de accidentes.
- Fugas de aire en tuberías: este elemento es vital para un buen rendimiento y funcionamiento de las máquinas que requieren sistemas neumáticos, ya que si estas se operan con fugas, se genera una caída de presión forzando de esta manera la máquina, generando en consecuencia el deterioro y fatiga de las piezas.
- Basura en equipos e instalaciones: bolsas, latas y basura orgánica al entrar en contacto con las máquinas y el ambiente en la planta provocan daño directo en el funcionamiento de las máquinas, además de provocar lesiones en el personal a través de accidentes.
- Goteras en el techo: gran parte de las máquinas e instalaciones son de construcción de hierro y acero, constituyéndose el agua

como el enemigo número uno de estos equipos, porque los oxida.

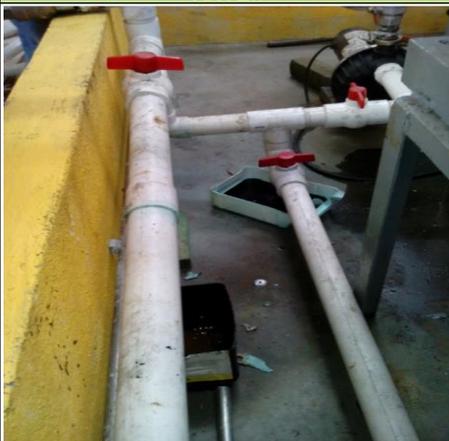
- Derrame de agroquímicos: estos, además de constituirse en un foco de contaminación, que pueden causar corrosión al entrar en contacto con las máquinas y los equipos, producen un efecto adverso si penetran en el cuerpo y las principales vías de absorción son el aparato respiratorio (inhalación), la piel (absorción cutánea) y el aparato digestivo (ingestión).

Una vez identificados los focos de contaminación se plantea la acción de mejora, para lo cual se hace necesario que el equipo de mantenimiento autónomo TPM se reúna para establecer las acciones de mejora y designe la responsabilidad y tiempo de finalización de las mismas, una vez realizado esto se determinan las siguientes acciones correctivas:

- Derrame de aceite: la actividad de campo apretando tuercas y revisando tornillos constituye una buena solución de mejora al problema.
- Fugas de aire en tuberías: el apretar las abrazaderas de los cinchos que sujetan las tuberías de aire es buena parte de la solución al problema.
- Basura en equipos e instalaciones: la implementación de metodología 5 S y dotación de basureros en planta será la solución total al problema generado por la basura en las instalaciones.
- Goteras en el techo: el invertir en una impermeabilización de las naves que componen la planta se constituirá en la solución durante cierto tiempo al problema, para lo cual se hace necesario un análisis del costo/beneficio.

- Derrame de agroquímicos: luego del análisis, a través de la herramienta Ishikawa, se determina que las tuberías de conducción de los tanques de formulación de agroquímicos de la línea 1 de Paraquat deberán ser reemplazados por tuberías de acero inoxidable, esto se registran y aumentan en una tarjeta de mejora. Ver figura 33.

Figura 33. Tarjeta de mejora

		<b>MANTENIMIENTO AUTÓNOMO TPM TARJETA DE MEJORA</b>		<b>EQUIPO:</b> Tuberías
				<b>MÁQUINA:</b> <b>ÁREA:</b> Línea 1 PARAQUAT
<b>DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA</b>				
Las tuberías de PVC no resisten el flujo y trasladado del agroquímico Paraquat ya que por la temperatura que alcanza el material la tubería se deforma y en las uniones se generan fugas constantes.				
<b>SITUACIÓN</b>				
<b>ANTES</b>		<b>DESPUES</b>		
				
<b>ACCIONES CORRECTIVAS</b>		<b>RESPONSABLE</b>	<b>TIEMPO</b>	
Cambio de tuberías de PVC a tubería de acero Inoxidable en medida de 2 "		Ing. Jorge Lopez	1 semana	
<b>COSTO</b>				
<b>MANO DE OBRA</b>		<b>MATERIALES</b>		<b>TOTAL</b>
Q	5 553,24	Q	108 180,49	Q 113 733,73
<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>				
Se eliminaron por completo las fugas de agroquímicos, y las tuberías de acero inoxidable no se deforman				

Fuente: planta Agrocentro, S. A.

#### **4.1.2.2. Reducir los tiempos de chequeo**

En función de los tiempos determinados para la limpieza e inspección, los operarios establecerán aquellos que sean susceptibles de mejora.

- Implementación

Se efectúa una evaluación en la práctica sobre las listas de limpieza e inspección establecidas en la fase uno, una vez realizada esta evaluación se determina que los campos de tiempo, métodos y elementos de inspección se modifican en la medida en que, en la práctica, se desarrollan mejoras que simplifican y minimicen el trabajo manual.

#### **4.1.2.3. Realizar auditoría**

- Implementación

Como se mencionó en la auditoría realizada en la fase uno de la implementación del mantenimiento autónomo TPM, cada una de las fases deberá de auditarse para determinar si el área en la que se aplica esta lista para continuar con la siguiente. Estas auditorías deben admitirse como un paso donde se recoge el conocimiento adquirido para su divulgación a otras áreas dentro de la organización, y de esta manera servirá como motivación, ya que la dirección de la planta reconoce y certifica que el área piloto ha logrado alcanzar el segundo escalón en el proceso de implementación del mantenimiento autónomo TPM.

Se realiza la auditoría de esta fase en planta formuladora de agroquímicos Agrocentro S. A., mediante el formato sugerido. Ver tabla XXV.



### **4.1.3. Preparación de estándares para la inspección y lubricación**

La tercera fase de implementación del mantenimiento autónomo TPM se constituye en un cerrojo de aseguramiento de las etapas uno y dos implementadas anteriormente, con la cual se pretende crear la disciplina o el hábito para el cuidado de los equipos e instalaciones, esto a través de la redacción de estándares de limpieza, engrase, apriete de tuercas y tornillos; indicando la frecuencia de realización, el tiempo requerido, los insumos necesarios y los responsables de la ejecución.

#### **4.1.3.1. Capacitación**

La capacitación tiene como objetivo primordial transmitir a los trabajadores los conocimientos necesarios para que estos sean más aptos y diestros en el desempeño de sus actividades, esto se logra a través del conocimiento de su herramienta, métodos y sistemas de trabajo para sacar de ella el mayor rendimiento, salvaguardando las condiciones de seguridad necesarias, una vez determinados los objetivos de la capacitación, vale la pena determinar en qué niveles de la organización se aplicará.

- Implementación

Para que los operadores de la línea realicen la prevención del desgaste, mantenimiento de mecanismo neumático y la reducción de la fricción en los equipos, se hace necesario el conocimiento básico sobre lubricación. Este módulo provee los fundamentos teóricos prácticos y las herramientas necesarias para la ejecución de un adecuado programa de lubricación a los equipos en planta. El contenido de esta capacitación incluye básicamente:

Conceptos básicos, métodos de lubricación, tipos de lubricantes utilizados, identificación de mecanismos de lubricación, aplicaciones de lubricantes, el manejo y almacenamiento de estos, entre otros.

#### **4.1.3.2. Primera actividad de campo**

La primera actividad de campo que requiere esta etapa es la de lubricación de los equipos, ya que esta es una condición básica muy importante para preservar la fiabilidad de los equipos a través de la prevención del desgaste, mantenimiento del mecanismo neumático y la disminución de la fricción.

- Implementación

Luego que los operarios han adquirido los conocimientos básicos sobre lubricación a través de módulo de capacitación impartido, este se lleva a la práctica identificando de inicio los sitios a lubricar en cada una de las máquinas, elaborando una lista de chequeo de los sitios de lubricación, definiendo el método de lubricación, reemplazando los lubricantes contaminados, reparando todas las entradas de lubricantes dañados, lubricando cada una de las piezas que giren o se deslicen y finalmente verificando los mecanismos de lubricación automática para determinar si funcionan de manera correcta.

#### **4.1.3.3. Segunda actividad de campo**

- Implementación

Una vez identificados los ítems mencionados en la etapa anterior se procede a realizar un análisis de los puntos de difícil acceso para realizar la

lubricación, y en función de estos generar propuestas de mejora de accesibilidad en lubricación a las áreas de difícil acceso. Para esta etapa se emplea el formato de estándar de lubricación en el cual se anotan cada uno de los siguientes campos: puntos clave, puntos de engrase, tipo, cantidad, método, herramienta, tiempo, intervalo y responsable de lubricación. Ver figura 34.

Figura 34. **Estándar de lubricación**

 <b>MANTENIMIENTO AUTÓNOMO TPM</b> <b>ESTANDAR DE LUBRICACIÓN</b>											<b>MÁQUINA:</b> Llenadora <b>ÁREA:</b> Línea 1 PARAQUAT	
DIAGRAMA	No.	PUNTO DE LUBRICACIÓN	TIEMPO (Minutos)	INSUMO DE ENGRASE		MÉTODO	HERRAMIENTA	FRECUENCIA				RESPONSABLE
				TIPO	CANTIDAD			D	S	M	T	
	1											
	2											
	3											
	4											
	5											

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.3.4. **Implementar el control visual de lubricación**

Para lograr con éxito la realización consistente de las tareas de lubricación e inspección, y que a la vez estas sean fáciles de ejecutar correctamente por cualquiera, es necesario el uso de medios de control visuales o planta visual, para ello es necesario desarrollar las siguientes acciones:

- Marcas codificadas de lubricante para tipo de intervalo
  - Esta actividad se desarrolla preparando adhesivos de acuerdo con los estándares definidos.
  - Además adhesivos de color cerca de los puntos de lubricación o sobre las cubiertas.
  
- Identificar los medidores de lubricación
  - Pintar los medidores de nivel de lubricante para su fácil y rápida medición o chequeo.
  
- Implementación

Para mejorar la accesibilidad a las áreas se concientiza al personal operativo de la importancia que tiene y el valor que genera el que aporten las ideas. En la figura 35 se muestra el verificador de nivel en tanques de lubricación de aceite, el cual debe verificar el operador en sus puntos de chequeo y lubricación; es ahí donde entra el mantenimiento autónomo TPM, en conjunto con las propuestas de solución del personal operativo para poder tener un mejor acceso a este tipo de equipos sin que lleve mucho tiempo realizarlo.

Figura 35. **Control visual de lubricación**



Fuente: planta Agrocentro, S. A.

#### 4.1.3.5. **Realizar auditoría**

- Implementación

Para la etapa de auditoría de la fase de preparación de estándares para la inspección y lubricación, se continúa utilizando el formato sugerido en la fase de eliminación de fuentes de contaminación y áreas de difícil acceso, con los resultados obtenidos de la evaluación se observa un avance el cual indicará que se está listo para inicial la siguiente fase.

#### **4.1.4. Inspección general del equipo**

La cuarta fase de implementación del mantenimiento autónomo TPM implica el entrenamiento sobre las destrezas en función de los manuales de inspección establecidos, y de esta manera se irán encontrando y corrigiendo defectos menores e inspecciones generales, modificando el equipo para una fácil inspección.

En las tres fases iniciales se han implementado una serie de actividades orientadas a prevenir el deterioro por medio de una mejora sobre las condiciones básicas en planta. Mientras que en esta fase y en la siguiente lo que se pretende con la ayuda del operador es identificar, de forma prematura, el daño progresivo que puede sufrir el equipo, para lo cual se necesita el conocimiento por parte de este sobre la composición, elementos, partes, sistemas, proceso para intervenir y reconstruir el equipo.

##### **4.1.4.1. Programa de formación**

La metodología de mantenimiento autónomo TPM, como otros sistemas de mejora continua, considera el capital humano como el ente más importante del sistema, y, en consecuencia, este ente se hace merecedor de inversiones continuas. Por lo tanto, esta etapa asegura que todo colaborador de la línea de producción esté capacitado para el automantenimiento de cada estación de trabajo.

- Implementación

Esta fase es la de mayor contenido de formación durante la implementación del mantenimiento autónomo TPM, para lo cual la mayoría de

industrias construyen pequeños laboratorios de entrenamiento para operarios, mientras que en planta formuladora Agrocentro S. A., se ha desarrollado un programa de formación técnico para operarios.

Para que los operadores de la línea realicen el diagnóstico de las anomalías o fallas en las máquinas se hace necesario el conocimiento básico sobre neumática, electricidad, mecánica, principios de elementos de máquinas, física y dinámica de maquinaria, electrónica básica, seguridad en el trabajo, estandarización de operaciones y métodos de inspección. Estas capacitaciones se desarrollan bajo la coordinación de las áreas de producción y mantenimiento, y cuyo contenido se detalla a continuación:

- Neumática: el objetivo primordial es comprender el funcionamiento de los circuitos neumáticos y, como consecuencia, diagnosticar fallas en los circuitos neumáticos. Siendo el contenido de la capacitación el siguiente:
  - Fundamentos básicos de la neumática
  - Seguridad con el equipo neumático
  - Simbología básica neumática
  - Identificación de codos, racores y mangueras neumáticas
  - Unidades de mantenimiento
  
- Electricidad: el objetivo principal es comprender el funcionamiento de los circuitos eléctricos, y sus componentes, para así poder diagnosticar fallas en los circuitos eléctricos. El contenido de la capacitación es el siguiente:
  - Componentes eléctricos básicos.

- Uso de herramientas eléctricas (tester, pinza, destornilladores, alicates).
  - Trabajo seguro con electricidad.
  - Protecciones de máquinas.
  - Sensores el funcionamiento y limpieza.
- Mecánica: el objetivo general de este módulo es adquirir los conocimientos necesarios para realizar un diagnóstico, evaluación y corrección de fallas básicas que se presenten en los distintos equipos en planta. El contenido básico de este módulo de capacitación incluye:
- Metrología mecánica básica.
  - Clasificación y tipos de tuercas, tornillos, pernos y roscas.
  - Empleo adecuado de herramientas manuales (llaves, martillo, entre otros).

En la figura 36 se muestran fotografías de los distintos módulos de capacitación impartidos al personal de planta Agrocentro S. A.

Figura 36. Módulos de capacitación



Fuente: Planta Agrocentro, S. A.

#### 4.1.4.2. Preparar materiales para la formación e inspección

Esta etapa puede incluir desde la elaboración de un manual para formación e inspección general para los líderes de grupo, en el cual se detallan las funciones básicas, la estructura, los componentes, los criterios de funcionamiento, los procedimientos de inspección y acciones a tomar cuando encontremos anomalías o fallas, hasta la preparación de maquetas, gráficos, simuladores, entre otros.

A los operarios de los equipos se les instruye en aspectos comunes de las diferentes máquinas tales como:

- Funcionamiento
  - Posibles fallas
  - Ubicación de partes principales
- 
- Implementación

El manual de entrenamiento para formación e inspección se elabora con la finalidad de que en planta formuladora Agrocentro S. A., se cuente con un documento que muestre cómo se desarrolla y evalúa el entrenamiento, además de cómo se inspeccionan los equipos para una mejor conservación de los mismos.

Es de suma importancia contar con información que oriente la manera de realizar el trabajo, especialmente en las actividades que involucran la mejora de las habilidades del personal de las áreas relacionadas al mantenimiento de los equipos, para que de esta manera cuando estos trabajen conozcan con precisión cuales son los resultados esperados por parte de ellos.

El manual de entrenamiento e inspección es creado con base en una consolidación de información y formatos generados en fases y etapas anteriores, incluye entre su contenido:

- Instructivos de manejo de residuos
- Estándar de limpieza e inspección rutinaria
- Listado de control de fugas
- Jornadas de limpieza

- Lecciones puntuales, entre otros

#### **4.1.4.3. Desarrollo de las primeras inspecciones con tutor**

El propósito fundamental al desarrollar la inspección general es restaurar el deterioro y establecer las condiciones básicas de los equipos, esto a través de una inspección con tutor de cada elemento de la instalación que ya ha pasado a través de las tres anteriores fases del mantenimiento autónomo TPM.

- Implementación

Es en esta etapa en donde el Departamento de Mantenimiento trabaja en la preparación de las plantillas y herramientas básicas para la inspección y de esta manera genera una respuesta rápida a cualquier sugerencia de mejora del trabajo, es decir realizar reparaciones e intervenciones menores con la ayuda y la inspección de un tutor. Enseguida se presenta una fotografía de la etiquetadora línea 1 de Paraquat en la cual se desarrolla una primera inspección con tutor. Ver figura 37.

Figura 37. **Inspección con tutor etiquetadora**



Fuente: planta Agrocentro S. A.

#### 4.1.4.4. **Consolidación después de cada inspección general**

- Implementación

Al finalizar la inspección general de los equipos se debe asegurar el nivel de eficiencia obtenido a través de:

- Revisar los planteamientos de los estándares provisionales de limpieza e inspección preparados en las primeras tres fases del proceso de implementación del mantenimiento autónomo TPM.
- Medir las capacidades individuales de cada operario en relación a la inspección general y facilitar su instrucción adicional.
- Realizar una auditoría de cada ítem de la inspección general para evaluar si se han obtenido resultados tangibles en la fiabilidad de los equipos.
- Generar un lugar de trabajo libre de fallos y anomalías en los equipos.

#### **4.1.4.5. Realizar auditoría**

- Implementación

Para el desarrollo de la auditoría de esta fase se sugiere continuar utilizando los formatos de auditoría desarrollados en las fases iniciales y de esta manera observar como, a través de la implementación progresiva de las fases que componen el mantenimiento autónomo TPM, se logra un avance que nos confirma que se está listo para continuar a la siguiente fase.

#### **4.1.5. Realizar inspección general del proceso**

La fase cinco del proceso de implementación del mantenimiento autónomo conduce a una mejora en los estándares y a la manera de realizar el trabajo autónomo que viene desarrollándose en los pasos anteriores, esto a través de una fiabilidad y seguridad operacional de los equipos por medio de la formación de los operarios, para que estos sean competentes en procesos, operaciones y técnicas de inspección.

#### **4.1.5.1. Operación y manipulación correcta**

Con la correcta operación y manipulación de los equipos se enseña a los operarios a no centrarse únicamente en las funciones y rendimiento de los equipos en forma individual, sino que busca hacer énfasis de los procesos en combinación con los equipos en la transformación de materiales.

- **Implementación**

Las actividades a desarrollar para cumplir con los objetivos propuestos en la etapa de implementación del mantenimiento autónomo en la línea piloto son:

- Evaluar las funciones de los operadores a través del análisis de tareas asignadas, estándares de trabajo, eficiencia con la que se desarrollan cada uno de los trabajos, tiempos utilizados y coherencia.
- Implementar acciones de mejora para los métodos de trabajo, inspección y control en los equipos, ya que estos se encuentran relacionados con los mecanismos de actuación del personal.
- Por medio de la estandarización de los procesos, asegurar una misma unidad de criterio entre los distintos operarios que actúan sobre una misma máquina en los distintos turnos de trabajo.

Otro aspecto que hay que remarcar en esta etapa es que la enseñanza de tipo teórico (capacitaciones) desarrolladas en la fase anterior se deberán complementar con una formación en las estaciones de trabajo sobre el equipo real (adiestramiento), como se ve en la siguiente fotografía en la cual se

muestra la operación y manipulación correcta del proceso de empaque y estibado. Ver figura 38.

Figura 38. **Operación y manipulación correcta proceso de empaque y estibado**



Fuente: planta Agrocentro S. A.

#### 4.1.5.2. Ajustes y montajes correctos

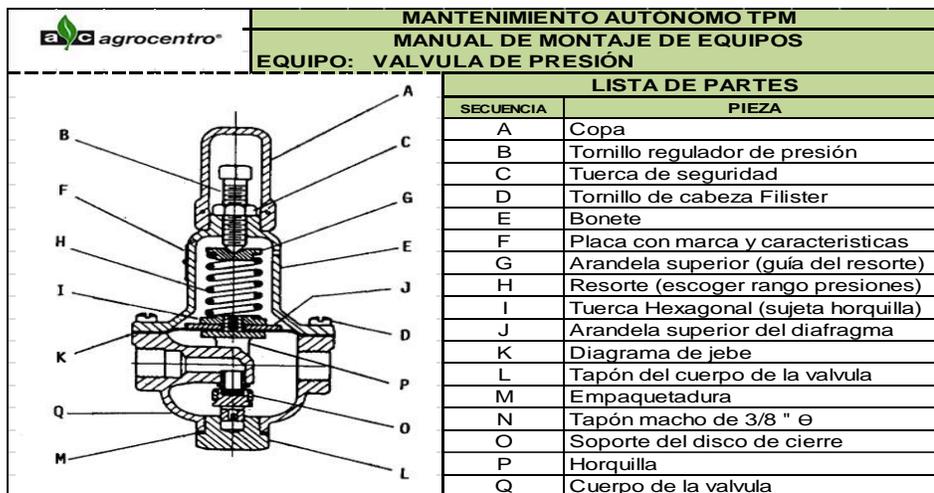
En esta etapa se desarrolla el manual de montajes, el cual se utilizará como procedimiento de trabajo, para ayudar al personal en las actividades de mantenimiento.

- Implementación

Se elabora el manual teniendo en cuenta los catálogos de los equipos suministrados por el fabricante y la experiencia de los técnicos en

mantenimiento. Se muestra el procedimiento de montaje para una válvula de presión contenida en el manual de montajes de maquinaria. Ver figura 39.

Figura 39. **Montaje de máquinas y equipos**



Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.5.3. **Actividad de campo planta visual**

- **Implementación**

Uno de los mecanismos para facilitar el trabajo a los operarios en las actividades de mantenimiento autónomo TPM es a través del empleo de controles visuales. En la línea piloto de planta se desarrollan una serie de actividades para implementación de esta etapa, como por ejemplo:

- La identificación de los puntos de lubricación del equipo por medio de colores y así evitar la aplicación de otro tipo de lubricante al requerido.

- Los sentidos de giro de los motores, brazos de máquina, válvulas, sentido de flujo de tuberías entre otros se identifican mediante colores de fácil visualización, esto con el objetivo primordial de evitar deficientes ajustes y montajes.
- Impresión de mantas vinílicas de los estándares de trabajo, aseo y lubricación ubicados cerca de los sitios de trabajo para facilitar su lectura y utilización.

#### **4.1.5.4. Manejo correcto de anomalías**

Luego de identificar una anomalía o falla se procede a identificar la causa y el manejo correcto de la anomalía a través de una solución, para esto se hace necesario entrenar a todo el personal de mantenimiento y producción sobre técnicas de resolución de problemas (Ishikawa, Pareto, entre otros), logrando. A través de esto, un mantenimiento proactivo que se constituye en el principio de la filosofía del mantenimiento autónomo TPM.

- Implementación

Una vez que se ha identificado la anomalía o falla, esta se procesa de acuerdo a la codificación de fallas en máquinas y equipos establecidos registrando estas en una tabla dinámica en Microsoft Excel en el sistema de administración de mantenimiento autónomo TPM, este ira proporcionando, a través del tiempo, un historial del manejo correcto de anomalías y fallos. Ver figura 40.

Figura 40. Manejo de anomalías

agrocentro		MANTENIMIENTO AUTÓNOMO TPM SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE FALLAS	
No	CODIGO	DESCRIPCIÓN DE ANOMALÍA O FALLA	
Total 1	1 ARLK	Fuga de aire	
Total 2	2 ALRM	Problema con indicador de alarma	
Total 3	3 BRNG	Problema de rodamiento	
Total 4	4 CALB	Calibración de maquinaria	
Total 5	5 DIRT	Sucio o cuerpo extraño	
Total 6	6 ADJS	Equipo requiere ajuste	
Total 7	7 CUTO	Equipo fuera de servicio	
Total 8	8 XLUB	Exceso de lubricación	
Total 9	9 NOIS	Ruido excesivo	
Total 10	10 VIBR	Vibración ( clasificación A,B y C)	
Total 11	11 FLUB	Falta lubricación	
Total 12	12 ALIN	Desalineación	
(en blanco)	(en blanco)	(en blanco)	
<b>Total general</b>			

Fuente: elaboración propia.

#### 4.1.5.5. Preparar materiales de enseñanza en inspección general del proceso

Esta etapa incluye la elaboración de manuales para formación e inspección general, en el cual se detallan las operaciones del proceso, los ajustes y montajes, problemas especiales y la inspección periódica de los equipos.

- Implementación

Mientras el área de Mantenimiento ayuda a desarrollar operarios competentes en procesos durante la etapa de manejo correcto de

anormalidades, la Gerencia y jefaturas de Producción de planta formuladora Agrocentro S. A., cooperan entre si preparando materiales de enseñanza aprendizaje e inspección general de procesos a través de un programa de formación.

Los materiales a preparar son específicamente:

- Manual de operación del proceso
- Manual de ajustes y montajes correctos
- Documentos de problemas especiales
- Manual de inspección periódica
- Documentos de lecciones de ingeniería química básica, entre otros.

#### **4.1.5.6. Realizar auditoría**

- Implementación

Las auditorías son el principal instrumento de gestión para obtener una transformación de la cultura en planta, por tal motivo el término auditoría no debe considerarse como vigilancia, sino como un proceso de reflexión que genere el compromiso. Para la fase de inspección general de proceso se sugiere la utilización del siguiente formato de auditoria. Ver tabla XXVI.



Por lo tanto, esta fase implica incluir mantenimiento de la calidad y ampliarse más allá de los equipos a otros aspectos del entorno del trabajo eliminando todo elemento innecesario que entorpezca las áreas de trabajo.

#### **4.1.6.1. Incluir mantenimiento de calidad**

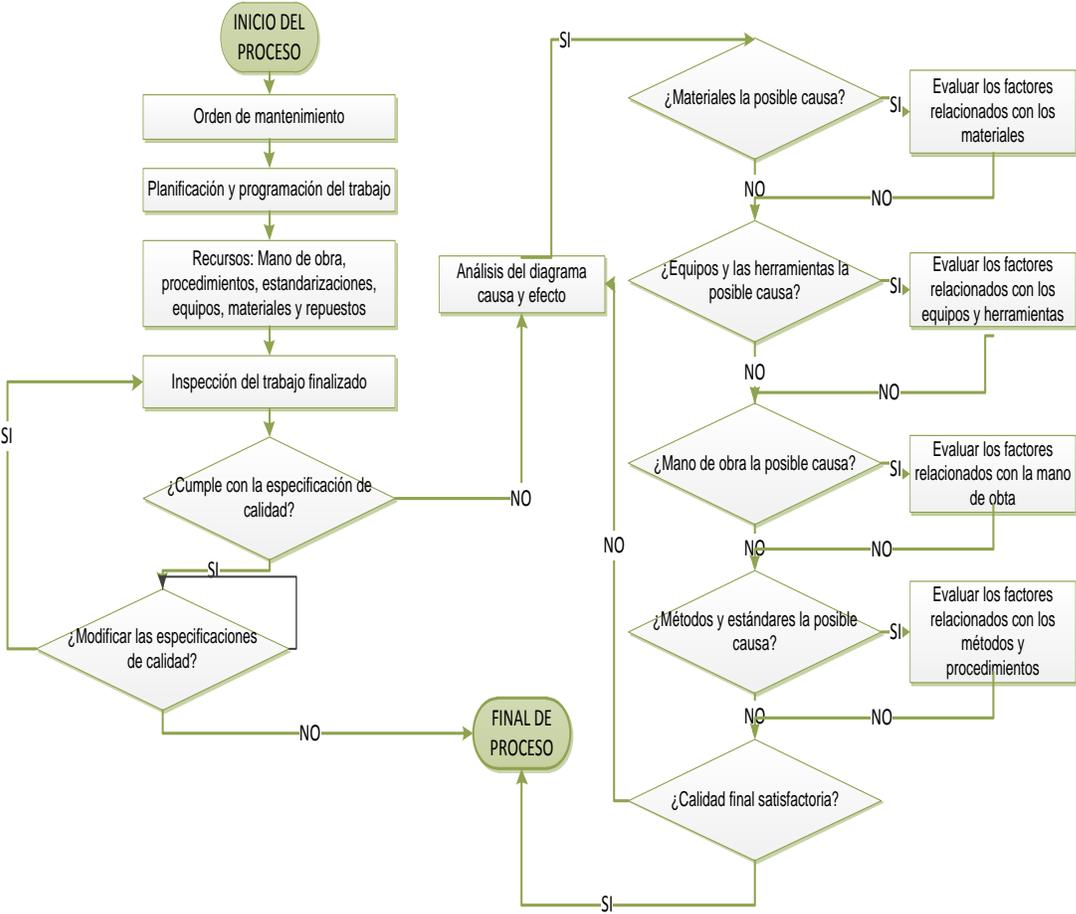
El mantenimiento tiene un enlace directo con la calidad de lo que se fabrica, por lo tanto el equipo con un buen mantenimiento produce menos desperdicios que el equipo con mantenimiento deficiente.

El esfuerzo conjunto y la dedicación del personal de control de calidad y mantenimiento son vitales para garantizar un mantenimiento de alta calidad y una alta confiabilidad en el equipo.

- Implementación

Un sistema adecuado de control de calidad del mantenimiento es vital para el aseguramiento de reparaciones de alta calidad, estándares precisos, disponibilidad, extensión del ciclo de vida y tasas eficientes de producción en los equipos. En el diagrama se muestran los pasos para un mejor control de la calidad del mantenimiento en planta formuladora Agrocentro S. A., ver figura 41.

Figura 41. Pasos para control y mejora de la calidad del mantenimiento



Fuente: elaboración propia.

**4.1.6.2. Crear un sistema de control y rectificación de anomalías que afectan la calidad**

Entre las herramientas existentes para el control estadístico de procesos en el mantenimiento se puede mencionar: lista de verificación, histograma, diagrama de causa efecto, diagrama de Pareto, gráfica de control, gráfica de dispersión y el análisis de modo y efecto de fallas.

- Implementación

En esta etapa se desarrolla un sistema de control de anomalías que afectan la calidad a través de una tabla dinámica en Microsoft Excel en el sistema de mantenimiento autónomo TPM, de esto se lleva un registro el cual se va alimentando con la información obtenida de los chequeos y así poder contar con un historial que nos ayudará, de cierta manera, en la eliminación de las anomalías que afectan la calidad.

#### **4.1.6.3. Actividad de campo**

- Implementación

En esta etapa se desarrolla una actividad de campo, a través de la cual los operarios inspeccionan cada una de las máquinas que componen la línea piloto con el propósito de descubrir las fuentes de los defectos de calidad, empleando el sistema de control y rectificación de anomalías que afectan la calidad desarrollado en la etapa anterior.

#### **4.1.6.4. Realizar auditoría**

- Implementación

Por constituirse en la penúltima fase se hace entrega, por parte de la dirección general de planta formuladora Agrocentro S. A., de una certificación, a través de la cual se reconoce que el equipo ha cumplido con los requisitos para continuar su trabajo en un paso superior del mantenimiento autónomo.

#### **4.1.7. Control autónomo total**

Una vez implementado el mantenimiento autónomo TPM en la línea piloto con las mejoras en el funcionamiento operativo, se debe evitar caer en un acomodo significativo. Esto se logra a través del empleo de un proceso de comunicación que permita comunicar nuevos retos anuales de mejora a los niveles operativos y que este sirva para establecer objetivos retadores, y orientados a generar nuevas capacidades competitivas de mejora continua en la planta.

- Implementación

Para planta formuladora de agroquímicos Agrocentro S. A., esta etapa se constituye en un verdadero laboratorio de aprendizaje, el cual se utilizará como base para la implementación del mantenimiento autónomo TPM a los demás equipos y áreas de planta, así como la implementación de los restantes pilares de la metodología TPM.

## **5. SEGUIMIENTO O MEJORA CONTINUA**

### **5.1. Seguimiento**

Para el seguimiento al proyecto se sugiere el análisis y recopilación sistemática de información a través de reportes, por medio de los cuales se podrán determinar los resultados y avances obtenidos en un lapso de tiempo estipulado contribuyendo de esta manera a que se siga la línea de trabajo en base a lo planificado.

#### **5.1.1. Establecimiento de controles**

El control representa una fase fundamental en la administración de cualquier actividad, puesto que, aunque una organización cuente con buenos planes, una estructura adecuada y una dirección eficiente, no se podrá verificar la situación real de la organización de no existir un sistema que se cerciore e informe, si los hechos van de acuerdo con los objetivos planteados al inicio del proyecto.

El establecimiento de controles permitirá el aseguramiento de que todos los recursos estén siendo utilizados de la manera más efectiva posible en función del logro de los objetivos planteados en el proyecto, por parte de la dirección general, ya que controlar implica medir y corregir las actividades que se realizan en el desarrollo de un proyecto. La base del control es la retroalimentación, la cual se interpreta como información confiable y oportuna que permite tomar decisiones.

Resulta un reto diseñar un sistema de control que ofrezca retroinformación en forma económica y oportuna, por lo tanto el diseño de estos controles debe de basarse en características mínimas tales como:

- Integral: ya que este cubre todos los aspectos de las actividades del proyecto.
- Periódico: a través de una secuencia predeterminada, en este proyecto se presentarán cada mes, para mostrar los resultados de cada área, cabe mencionar que la alimentación al sistema se hará diariamente.
- Selectivo: ya que debe centrarse en elementos relevantes y clave para una mejor gestión.
- Creativo: a través de la búsqueda continua de indicadores significativos.
- Eficiente: Por medio de este se pretende el aseguramiento que los recursos estén siendo empleados de manera eficiente en cada una de las líneas.
- Adecuado: de acuerdo a la función a controlar.
- Adaptado: de acuerdo a la organización y las personas que conformar el equipo de trabajo.
- Motivador: para una facilidad en el logro de los objetivos del proyecto.
- Flexible: ya que un sistema de control debe ser sujeto a modificaciones a través del tiempo, a través de una gestión de mejora continua.

Para mejorar algo se debe contar de inicio con un punto de partida, además determinar cómo se va a medir el progreso y para finalizar se debe establecer una meta con respecto a esas métricas.

#### **5.1.1.1. Producción**

Este reporte muestra las cantidades producidas durante cada una de las jornadas de trabajo en cada línea de producción, la cantidad de cambios realizados y los paros incurridos en cada una de las máquinas o equipos con su respectivo tiempo y causa. El objetivo primordial del control en esta área es buscar un incremento de la eficiencia, la reducción de costos y la uniformidad y mejora de la calidad del producto.

#### **5.1.1.2. Calidad**

A través de este informe se muestran las cantidades de desperdicio generados por cada línea de producción, en cada una de las fases del proceso, las causas que lo generan, los reprocesos y el rechazo reportado por el área de Control de Calidad.

#### **5.1.1.3. Eficiencia**

Este reporte consolida los resultados obtenidos de cada operador por línea de trabajo, mostrando el grado en que se están aprovechando los recursos sirviendo este como base para otorgar incentivos salariales a los operarios y para la generación de la medición de índices de eficiencia.

#### **5.1.1.4. Revisión de tiempos estándar**

Anualmente se debe realizar una medición de tiempos de trabajo ya que se hace necesario hacer los ajustes de tiempo a raíz de, por ejemplo cambios en la tecnología como parte de la mejora continua de los procesos de producción en planta formuladora.

### **5.1.1.5. Revisión de procedimientos**

De igual forma se debe realizar un estudio de métodos y procedimientos de trabajo con el propósito de actualizar los cambios efectuados durante ese lapso de tiempo a raíz de la adquisición de nuevos equipos y mejoras en el proceso productivo.

### **5.1.2. Definición de indicadores**

Reza una frase popular: “Lo que no se mide, no se controla”; por lo tanto es importante tener información basada en mediciones de sus procesos a través de generar datos históricos y luego estableciendo mediciones que permitan evaluar las producciones estándares versus producciones reales.

Cuando las personas no ven cómo puede ayudar el mantenimiento autónomo TPM a la planta, su implantación pierde fuerza y orientación, en tanto se vuelve esencial monitorear permanentemente su eficacia para mantener los esfuerzos según lo planificado. Resulta determinante definir un sistema adecuado de indicadores en el proceso de producción, para que este se lleve a cabo con eficiencia y eficacia, los tipos de indicadores de eficacia del mantenimiento autónomo TPM pueden clasificarse en siete tipos:

- Gestión
- Eficacia de la planta
- Calidad y ahorro de energía
- Mantenimiento
- Salud seguridad y entorno
- Indicadores de formación
- Clima laboral

Enseguida se detallan los indicadores de desempeño –KPI- que se midieron en planta en el mes de mayo del presente año, junto con los métodos de cálculo y el objetivo general que se pretende a través de esta métrica:

- Tiempo utilizado (disponibilidad)

Este indicador fue abordado ya en el numeral 2.5.3 (ver página 34). A través de este se muestra la relación entre el tiempo real utilizado y el tiempo total disponible. La forma de cálculo es:

$$\text{Tiempo real utilizado} = \frac{\text{Tiempo real utilizado}}{\text{Tiempo total disponible}} \times 100$$

$$\text{Indice de tiempo utilizado} = \frac{5\,244,8 \text{ horas}}{5\,712 \text{ horas}} \times 100$$

$$\text{Indice de tiempo utilizado} = 91,82 \%$$

- Rendimiento por hora

Este indicador fue abordado ya en el numeral 2.5.5 (ver página 35). Muestra la relación entre las unidades producidas y el tiempo real utilizado.

$$\text{Tiempo hora por operario} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo real utilizado}}$$

$$\text{Rendimiento hora por operario} = \frac{1\,122\,122 \text{ l}}{5\,244,80 \text{ hora}}$$

$$\text{Rendimiento hora por operario} = 213,94 \text{ L/hora}$$

- Eficiencia

Este indicador fue abordado ya en el numeral 2.5.6 (ver página 36). Representa el nivel de eficiencia del proceso o cumplimiento de la capacidad real de unidades producidas respecto a la cantidad esperada o programada de unidades a producir.

La forma de cálculo es:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Capacidad real}}{\text{Capacidad programada}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{1\ 122\ 122\ L}{1\ 313\ 188\ L} \times 100$$

$$\text{Eficiencia} = 85,45 \%$$

- Tasa de calidad (% TC)

Este indicador representa el grado de efectividad que tiene un equipo en relación al factor tiempo, para lograr los estándares de calidad establecidos del producto que se fabrica. Forma de cálculo:

$$\% TC = \frac{\text{Unidades de producción (actual - defectuosas)}}{\text{Unidades de producción actual}} \times 100$$

$$\% TC = \frac{(1\ 122\ 122 - 23\ 648)}{1\ 122\ 122} \times 100$$

$$\% TC = 97,89 \%$$

- Efectividad global del equipo (OEE)

Muestra el porcentaje de efectividad de una máquina o línea de producción con respecto a su máquina ideal equivalente, la diferencia la constituyen las pérdidas de tiempo, de velocidad y de calidad. El indicador refleja el cociente entre lo que realmente se está fabricando y lo que en teoría se debería fabricar. La forma de cálculo es:

$$\% OEE = \text{disponibilidad} \times \text{eficiencia} \times \text{tasa de calidad} \times 100$$

$$\% OEE = (91,82 \times 85,45 \times 97,89) \% \times 100$$

$$\% TC = 76,80 \%$$

- Tiempo medio entre fallas (TMEF)

Indica el intervalo de tiempo medio probable entre un arranque y la aparición de un fallo o anomalía; mientras mayor sea su valor, mayor es el grado de confiabilidad del equipo. Es decir, es el tiempo medio transcurrido hasta la llegada del evento “fallo”.<sup>9</sup> La forma de cálculo es:

$$TMEF = \frac{\text{Horas programadas para producir} - \text{tiempo perdido} \times \text{fallos}}{\# \text{ de paros por fallos}}$$

$$TMEF = 40,04 \text{ h}$$

---

<sup>9</sup> AMENDOLA, Luis. *Indicadores de confiabilidad propulsores en la gestión del mantenimiento*. Universidad Politécnica. 2003. p. 14.

- Gastos de mantenimiento (GMnto)

Este indicador mide el valor de gastos de mantenimiento en relación a los litros producidos en las distintas líneas de producción. Forma de cálculo:

$$GMnto = \frac{\text{Gastos de mantenimiento } Q}{L \text{ producidos}}$$

$$GMnto = Q \text{ } 0,60 L$$

La información necesaria para el cálculo de estos índices es registrada por el supervisor de línea en el informe de producción diariamente, el asistente de producción será el responsable de la verificación de los datos en cada una de las líneas o puestos de trabajo y el jefe de Mantenimiento y producción serán los responsables del monitoreo y análisis de los indicadores.

## **5.2. Mejora continua**

La mejora continua es aplicada a la planta debido en gran parte a la necesidad constante de minimizar costos de producción, mejorar sus procesos de producción a través de la reducción de períodos improductivos obteniendo la misma o una mejor calidad del producto, porque los recursos económicos son limitados y en un mundo mayormente competitivo a nivel de costos, es necesario para una empresa agroindustrial contar con un sistema que permita mejorar y optimar sus recursos continuamente.

El éxito en la creación de esta cultura de mejora continua exige un liderazgo firme que apoye la gestión, la asignación de recursos suficientes y la participación en el proyecto de cada uno de los integrantes de la organización.

### **5.2.1. Evaluación del desempeño**

En gran medida, el éxito de una empresa depende de que todos sus colaboradores realicen sus actividades de acuerdo con las demandas del mercado, lo que implica la evaluación de todas aquellas características que influyen en el desempeño o ejecución del trabajo es decir medir los resultados obtenidos y comparar con los esperados.

Por lo tanto, la organización debe de construir un sistema de evaluación del desempeño que permita evaluar si el personal está desempeñándose de manera eficiente o si, por el contrario, se está teniendo dificultades que requieren acciones de mejora, dicha evaluación del desempeño del personal se llevará a cabo por medio de un proceso técnico, el cual evaluará diversos factores como: reducción de costos, costo variable de producción, costo fijo de producción, productividad, reclamos de calidad, etc.

La evaluación del mantenimiento autónomo TPM consistirá en verificar si la planta ha logrado o no los objetivos establecidos al introducir esta metodología, así como los beneficios esperados por parte de la Dirección General.

### **5.2.2. Conformación de equipos de mejora continua**

La conformación de los equipos de mejora continua tienen como propósito proponer y estructurar proyectos para mejorar las condiciones de trabajo, reducir costos y optimizar recursos; estos equipos deberán conformarse con individuos u operadores que se encuentren relacionados de manera directa con las áreas de trabajo que serán objeto de análisis, participando de manera voluntaria en ellos.

### **5.2.3. Propuestas de mejoras en el proceso**

Es de vital importancia la búsqueda constante de nuevos métodos, técnicas y procedimientos de trabajo para mejorar la situación de la planta e incrementar la capacidad de producción, calidad de los productos, aprovechamiento de los recursos y competitividad de la empresa, así como de la reducción de los periodos improductivos, lo cual mejora los procesos de producción.

Para ello se hace necesario la revisión y análisis constante del proceso de producción, áreas de trabajo, la organización, los controles del proceso a través de la elaboración de un diagnóstico y luego la planificación de acciones que contribuyan a la mejora.

### **5.2.4. Evaluación de resultados**

Consiste en la medición de los resultados reales obtenidos en comparación con los esperados o planeados, para así poder determinar el cumplimiento de los objetivos propuestos, dicha evaluación de resultados debe realizarse con base en la información obtenida a través de los reportes donde se reflejan datos sobre cada una de las áreas y líneas de producción, pudiendo evaluar, además, el desempeño de cada uno de los operadores que intervienen en el proceso.

Para la evaluación de resultados se hará uso de la herramienta de entrevistas con el personal para conocer su opinión sobre los cambios efectuados.

## **6. IMPACTOS AMBIENTALES**

### **6.1. Evaluación de riesgos ambientales**

En la evaluación de riesgos ambientales se diagnostican los impactos ambientales que se generan a consecuencia del proceso productivo que se desarrolla en la planta formuladora.

#### **6.1.1. Impactos**

Impacto ambiental, término que define el efecto que produce determinada acción humana sobre el medio ambiente. Los efectos pueden ser positivos o negativos y se pueden clasificar en: efectos sociales, efectos económicos, efectos tecnológico-culturales y efectos ecológicos.

La evaluación de los impactos ambientales derivados de la manipulación, formulación y almacenamiento de productos químicos es fundamental para la planta, ya que estos se constituyen en agentes contaminantes para el medio ambiente, por lo tanto estos deben ser medidos y controlados a través de acciones operativas.

Para la evaluación de los impactos ambientales se diseña una matriz con el objetivo de diagnosticar, analizar y evaluar los impactos que se generan en planta y de esta manera implementar medidas correctivas que disminuyan o eliminen la magnitud del impacto ambiental generado. Dicha matriz está estructurada con la definición de las áreas a evaluar, la identificación de las

actividades, la determinación y evaluación del impacto ambiental que esto genera y la propuesta de medidas correctivas para mitigar el impacto.

### **6.1.2. Riesgos potenciales**

Debido al riesgo potencial generado a través de la manipulación de productos agroquímicos, los cuales son perjudiciales para la seguridad y salud ocupacional del trabajador, se procede a identificar los riesgos a que están expuestos los trabajadores en planta formuladora de agroquímicos, ya que, a través de esta identificación y análisis, se tiene una buena base para la toma de decisiones sobre la manera de controlar y manejar el riesgo, disminuyendo de esta manera la probabilidad de ocurrencia de incidentes y accidentes de trabajo, así como la aparición de enfermedades profesionales.

Para la evaluación de los riesgos potenciales se diseña una matriz con el objetivo de diagnosticar, analizar y evaluar el riesgo que se genera en planta y de esta manera implementar medidas correctivas que disminuyan o eliminen la magnitud del riesgo. Dicha matriz está estructurada con los procesos desarrollados en el área, el tipo de peligro y riesgo asociado, tiempo de exposición, actividades y la condición que genera el riesgo y las acciones y medidas que controlarán o mitigarán los riesgos identificados.

## **6.2. Manejo de desechos**

- Envases plásticos

Los envases plásticos generados en el proceso productivo o de formulación, luego de hacerles el triple lavado para eliminar restos de los productos transportados se trasladan directamente a los centros de acopio de la

Asociación del Gremio Químico Agrícola (Agreguima), para su reciclaje dentro del Programa Campos Limpios. Los mismos se trasladan al centro de acopio ubicado en el municipio de Masagua, departamento de Escuintla.

- Desechos contaminados generales

El resto de desechos contaminados, en definición, corresponden a todos aquellos materiales que contienen restos de productos (plaguicidas o productos químicos como reactivos, solventes, sales inorgánicas, entre otros), los cuales proceden de la bodega, líneas de producción, formulación o del laboratorio de control de calidad y que pueden ser materiales sólidos (material de empaque, cartón, toallas de papel, productos sólidos en mal estado, entre otros) o líquidos (reactivos de laboratorio/productos en mal estado, contaminados o aguas de lavado que no se pueden reciclar). Los desechos contaminados generales se captan en recipientes plásticos (barriles de 200 Lt. de capacidad) identificados en cada área y se trasladan internamente por personal capacitado con equipo de protección personal apropiado en bolsas plásticas debidamente cerradas para evitar dispersión de material por medio de partículas o derrame de residuos líquidos, hacia la bodega temporal de almacenamiento de donde son retirados de la planta por el personal y transporte propiedad de la empresa especializada seleccionada para esta actividad. Los desechos son trasladados a la planta de destrucción y disposición final.

El manejo interno dentro de la planta será responsabilidad del gerente de Planta, gerente de Control de Calidad, jefes de área y personal operativo de planta, con el objetivo de darle cumplimiento obligatorio en el manejo adecuado y seguro de todos los desechos contaminados generados tanto para el personal ejecutor como para el medio ambiente.

- Manejo de desechos especiales

Dentro de los desechos contaminados generales se tienen: reactivos en mal estados o vencidos, así como cualquier resto de productos que puedan considerarse como riesgosos para el manejo, para este fin estos se consideran de riesgo especial y se colocan en la bodega temporal de desechos contaminados, los mismos se identifican con nombre y pesos y se envían a destrucción/disposición final a través de una empresa especializada. La actividad de identificación es realizada por el personal de laboratorio de control de calidad, los riesgos e información relacionada del producto o materia prima se trasladan a la empresa que realiza la disposición final previo a realizar el envío. El objetivo es no almacenar productos clasificados de riesgos especiales en la bodega temporal de desechos contaminados por no más de una semana. Estos desechos pueden provenir del área de bodega o del laboratorio de control de calidad; para la estandarización de la información, el laboratorio de control de calidad realiza la identificación correspondiente.

- Manejo de desechos contaminados en la bodega de producto terminado

Dentro de la nave de bodega de producto terminado se tiene identificada un área específica destinada a la colocación de producto no conforme, en la cual se disponen productos con material de empaque dañado, derramado, vencido o deteriorado. El tratamiento del producto no conforme será permanente, de tal manera que estará permaneciendo en el área poco tiempo, pero durante el tiempo que el mismo permanezca se realizará:

- Separación e identificación en área específica: producto no conforme proviene de bodegas de la empresa o clientes, al llegar el producto el personal de bodega lo coloca en el área

destinada para este tipo de producto, se identifica de acuerdo a la naturaleza y cantidad de producto.

- Tratamiento de cada producto: el tratamiento se realiza por personal capacitado, el mismo cuenta con el equipo de protección personal necesario para realizar las actividades de reempaque o segregación final (si no cumple con especificaciones comerciales validas por el laboratorio de control de calidad), el responsable de darle seguimiento y cumplimiento a la actividad planteada es el jefe de bodega con ayuda del personal del área de Producción.
- Evaluación de materiales de empaque contaminado o producto que no cumple características de venta: al finalizar la labor diaria de tratamiento realizado al producto no conforme, todo el material contaminado generado se traslada como desecho contaminado a la bodega temporal destinada para este tipo de desechos de donde se traslada para su disposición final por medio de una empresa especializada.

#### **6.2.1. Plan de manejo y disposición final de los desechos**

El plan de manejo y disposición final de los desechos tiene como objetivo clasificar, almacenar, reutilizar y disponer de los desechos generados en el proceso de formulación de agroquímicos.

De inicio se debe hacer una clasificación de los desechos de acuerdo a las características, toxicidad, frecuencia de generación, cantidad y con base en ello, determinar el tratamiento previo que deben recibir.

### 6.2.1.1. Almacenamiento de químicos

En general, un almacenamiento de agroquímicos debe generarse bajo ciertas condiciones de seguridad, se debe garantizar el emplazamiento adecuado para facilitar el acceso en el momento de la entrega del producto, de su manejo y traslado por medio de los vehículos que lo distribuirán a los centros de distribución y posteriormente a la explotación agrícola en el campo. La bodega de producto terminado corresponde al lugar en donde se almacenan los agroquímicos, esta tiene destinada una nave específica para el resguardo de los productos que se fabrican en planta formuladora, esto debido a posibles riesgos de contaminación debido a fugas y derrames. Ver figura 42.

Figura 42. Almacenamiento de agroquímicos



Fuente: planta Agrocentro, S. A.

La planta formuladora de agroquímicos no debe estar situada en:

- Áreas propicias a inundaciones o con probabilidad de contaminar las fuentes subterráneas de agua (pozos).
- Zonas de captación de aguas arriba para el abastecimiento de agua.

Además se debe también asegurar que el edificio utilizado para la fabricación y el almacenamiento de productos agroquímicos cumplan con los siguientes requerimientos:

- Construcción: sólida, resistente a los incendios, temperaturas extremas y acción química, e impenetrable a los líquidos. El piso debe estar diseñado para contener derrames o fugas y debe tener una superficie antideslizante que pueda limpiarse con facilidad. Los muros deben ser resistentes al fuego, por lo menos durante 30 minutos, impermeables al agua, fácilmente lavables y que no retenga polvo.
- Rutas de evacuación: disponer de entradas y salidas adecuadas con puertas resistentes al fuego, el tamaño de las puertas debe ser el adecuado para facilitar el traslado seguro de los materiales.
- Sistema de drenaje: para detener derrames y fugas resulta necesario un sistema de drenaje interno conectado con una cisterna con capacidad para contener todos los productos agroquímicos almacenados. El agua producida por el triple lavado de recipientes utilizados en el área de formulación o producción, se conduce hacia los tanques de formulación de

los mismos ingredientes activos con la utilización de 3 sistemas independientes de recirculación o cisternas.

- Ambiente: se mantenga seco y sea resistente a temperaturas extremas, con temperaturas muy elevadas o muy bajas la mayor parte de los productos agroquímicos se deterioran y pueden incluso dañar los recipientes en los que se almacenan.
- Iluminación: disponer de iluminación natural o artificial suficiente, proporcionada por unas ventanas adecuadamente grandes o por iluminación artificial, las ventanas no deben permitir que la luz del sol dé directamente sobre los productos agroquímicos, porque los rayos ultravioleta pueden causar deterioro de los recipientes y del contenido.
- Vapores: debe estar adecuadamente ventilado para extraer el aire contaminado, cuando no se puede proporcionar una ventilación natural suficiente, se ha de instalar un sistema de extracción de vapores de formulación de concentrados solubles. Se tiene instalado un sistema de extracción y absorción de los vapores para que estos puedan liberarse en el proceso de premezcla y cargas de materiales técnicos al tanque de formulación, esto incrementa la seguridad del área de trabajo. Este constará de una campana de extracción, donde los vapores se conducen por medio de una tubería a los filtros de carbón, donde el aire es depurado y liberado al ambiente.
- Organización: para que los productos agroquímicos suministrados se puedan almacenar con rapidez y color y aplicar de una manera segura y ordenada con etiquetas claramente visibles. Sean cuales sean las disposiciones de almacenamiento en bodega, se debe procurar evitar que los

estantes o las tarimas estén sobrecargados de pesos y que los recipientes estén sometidos a presión en la parte inferior de la tarima.

#### **6.2.1.2. Almacenamiento de insumos**

- Almacenamiento de combustibles

Durante la fase de operación se hace uso constante de montacargas para el movimiento y traslado de los diferentes productos y materias primas, tanto en actividades de carga, descarga y traslado interno. Para ello se cuenta con un área independiente para la recarga de combustible la cual se describe a continuación:

- Diseño: el área de almacenamiento está diseñada con pared sólida de *block* perimetral de un metro de altura, arriba del *block* cuenta con malla metálica perimetral para el resguardo y maximización de ventilación natural del área, el techo para protección contra la lluvia y la luz solar directa, el piso es de concreto fundido.
- Ubicación: el área de almacenamiento de combustible está ubicada a un costado de las naves de la planta formuladora.
- Tipo de combustible a almacenar: se utilizan montacargas de diesel y gasolina, por lo tanto se tienen separados e identificados cada una de las bombas de alimentación.
- Seguridad: el área cuenta con materiales de emergencia en caso de derrame, extintor y señalización aplicable.
- Forma de suministro: se cuenta con una bomba manual para diesel y una para gasolina, por seguridad cada bomba cuenta

con dispensador para alimentar los tanques de los montacargas.

- Permisos: derivado de la cantidad máxima estimada a utilizar en la planta formuladora en la época alta de producción 1 600 litros equivalente a 423 galones.

### **6.3. Plan de mitigación del estudio de impacto ambiental**

Para el control de las fuentes de contaminación y la reducción de los impactos ambientales se presentan algunas medidas que pueden implementarse para minimizar el impacto ambiental producido por el proceso productivo de formulación de agroquímicos. Ver tabla XXVII, anexo 13, para factores atmosféricos y ver tabla XXVIII, anexo 14 para factores socioeconómicos.

- **Derrame de agroquímicos**

El derramamiento de productos agroquímicos constituye una merma o desperdicio y un peligro para el trabajador y al ambiente. Por lo tanto debe evitarse, en la medida de lo posible, pero cuando se produce deben tomarse medidas al respecto.

Algunas de las causas más comunes en el derrame de agroquímicos son:

- Detonación del recipiente por medio de una mala manipulación, a través de un exceso de capacidad en el embalaje.
- Escape o goteo del recipiente debido a un sellado defectuoso.
- Perforación del recipiente durante su transporte producido por bordes afilados en los medios de transporte utilizados.

- Trásvase sin cuidado al pasar el líquido del recipiente al aplicador.
- Fallo del equipo, antes o durante la aplicación, esto debido al desgaste de las tuberías o mangueras de los equipos.

Para el manejo de derrames y limpieza del área se cuenta con equipos de emergencia para derrames, siendo estos: arena seca, pala, escoba, trapeadores, recipientes limpios, limpia pisos, bolsas plásticas y todos los insumos necesarios, así como el equipo de protección personal necesario para realizar la actividad de limpieza y descontaminación del área en caso de un derrame de cualquier producto. El personal que interviene en esta actividad está capacitado para la misma y cuenta con todo lo necesario para realizar de forma segura el manejo de derrame y limpieza del área. Entre las medidas que se han de adoptar, en caso de derramamiento, cabe mencionar las siguientes:

- Adoptar medidas inmediatas para evitar la dispersión del derrame y en consecuencia la contaminación de un área más amplia.
- Alejar a personas, animales y vehículos del lugar del derrame.
- Llevar el equipo de protección personal adecuado para el manejo y limpieza del área de derrame.
- Absorber el derrame de producto agroquímico con material absorbente como arena seca, tierra o virutas de madera y eliminar la materia contaminada con un cepillo y una pala.
- Descontaminar cualquier resto de derrame, con inclusión del equipo, limpiándolo con agua y desaguando el agua contaminada en un lugar seguro.
- El personal que atienda el derrame luego de la limpieza del área procederá a bañarse o lavarse de modo minucioso.

- Triple lavado

Dentro del proceso productivo las etapas de formulación y envasado utilizan materias primas concentradas o técnicas que se reciben de los proveedores en envases o contenedores plásticos o metálicos que van desde 20 Lt. hasta 200 Lt., para eliminar las trazas o restos de productos de los envases será necesario realizar el triple lavado con agua en las estaciones de lavado que corresponden a los tres sistemas de recirculación de agua que están dispuestos en el área de formulación, según el ingrediente activo contenido en el producto. El agua captada en los sistemas de recirculación bombea el agua a los tanques de formulación según el ingrediente activo. Esto hace que el agua de triple lavado sea reutilizada al 100 % en el proceso de formulación.

Adicional se tiene un área destinada para el lavado de envases de 20 litros los cuales son adquiridos de segunda mano para ser utilizados en el proceso productivo para el envasado de diferentes productos. El objetivo del lavado es eliminar los residuos de concentrados de bebidas carbonatas con agua y jabón y dejarlas limpias para el envasado. Las aguas generadas de este proceso no son canalizadas a ningún proceso de formulación, ya que se conducen hacia el sistema de tratamiento instalado. El proceso de triple lavado es el siguiente:

- Se agrega agua hasta cubrir aproximadamente  $\frac{1}{4}$  del envase
- Cerrar el envase y agitar durante 30 segundos
- Verter el agua del envase en el tanque
- Repetir esta operación dos veces más
- Perforar el envase para evitar su reutilización (envase desecho)

#### **6.4. Estudio de Impacto Ambiental**

Se hace necesario el establecimiento de procedimientos de monitoreo y medición de aspectos que generan impactos sobre el medio ambiente, además de contar con hojas de seguridad sobre las sustancias peligrosas empleadas en el proceso de formulación, así como el control de registros sobre el manejo, tratamiento, disposición de residuos generados y las acciones correctivas encaminadas a mitigar los impactos causados en planta formuladora de agroquímicos.



## CONCLUSIONES

1. La alternativa de solución seleccionada como propuesta para mejorar los procesos de producción reduciendo los períodos improductivos en planta formuladora Agrocentro S. A., consiste en la elaboración de un diseño de planificación, programación y control de mantenimiento autónomo TPM, el cual es fácil de implementar a través de una línea piloto como modelo en el desarrollo del programa en lo que se refiere a la técnica, ya que los medios necesarios son simples por estar establecidos. Lo complejo es estructurar las acciones a llevar a cabo y sobre todo la sensibilización e implicación a todo el personal de la planta, entendiendo que este no es el programa del mes, sino que es un plan a largo plazo en el que los más altos niveles de dirección se hallan comprometidos.
2. Esta filosofía de mantenimiento no pretende ser la solución a todos los problemas de la planta, sin embargo, ayuda a maximizar la efectividad global de los equipos, minimiza algunas pérdidas y reduce costos que son producidos por mermas o desperdicios, paradas, trabajos ineficientes. Lo cual se traduce en una superación al estándar de producción y en consecuencia se obtiene una ganancia para la empresa y sus colaboradores. Finalmente se espera que este proyecto de investigación ayude a mejorar, no solo los rendimientos, a través del desarrollo de un proceso de cambio del manejo de los puestos de trabajo y la gestión de los equipos de la planta, sino también sea de ayuda para llevar una mejor gestión y motivar a todo el personal de planta hacia la mejora continua.

3. Se logró establecer de forma clara y detallada los métodos del proceso de producción con los que actualmente se trabaja en cada puesto de la planta, permitiendo una eficiente interrelación humano-máquina. Toda esta información debidamente documentada permitirá la unidad de criterio entre los trabajadores de las líneas de formulación, de igual manera se utilizará para realizar inducción a nuevos colaboradores.
4. En cada uno de los procesos se realizó un estudio de tiempos para determinar el tiempo estándar de cada actividad, este trabajo permitirá planear, programar y controlar la producción de una forma más eficiente, ya que se poseen tiempos de ejecución de las operaciones.
5. Se establecieron los inconvenientes de pérdida de tiempo que afectan el proceso de producción, que merman la rentabilidad en la elaboración de productos agroquímicos. Los problemas que se han generado se refieren a la falta de un plan de mantenimiento y falta de procesos administrativos adecuados, generando tiempos improductivos, desperdicios ocasionados por fallas operativas, mecánicas o eléctricas que afectan tanto los recursos humanos como a los equipos y maquinaria de la planta, ocasionando pérdidas por un monto de Q 348 955,87/año.
6. A través del establecimiento de controles se puede mejorar la fabricación de agroquímicos desarrollando una cultura de registro de información, de tal manera que se cuente con información necesaria y oportuna, elevando la eficiencia de las líneas de producción a través de la reducción de tiempos improductivos, ya que la falta de un control calificado en las máquinas hace que se generen gastos en reparaciones innecesarias, paros parciales. La evaluación y seguimiento de estos

indicadores es fundamental en la continuidad y sostenibilidad del sistema.



## RECOMENDACIONES

1. Realizar a la brevedad posible un estudio de métodos y tiempos para las demás líneas de producción en las cuales se fabrican productos aminados, concentrados emulsionables (EC), concentrados solubles (SL) y productos sólidos (polvos y granulados).
2. Incentivar a todo el personal en la mejora de cada uno de ellos, tanto como trabajadores como personas no solo de forma monetaria, sino que también con el reconocimiento frente a los demás grupos de trabajo. Por lo que es importante la creación de premios a la excelencia, como reconocimiento a su experiencia y su aporte a la mejora continua.
3. Reducir períodos improductivos, a través de un aumentando en los niveles de disponibilidad y efectividad global de los equipos por medio de la implementación del mantenimiento autónomo TPM en la línea piloto, pero, para que toda la planta alcance el mismo nivel, debe desarrollarse el siguiente paso, el cual consiste en la implementación de ajustes, además de hacer una ampliación del mantenimiento autónomo TPM a los demás equipos de la planta. Asimismo se debe implementar en planta los restantes pilares de la metodología TPM.
4. Establecer escalas guías para graduación en cada uno de los equipos de trabajo como llenadoras, selladoras, y etiquetadoras, logrando, de esta manera, agilizar el proceso de calibración del equipo suministrado con el fin de reducir o eliminar los tiempos improductivos que esto genera.

5. Realizar el estudio de métodos y tiempos de trabajo de forma anual con el propósito de actualizarse en el momento que se presente los cambios en el proceso y en la distribución o maquinaria.
  
6. La calibración y graduación de cada una de las máquinas que integran las distintas líneas de producción deberá de asignarse a personal debidamente entrenado a esta operación, esto con el fin de reducir o eliminar los tiempos improductivos en la línea, consecuencia de la calibración de los equipos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BENITEZ HERNANDEZ, Luis Eduardo. *Ceroaverias*. <http://www.ceroaverias.com/>. [Consulta: agosto de 2014].
2. CHAUCALÁ CASTRO, Gisell Lizbeth; ESPINOZA SANDOVAL, Jorge Washington. *Diseño e implementación de un sistema de control de mantenimiento en el área de producción en una empresa dedicada al fraccionamiento de productos agroquímicos*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Escuela Superior Politécnica del Litoral Guayaquil Ecuador, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, 2012. 205 p.
3. CUATRECASES ARBÓS, Luis; MARTINEZ TORRELL, Francesca. *TPM en un entorno: Lean Management: Estrategia competitiva*. Barcelona España Profit, 2010. 408 p. ISBN 9788415330172.
4. FIGUEROA CHOEZ, Andrés Abraham. *Estudio de métodos y tiempos para el mejoramiento de la producción reduciendo períodos improductivos en Ecuaquímica, S.A. Guayaquil*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de Guayaquil Ecuador, Facultad de Ingeniería Industrial, 2013. 150 p.
5. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. Ingeniería de Métodos y Medición del Trabajo. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2006. 459 p.

6. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. 3a ed. México: McGraw-Hill 2010. 383 p. ISBN 6071503159.
7. NAKAJIMA, Seiichi. *Introducción al mantenimiento productivo total*. 3a ed. Madrid, España: Tecnologías de Gerencia y Producción, 1993. 127 p. ISBN 8487022855.
8. NIEBEL, Benjamín; FREIVALDS, Andris. *Ingeniería Industrial. Métodos estándares y diseño del trabajo*. 12a ed. México: Alfaomega, 2008. 745 p. ISBN 9789701509937.
9. RIVERA RUBIO, Enrique Miguel. *Uso de métodos de las 5S*. <http://www.es.scribd.com/doc/256863946/TPM-Implantacion-y-Gestion#scribd/>. Consulta: octubre de 2014.
10. VARGAS RODRÍGUEZ, Héctor. *Manual de implementación del programa 5S* <http://www.eumed.net/cursecon/libreria/2004/5s/5s.htm/>. Consulta: noviembre de 2014.
11. VELÁSQUEZ ESTRADA, María Alejandra. *Propuesta para la implementación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para eficientizar las operaciones del proceso productivo en la línea de producción de bebidas carbonatadas en la fábrica de gaseosas Salvavidas, S. A.* Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 164 p.

12. XITUMUL ÁLVAREZ, Andrea Priscila. *“Diseño e implementación de un sistema de control de tiempos no productivos para la mejora de la eficiencia en una línea de producción de bebidas carbonatadas”*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 181 p.



## APÉNDICES

### Apéndice 1. **Cuestionario determinación de componente TPM a implementar**

A continuación encontrará una encuesta diseñada para conocer su experiencia sobre los sistemas de calidad. Su participación es de gran importancia y la información que nos proporciona, ayudará a obtener elementos que nos permiten determinar qué componentes TPM debemos implementar.

Nombre de trabajador\_\_\_\_\_

Código\_\_\_\_\_ Edad\_\_\_\_\_ Antigüedad\_\_\_\_\_

Pregunta 1: ¿Cree usted que en planta Agrocentro, S. A., se necesita de la implementación de un modo de calidad para el desarrollo eficiente de las operaciones de mantenimiento?

SÍ\_\_\_\_\_ NO\_\_\_\_\_

Pregunta 2: ¿Ha trabajado con modelos de calidad?

SÍ\_\_\_\_\_ NO\_\_\_\_\_ CUAL\_\_\_\_\_

Pregunta 3: ¿Le gustaría recibir adiestramiento/capacitación para el manejo de un sistema de calidad?

SÍ\_\_\_\_\_ NO\_\_\_\_\_

Pregunta 4: ¿Está usted dispuesto a asumir nuevas responsabilidades, en consecuencia de la implementación de este sistema de calidad?

SÍ\_\_\_\_\_ NO\_\_\_\_\_ PORQUE?\_\_\_\_\_

La encuesta ha concluido.

Muchas gracias por su colaboración.

Fuente: elaboración propia

## Apéndice 2. Medidas de mitigación atmosféricas

ATMOSFÉRICO			
VARIABLE	ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
		DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN
PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN Y VAPORES	FORMULACIÓN	Partículas en suspensión que se generan en el proceso productivo	Se instalará Sistema de Extracción de Material Particulado En Área de Polvos y Gránulos. Para el sistema de filtración utilizados en el envasado de polvos y granulados, los desechos sólidos generados deberán de ser enviados a su disposición final a través de la empresa subcontrata para esta actividad.
		Vapores que se generan en el proceso productivo	Se instalará un sistema de extracción de vapores en áreas de formulación de productos aminados.
			Se instalará sistema de extracción de vapores en el área de formulación de Concentrados Emulsionables. Para el sistema de filtración utilizado, los desechos sólidos generados deberán ser enviados a su disposición final con la empresa especializada.
			Se instalará sistema de extracción de vapores en el área de formulación de Concentrados Solubles. Para el sistema de filtración utilizado, los desechos sólidos generados deberán ser enviados a su disposición final con empresa especializada.
	Limpieza del sistema de recolección de partículas	Para la limpieza del área, así como material particulado colectado, el cual puede alterar la calidad del aire si el mismo se dispone de forma incorrecta, el personal deberá trabajar con el equipo de protección personal adecuado, como mascarilla con sistema de filtración, botas, overol, guantes, lentes, cascos y gabacha. Para el manejo interno de los residuos se deberá colocar recipientes tapados e identificados (forrados con bolsas plásticas), para coleccionar los residuos, los mismos deberán trasladarse a bodega de desechos contaminados para su posterior disposición por medio de empresa especializada.	
	FORMULACIÓN Y ENVASADO	Generación de vapores y partículas en los procesos de envasado de polvos y gránulos, formulación de concentrados solubles, por aminación y de concentrados emulsionables.	Dar mantenimiento adecuado al sistema de extracción donde va la mayor cantidad de vapores y partículas que van hacia los sistemas de filtración. El aire tratado sin vapores y material particulado derivado de los productos deberá ser conducido por tubería hacia el exterior.
	FORMULACIÓN, ENVASADO Y MANEJO DE DESECHOS	Adición de materia prima y tanque de formulación	De acuerdo al bajo valor de presión de vapor de las soluciones formuladas, no amerita un cierre hermético del proceso. Sin embargo, todas las formulaciones llevan a cabo protocolos de seguridad establecidos y verificados. El adecuado funcionamiento del sistema dependerá del adecuado mantenimiento, el cual se calendarizará y cumplirá

Continuación de apéndice 2.

		Etapa de envasado y sellado de recipientes	Utilizar equipo de protección personal adecuado, acorde a la naturaleza de la actividad desarrollada (overol de cuerpo completo, botas, mascarilla, casco, guantes, lentes). Para evitar afecciones por la inhalación de partículas de polvo, que se levantan durante la etapa de llenado y posibles accidentes durante el sellado.
RUIDO	PROCESO PRODUCTIVO	El ruido de las máquinas puede provocar molestias e incluso algún tipo de daño auditivo en los trabajadores	Velar porque los trabajadores utilicen el equipo de protección personal adecuado.
			Dar el mantenimiento regular al equipo y maquinaria a través del Sistema de Planificación, Programación y Control del Mantenimiento Autónomo apoyado en la filosofía TPM.
			Realizar el mapeo de ruido en área de proceso (mediciones puntuales de 5 minutos), estimar, basado en resultados, si se amerita el uso de equipo de protección personal apropiado ( taponos de oídos u orejeras), se estima que el nivel de presión sonora derivado del funcionamiento de maquinaria de formulación y producción se mantenga inferior a 70 decibels (DB).

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Medidas de mitigación socioeconómica**

<b>SOCIECONÓMICO</b>			
VARIABLE	ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
		DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN
HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	PROCESO PRODUCTIVO	El proceso productivo consta de varias etapas en las cuales intervienen actividades de 5 áreas de trabajo; Bodega, Control de Calidad, Formulación, Producción y Mantenimiento.	Garantizar la seguridad industrial y protección de la salud de los trabajadores.
			Establecer los manuales de seguridad e higiene industrial y operación.
			Implementar todas las medidas propuestas en el presente instrumento ambiental y capacitar al personal según el manual de seguridad e higiene industrial.
			Los manuales deberán estar a disposición de los empleados cercano a las máquinas.
		Los trabajadores utilizarán el equipo de protección personal adecuado para proteger su integridad física y su salud durante el horario de trabajo, especialmente en lo que al factor atmosférico se refiere.	Se establecerán protocolos de seguridad ocupacional para revisión de uso del equipo de protección y manejo de maquinaria.
			Evaluar y difundir mensualmente las conclusiones de las revisiones diarias, realizar llamadas de atención y motivación cuando sea necesario. Capacitación del personal de la planta en uso de equipo de protección personal, uso de manuales de seguridad y hojas de seguridad de las materias primas como producto terminado.

Continuación de apéndice 3.

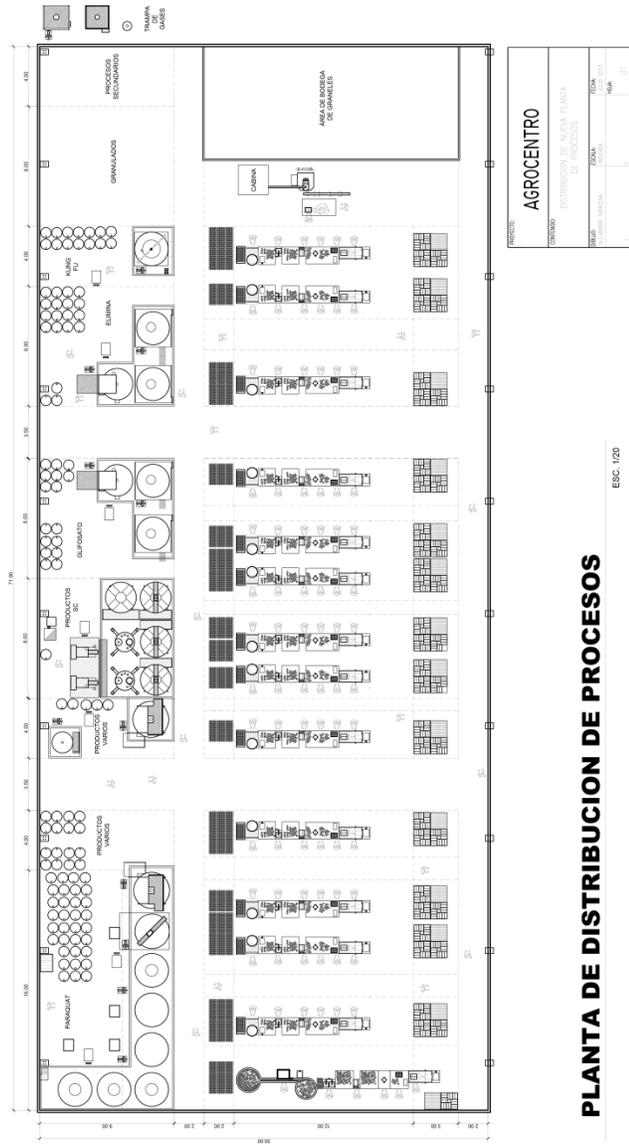
ACTIVIDADES DE OPERACIÓN	FUENTES DE EMPLEO	Plazas para personas del sector.	Se deberá contratar al menos el 50 % de personal de las comunidades vecinas, esto para beneficiar directamente a la comunidad.
	ACCIDENTES	Riesgos en las operaciones es evidente.	Utilizar el equipo de protección personal y sancionar a los empleados, con una jornada laboral, cuando no cumplan con este aspecto. Implementación de medidas de seguridad.

Fuente: elaboración propia.



# ANEXOS

## Anexo 1. Distribución líneas de producción



Fuente: Administración Agrocentro, S. A.



Anexo 3. **Requisición de material de empaque y granel**

06/11/14 01:09

**REQUISICIÓN DE MATERIAL DE EMPAQUE Y GRANEL**

Producto	Presentación		Cantidad	litros	Caja	Envase	Etiqueta	Porta instructivo	Sello	Tapón	Etiqu Prec	Firma
	Unidades	Volumen										
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		
				0	0	0	0	0	0	0		

Entregado Por \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Recibido Por: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

Page 1

Fuente: Administración Agrocentro, S. A.

Anexo 4. Plan diario de envasado

	<b>Agrocentro, S.A.</b>	Código	FOPRO14
		Versión	4
	Plan Diario de Envasado	Emisión	16/02/2009
		Página	1 de 1

Fecha: \_\_\_\_\_ No. \_\_\_\_\_

LÍNEA DE LLENADO: \_\_\_\_\_

PRODUCTO: \_\_\_\_\_

No. de lote _____	Cantidad de Cajas, Canecas, Toneles o Bolsas: _____	
Fecha de formulación _____		
No. de lote _____	Cantidad de Cajas, Canecas, Toneles o Bolsas: _____	
Fecha de formulación _____		
No. de lote _____	Cantidad de Cajas, Canecas, Toneles o Bolsas: _____	
Fecha de formulación _____		
No. de lote _____	Cantidad de Cajas, Canecas, Toneles o Bolsas: _____	
Fecha de formulación _____		

VERIFICACIÓN DE MATERIAL DE EMPAQUE			DESPERDICIO DE MATERIAL DE EMPAQUE		
-------------------------------------	--	--	------------------------------------	--	--

CÓDIGO PAÍS _____	—	—	—	—	—	—
CAJA _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	—
ENVASE _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	—
ETIQUETA _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	—
INSTRUCTIVO _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	—
SELLOS _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	—
BOLSAS _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	—
TAPÓN _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	—

Firma Jefe de Producción

Código y Firma de Operario

Fuente: Administración Agrocentro, S. A.

Anexo 5. **Límites de peso de productos envasados**

	<b>Agrocentro, S.A.</b>	Código	FOPRO15
		Versión	2
	Límites de Peso de Productos Envasados	Emisión	27/11/2008
		Página	1 de 1

Fecha de envasado: \_\_\_\_\_ Línea: \_\_\_\_\_

Producto: \_\_\_\_\_

No. de lote	Densidad	Peso del envase	Peso bruto deseado	Peso bruto mínimo	Peso bruto máximo

No. de lote	Densidad	Peso del envase	Peso bruto deseado	Peso bruto mínimo	Peso bruto máximo

No. de lote	Densidad	Peso del envase	Peso bruto deseado	Peso bruto mínimo	Peso bruto máximo

No. de lote	Densidad	Peso del envase	Peso bruto deseado	Peso bruto mínimo	Peso bruto máximo

\_\_\_\_\_  
Codigo y firma de operario de línea

\_\_\_\_\_  
Jefe de Producción

Ediciones Papiro, S.A./22537250 • 5,000 H. • 01/2014.

Fuente: Administración Agrocentro, S. A.

Anexo 6. **Guía de formulación**

	<b>Agrocentro, S.A.</b>	Código	FOPR016
		Versión	3
	Guía de Formulación de Paraquat	Emisión	22/04/2014
		Página	1 de 1

Correlativo: \_\_\_\_\_

Producto: \_\_\_\_\_

Área de formulación: \_\_\_\_\_

Fecha de emisión de formulación: \_\_\_\_\_

Proveedor de paraquat Tecnico 1: \_\_\_\_\_

Lote de paraquat, Tecnico 1: \_\_\_\_\_

Proveedor de paraquat Tecnico 2: \_\_\_\_\_

Lote de paraquat, Tecnico 2: \_\_\_\_\_

Proveedor de paraquat Tecnico 3: \_\_\_\_\_

Lote de paraquat, Tecnico 3: \_\_\_\_\_

MATERIAS PRIMAS	Lote	Peso
Paraquat técnico 1:		
Paraquat técnico 2:		
Paraquat técnico 3:		
Acido sulfonico		
Soda caustica		
Arcopal NP-8		
Terramins stench		
Fumexol		
Agua		
TOTAL (Kg)		

GUÍA DE FORMULACIÓN ELABORADA POR:

\_\_\_\_\_  
Gerente de planta

Fuente: Administración Agrocentro, S. A.





Anexo 9. Reporte de laboratorio

<b>REPORTE DE LABORATORIO</b>	
FO-CC-001 v.3	
Correlativo No. _____	
Fecha _____	
Producto: _____	
Lote: _____	
Densidad: _____	
Concentración: _____	
pH: _____	
Viscosidad: _____	
Color: _____	
Hora: _____	
Rendimiento (L): _____	
Emulsión: 50 ppm	_____ ml.
500 ppm	_____ ml.
Suspensibilidad: 50 ppm	_____ ml.
500 ppm	_____ ml.
Observaciones: _____	
_____	
_____	
Reportado por: E. _____	
Aprobado por: _____	

Fuente: Administración Agrocentro, S. A.

## Anexo 10. Control de calidad en líneas de llenado

	<b>Agrocentro, S. A.</b>	Código	FO-CC-008
		Versión	3
	Control de Calidad en Líneas de Llenado	Emisión	06/02/2013
		Página	1 de 1

Fecha: \_\_\_\_\_

PRODUCTO: \_\_\_\_\_ DESTINO: \_\_\_\_\_

# de Lote	Fecha/Hora	Peso Env. (g)	Peso Bruto (Kg)	Peso Neto (Kg)	Volumen (L)	Sellos		Etiquetas (Majas)	No. de Registro	Instructivos	Tapones		Encajado p/bruto (Kg)	Cajas	Código (Encajador)	Observaciones	Entrado (Producción)
						Malos	%				Malos	%					

PRODUCTO: \_\_\_\_\_ DESTINO: \_\_\_\_\_

# de Lote	Fecha/Hora	Peso Env. (g)	Peso Bruto (Kg)	Peso Neto (Kg)	Volumen (L)	Sellos		Etiquetas (Majas)	No. de Registro	Instructivos	Tapones		Encajado p/bruto (Kg)	Cajas	Código (Encajador)	Observaciones	Entrado (Producción)
						Malos	%				Malos	%					

PRODUCTO: \_\_\_\_\_ DESTINO: \_\_\_\_\_

# de Lote	Fecha/Hora	Peso Env. (g)	Peso Bruto (Kg)	Peso Neto (Kg)	Volumen (L)	Sellos		Etiquetas (Majas)	No. de Registro	Instructivos	Tapones		Encajado p/bruto (Kg)	Cajas	Código (Encajador)	Observaciones	Entrado (Producción)
						Malos	%				Malos	%					

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_  
Supervisor de Control de Calidad

Firma \_\_\_\_\_

Vs. Ds. \_\_\_\_\_  
Gerente de Control de Calidad, Seguridad, Higiene y Ambiente

Fuente: Administración Agrocentro, S. A.



