



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

**APLICACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA EN EL TALLER DE MÁQUINAS Y  
HERRAMIENTAS DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGROQUÍMICOS BAYER S. A.**

**Byron Geovany Zavala Ojeda**

Asesorado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña

Guatemala, enero de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**APLICACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA EN EL TALLER DE MÁQUINAS Y  
HERRAMIENTAS DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGROQUÍMICOS BAYER S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**BYRON GEOVANY ZAVALA OJEDA**  
ASESORADO POR LA INGA. NORMA ILEANA SARMIENTO ZECEÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, ENERO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
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:

**APLICACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA EN EL TALLER DE MÁQUINAS Y  
HERRAMIENTAS DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGROQUÍMICOS BAYER S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 8 de julio de 2014.



**Byron Geovany Zavala Ojeda**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 24 de noviembre de 2014.  
REF.EPS.DOC.1159.11.2014.

Ingeniero  
Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Rodríguez Serrano.

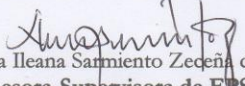
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Byron Geovany Zavala Ojeda**, Carné No. 200924485 procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **APLICACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA EN EL TALLER DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGROQUÍMICOS BAYER S.A..**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Asesora-Supervisora de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



NISZdS/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 24 de noviembre de 2014.  
REF.EPS.D.694.11.2014

Ingeniero  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **APLICACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA EN EL TALLER DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGROQUÍMICOS BAYER S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Byron Geovany Zavala Ojeda** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.201.014

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **APLICACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA EN EL TALLER DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGROQUÍMICOS BAYER S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Byron Geovany Zavala Ojeda**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2014.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA

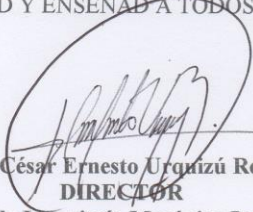


FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.009.015

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 graduación titulado **APLICACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA EN EL TALLER DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGROQUÍMICOS BAYER S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Byron Geovany Zavala Ojeda**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

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



Guatemala, enero de 2015.

/mgp



Universidad de San Carlos  
De Guatemala

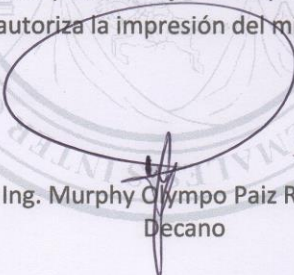


Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 025.2015

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: **APLICACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA EN EL TALLER DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGROQUÍMICOS BAYER S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Byron Geovany Zavala Ojeda**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 28 de enero de 2015

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por acompañarme todos los días de mi vida en este camino y por todas las bendiciones que a diario ha derramado en mí y en todas aquellas personas que quiero.
<b>Mis padres</b>	Rubén Zavala y Mercedes Ojeda, por todo el amor, el sacrificio, consejos que día a día he recibido. Muchas gracias que Dios los bendiga.
<b>Mi hermanos</b>	Darío, Marvin y Luis Fernando Zavala Ojeda, porque sé que siempre contaré con su apoyo.
<b>Mi tía</b>	Rosaura Zavala, por el apoyo y cariño que siempre me brindó.
<b>Mi familia</b>	Por su apoyo, consejos y cariño que me han brindado en el transcurso de mi vida.
<b>Mis amigos</b>	Por ser una importante influencia en mi carrera, por sus consejos, su ayuda entre otras cosas, gracias por siempre estar allí.
<b>Los ingenieros</b>	Norma Ileana Sarmiento y Edgar Pineda, por hacer posible este trabajo.

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Especialmente a la Facultad de Ingeniería.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por ser la luz que nos guía y conduce por la vida.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	A sus catedráticos, por transmitir sus conocimientos y experiencias que son la base para iniciar una carrera profesional.
<b>Mi asesora</b>	Inga. Norma Ileana Sarmiento, por su apoyo en la realización del presente trabajo de graduación.
<b>Personal de la planta Bayer S. A.</b>	Por el apoyo brindado durante la elaboración de este proyecto.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN .....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. GENERALIDADES DE LA PLANTA INDUSTRIAL BAYER	
CROPSCIENCE .....	1
1.1. Antecedentes e historia de la empresa .....	1
1.2. Visión .....	2
1.3. Misión .....	2
1.4. Valores .....	3
1.4.1. Liderazgo .....	3
1.4.2. Integridad.....	3
1.4.3. Flexibilidad.....	3
1.4.4. Eficiencia .....	4
1.5. Productos .....	4
1.6. Estructura organizacional .....	8
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL: APLICACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA EN EL TALLER DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGROQUÍMICOS .....	13
2.1. Situación actual del taller de máquinas y herramientas .....	13



2.1.1.	Operaciones de área.....	14
2.1.2.	Máquinas y herramientas utilizadas en el taller.....	15
2.1.2.1.	Torno.....	16
2.1.2.2.	Taladros .....	18
2.1.2.3.	Máquinas de soldar .....	20
2.1.2.4.	Sierras eléctricas.....	24
2.1.2.5.	Barrenos.....	25
2.1.2.6.	Pulidoras .....	26
2.1.2.7.	Esmeriles .....	29
2.1.3.	Evaluación de la ubicación de la maquinaria.....	30
2.1.4.	Mantenimiento.....	33
2.1.5.	Enfoque del marco lógico.....	34
2.1.5.1.	Análisis de involucrados.....	35
2.1.5.2.	Análisis del problema .....	36
2.1.5.3.	Análisis de objetivos.....	38
2.1.5.4.	Propuestas de alternativas.....	40
2.1.5.5.	Selección de la alternativa óptima.....	41
2.1.5.6.	Matriz de marco lógico del proyecto .....	41
2.1.6.	Análisis de desperdicios.....	44
2.1.6.1.	Sobreproducción .....	45
2.1.6.2.	Inventario .....	46
2.1.6.3.	Reparación/rechazos .....	47
2.1.6.4.	Sobreprocesamiento .....	48
2.1.6.5.	Movimiento.....	49
2.1.6.6.	Espera.....	51
2.1.6.7.	Transporte.....	52
2.2.	Aplicación de manufactura esbelta .....	55
2.2.1.	Implementación de las 5S's .....	55

	2.2.1.1.	Clasificar.....	68
	2.2.1.2.	Limpiar.....	71
	2.2.1.3.	Ordenar .....	73
	2.2.1.4.	Estandarizar .....	75
	2.2.1.5.	Disciplina .....	77
	2.2.2.	Reducción de los 7 desperdicios .....	79
	2.2.2.1.	Sobreproducción .....	80
	2.2.2.2.	Inventario.....	84
	2.2.2.3.	Reparación/rechazos.....	85
	2.2.2.4.	Sobreprocesamiento.....	86
	2.2.2.5.	Movimiento .....	87
	2.2.2.6.	Espera .....	90
	2.2.2.7.	Transporte .....	95
	2.2.3.	Mantenimiento .....	96
	2.2.4.	Plan de mejora.....	102
2.3.		Costo de la implementación .....	106
3.		FASE DE INVESTIGACIÓN: PLAN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA.....	107
3.1.		Consumo actual del agua en el taller de máquinas y herramientas.....	107
3.1.1.		Utilización del agua en el taller de máquinas y herramientas.....	111
3.2.		Plan de ahorro de agua .....	112
3.3.		Costos del plan.....	119
4.		FASE DE DOCENCIA: PLAN DE CAPACITACIÓN .....	121
4.1.		Diagnóstico de necesidades de capacitación .....	121
4.2.		Plan de capacitación .....	122

4.3.	Evaluación de las capacitaciones .....	124
4.4.	Costos del plan .....	129
CONCLUSIONES.....		131
RECOMENDACIONES .....		133
BIBLIOGRAFÍA.....		135
APÉNDICES.....		137
ANEXOS.....		139

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa.....	11
2.	Torno uno.....	17
3.	Torno dos.....	18
4.	Taladro de pedestal.....	19
5.	Máquina para soldar por resistencia.....	21
6.	Máquina para soldar tipo MIG.....	23
7.	Máquina para soldar tipo TIG.....	24
8.	Sierra eléctrica (vai-ven).....	25
9.	Barreno.....	26
10.	Pulidora.....	29
11.	Esmeril.....	30
12.	Plano del taller de mantenimiento.....	32
13.	Árbol de problemas.....	38
14.	Árbol de objetivos.....	39
15.	Validación de la propuesta.....	43
16.	Análisis de los 7 desperdicios del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento.....	54
17.	Plano del taller de ingeniería y mantenimiento.....	57
18.	Flujograma de entrega de herramientas bodega-operario.....	59
19.	Flujograma de hojas de control para mantenimientos.....	61
20.	Implementación de baranda en el segundo nivel del taller de máquinas y herramientas (antes-después).....	62
21.	Aplicación de 5S's en la bodega de herramientas (antes-después)....	63

22.	Hoja de inspección de orden y limpieza.....	65
23.	Botes para la clasificación de basura.....	66
24.	Nueva bodega del taller de ingeniería (antes-después).....	67
25.	Limpieza del taller de ingeniería y mantenimiento .....	67
26.	Formato de tarjetas rojas .....	71
27.	Bancos identificados .....	76
28.	Estanterías de la bodega de herramientas (antes) .....	81
29.	Estanterías de la bodega de herramientas (actualmente) .....	81
30.	Banco de trabajo (antes).....	88
31.	Banco de trabajo (actualmente) .....	89
32.	Soportes para colocar pulidoras .....	90
33.	Fichas codificadas para intercambio de herramienta.....	93
34.	Área de <i>pallet</i> eléctrica .....	94
35.	Nueva área de pila lava piezas y nueva área de realización de ensamblajes o trabajos .....	96
36.	Medición de balde y cronómetro .....	108
37.	Gráfico de consumo de agua en el taller de máquinas y herramientas por mes .....	110
38.	Gráfico del consumo de agua .....	112
39.	Medición del volumen de agua mediante tanque de dosificación .....	114
40.	Dispositivo de reducción del volumen de agua tipo bolsa.....	116
41.	Aeradores para grifos .....	117
42.	Restrictor de caudal .....	117
43.	Gráfico pregunta número 1 .....	125
44.	Gráfico pregunta número 2 .....	125
45.	Gráfico pregunta número 3 .....	126
46.	Gráfico pregunta número 4 .....	126
47.	Gráfico pregunta número 5 .....	127
48.	Gráfico pregunta número 6 .....	127



49.	Capacitación sobre la importancia e implementación de las 5S's en el taller de máquinas y herramientas.....	128
50.	Capacitación sobre el uso adecuado de la cortadora plasma y los cuidados a tener con la misma.....	129

## TABLAS

I.	Listado de productos herbicidas producidos en Bayer.....	5
II.	Insecticidas que produce Bayer .....	6
III.	Fungicidas que produce Bayer .....	8
IV.	Máquinas y herramientas del taller .....	15
V.	Maquinaria actual.....	31
VI.	Análisis de personas involucradas en los trabajos del taller de máquinas y herramientas.....	35
VII.	Propuestas y alternativas.....	40
VIII.	Matriz del marco lógico del proyecto.....	42
IX.	Nomenclatura del plano del taller de mantenimiento .....	56
X.	Listado de elementos innecesarios en el taller de máquinas y herramientas .....	69
XI.	Hoja de cálculo para control de mantenimientos preventivos .....	83
XII.	Inventario de la bodega de herramientas.....	85
XIII.	Hoja de control de herramientas e insumos.....	93
XIV.	Hoja de control e inspección de tornos .....	99
XV.	Hoja de control e inspección de taladros y pulidoras .....	100
XVI.	Hoja de control e inspección de barrenos y cepillo .....	101
XVII.	Hoja de control de mantenimientos.....	102
XVIII.	Planes de mejora en el taller de máquinas y herramientas.....	103
XIX.	Plan de mejora continua en las actitudes del personal del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento .....	104

XX.	Costos de mejoras en el taller de máquinas y herramientas .....	106
XXI.	Medición llenado del balde de 1 litro .....	109
XXII.	Utilización del agua en el taller de máquinas y herramientas .....	111
XXIII.	Resumen del plan de ahorro de agua .....	118
XXIV.	Costos de implementación de la producción más limpia .....	119
XXV.	Necesidades de capacitación del taller de máquinas y herramientas.....	121
XXVI.	Capacitaciones realizadas.....	123
XXVII.	Gastos realizados en capacitaciones .....	130

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>5S's</b>	Metodología 5S's
<b>m</b>	Metro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>%</b>	Porcentaje
<b>Q</b>	Quetzal (unidad monetaria)



## GLOSARIO

<b>Cinco S's</b>	Son cinco términos japoneses que comienzan con "s" y se utilizan para arreglar el área de trabajo para que se pueda tener control visual y una operación esbelta.
<b>Flujo</b>	Es uno de los conceptos principales de la manufactura esbelta. La realización progresiva de las diferentes actividades que forman el flujo de valor, de tal manera que el producto progresa del diseño a su lanzamiento, de su orden de compra a su entrega y de materia prima a las manos del cliente sin tener paros, desperdicios o retrabajos.
<b>Jalar</b>	Es uno de los conceptos principales de manufactura esbelta, en el cual nada es producido por las operaciones iniciales hasta que una señal de requerimiento es enviada desde las operaciones finales en base al consumo.
<b>Kaizen</b>	Mejora continua incremental de una actividad buscando generar más valor y reducir el "muda".



**Layout**

El concepto puede traducirse como disposición o plan y tiene un uso extendido en el ámbito de la tecnología, la noción de *layout* suele utilizarse para nombrar al esquema de distribución de los elementos dentro un diseño.

**Máquina**

Es un conjunto de piezas o elementos móviles y fijos, cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía o realizar un trabajo.

**Muda**

Palabra japonesa que significa desperdicio. Una actividad que consume recursos pero no genera valor.

**Poka-Yoke**

Dispositivos a prueba de error, diseñados para prevenir la producción de defectos en la realización de un servicio o manufactura de un producto, por medio de la detección y/o bloqueo de las condiciones de error que posteriormente generan el defecto.

**Rediseño**

El análisis de un proceso puede dar lugar a acciones de rediseño para incrementar la eficacia, reducir costos, mejorar la calidad y acortar los tiempos reduciendo los plazos de producción y entrega del producto o servicio.

<b><i>Sigma</i></b>	Es la desviación estándar de un conjunto de datos. Representa la distancia promedio a la que se encuentran los datos de su media (promedio).
<b>TPM</b>	Es una serie de procedimientos desarrollados para asegurar que cada máquina en un proceso de producción este siempre disponible para realizar las operaciones que le son requeridas, para no interrumpir el proceso productivo.
<b>Valor</b>	Característica de un producto o servicio que es requerida por el cliente y está dispuesto a pagar por esta.



## RESUMEN

Bayer CropScience se dedica a la formulación y comercialización de productos fitosanitarios para la región de Centroamérica y el Caribe, con presencia desde hace más de 50 años, en la planta Bayer Amatitlán se formula el 70 % de los productos que se comercializan en la región, que actualmente son más de 90, la planta cuenta con 4,6 hectáreas de terreno.

Entre la problemática y deficiencia que se ha dado cotidianamente con los años en el taller de máquinas y herramientas es la pérdida de las herramientas, mal uso de las mismas, mala organización con ciertos espacios donde se ubican máquinas y materiales, pérdida de materiales, así como trabajadores que no están capacitados para realizar diferentes trabajos.

La propuesta de diseño para la empresa modelo adopta la aplicación de las 5S's, pretende:

- Organizar, limpiar y estandarizar la planta modelo.
- Una nivelación continua de la producción que contribuye a equilibrar los volúmenes fabricación de trabajos.
- Aplicar mejoras para alcanzar los cambios de sistema.
- Incorporar propuestas para desarrollar capacidades de mantenimiento autónomo en los operarios.
- Establecer una estandarización de las operaciones.

- Emplear mejoras para detección de errores que junto con administración visual para ayudar a los operarios a identificar fácilmente los problemas de origen, siempre siendo apoyados por las herramientas de la manufactura esbelta.

# OBJETIVOS

## General

Aplicar manufactura esbelta en el taller de máquinas y herramientas de la planta de producción de agroquímicos Bayer S. A., y así obtener una mejora continua en el mismo.

## Específicos

1. Conocer la situación actual con la que opera el taller de máquinas y herramientas para analizar y encontrar oportunidades de mejora en el desarrollo de las actividades.
2. Identificar las mejoras posibles para reducir tiempos de trabajo y materiales que se utilizan en la situación actual, para realizar trabajos con mayor eficacia.
3. Encontrar las causas de atrasos en los diferentes trabajos que se realizan en el taller de máquinas y herramientas como también en sus bodegas.
4. Disminuir los atrasos en los pedidos de herramientas y repuestos, a causa de una mala organización en la bodega de máquinas y herramientas.

5. Contribuir a mejorar las operaciones de trabajo de los empleados y así reducir los tiempos de espera en las actividades a realizar.
6. Diseñar la implementación de un plan de Producción más Limpia, en cuanto al consumo de agua en las máquinas destinadas al llenado o lavado de herramientas respectivamente.
7. Diseñar un plan de capacitación al capital humano, acerca de la manufactura esbelta y la importancia del trabajo en equipo.

## INTRODUCCIÓN

Bayer S. A. Amatitlán se dedica a la formulación y el envasado de productos para la protección de cultivos, principalmente insecticidas, fungicidas, herbicidas y auxiliares para la aplicación de los mismos. Es la principal actividad en la planta localizada en la zona industrial del municipio de Amatitlán, en las afueras del lugar, a 5 kilómetros del centro urbano y a 29,5 kilómetros al sur de la ciudad capital, produciendo actualmente 43 800 toneladas al año aproximadamente; cantidad que crece conforme a la demanda que aumenta con el tiempo. El mayor porcentaje de la fabricación de productos corresponde a insecticidas (40 %) y fungicidas (30 %), siendo los productos con más volumen de demanda y producción.

La mejora continua en el taller de máquinas y herramientas se basa en la utilización de los recursos que agregue un valor a los trabajos a realizar, y en la eliminación de todo tipo de desperdicios que encarezca el trabajo o producto final realizados en el taller de máquinas y herramientas.

El contenido del diseño detallado para el programa de reducción de desperdicios inicia con un enlace entre las necesidades identificadas en el diagnóstico y la identificación de criterios de diseño, para el programa que permiten crear la base para el desarrollo de herramientas importantes como: 5S's, mantenimiento productivo total, nivelación de la producción, *Kanban*, *Layout*, *Poka-Yoke*, administración visual y trabajo estandarizado entre otras.

En el primer capítulo se presentan los aspectos generales de la planta industrial Bayer S. A. Amatitlán, la estructura organizacional y una breve



descripción de sus productos y servicios, así como también la cobertura que brinda la planta, funciones entre otros aspectos fundamentales.

En el capítulo 2 se presenta la fase de servicio técnico profesional que está conformada por una serie de propuestas para mejorar el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, específicamente en el taller de máquinas y herramientas. Todas las mejoras propuestas pretenden solventar los problemas actuales por medio de: ideas, estrategias, metodologías y acciones inmediatas que se deben ejecutar para conseguir una mejora continua.

Para poder medir las mejoras implementadas y establecer los lineamientos de mejoramiento continuo se propusieron procedimientos y metodologías de trabajo bien estructuradas para la empresa, así como flujogramas para diferentes procesos a realizar en el taller de máquinas y herramientas, desde la realización de listas de verificaciones como la entrega de herramientas en la bodega, organigramas, definición de operaciones en el área y especificaciones de la maquinaria.

En la fase de investigación (capítulo 3) está la propuesta de un plan de reducción para el consumo de agua, se realizará con el objetivo de apoyar al medio ambiente y que eventualmente puede generar beneficios internos en la planta.

Para concluir este proyecto en el capítulo 4, se presenta la fase docencia, en donde se realizó una actividad de capacitación con el apoyo de un asesor externo en donde se capacitó al personal con temas de interés que fueron derivados de un diagnóstico de necesidades.

# **1. GENERALIDADES DE LA PLANTA INDUSTRIAL BAYER CROPSCIENCE**

## **1.1. Antecedentes e historia de la empresa**

La empresa Bayer S. A. es internacional, diversificada de la industria químico-farmacéutica, una de las subdivisiones que la conforman son las instalaciones de la planta Bayer CropScience, Amatitlán, Guatemala, la cual está localizada en la zona industrial de este municipio, ubicado en las afueras, a 5 kilómetros del centro urbano y a 29,5 kilómetros al sur de la ciudad capital.

Los orígenes de este centro de formulación se remontan al inicio de la construcción de las primeras áreas productivas en diciembre de 1962; para lo cual se compró un terreno de 1,4 hectáreas; actualmente la extensión de terreno es de 4,6 hectáreas.

A principios de 1963 empezaron a ingresar los primeros trabajadores, con lo cual se dio inicio formalmente a las operaciones de la nueva empresa del grupo Bayer fundada en Guatemala. En mayo del mismo año ampliaron la empresa construyéndose un laboratorio de control de calidad, instalaciones sanitarias y algunas oficinas administrativas; terminadas todas las instalaciones piloto, el 7 de septiembre de 1963, se procedió a elaborar la primera formulación de productos.

Actualmente las instalaciones de la planta Bayer CropScience Amatitlán, poseen las áreas de producción sólidos y producción líquidos, en donde se

procede a la formulación y envasado de productos para la protección de cultivos.

## **1.2. Visión**

“Ser a nivel mundial una planta modelo de la división de protección de cultivos de Bayer; formuladora, envasadora y proveedora de productos fitosanitarios, para lo cual se aumentará la efectividad, orden, limpieza, protección del medio ambiente y seguridad; cumpliendo con las directrices y normas de casa matriz y con la legislación a nivel regional.

Se contará con recurso humano altamente comprometido con la misión, visión y valores propuestos en la empresa, asimismo se optimizará la eficiencia de los procesos y operaciones, al implementar la infraestructura necesaria y con ello, buscar la eliminación de desperdicios y tiempos muertos. Alcanzaremos la excelencia en el servicio al cliente para ser su primera elección”.<sup>1</sup>

## **1.3. Misión**

“Mejorar la productividad agrícola y con ello, la calidad de vida del hombre, mediante el empleo racional de productos fitosanitarios de vanguardia, dentro de una tecnología completamente integrada, sostenible y en armonía con el ambiente. Para lograr tal objetivo, se formulan, envasan y proveen en forma responsable y oportuna productos fitosanitarios, de acuerdo a lineamientos y especificaciones de casa matriz; y con ello, satisfacer las necesidades de los clientes y contribuir al logro de la misión de la Planta Bayer CropScience”.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

<sup>2</sup> Planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

## **1.4. Valores**

“La cultura corporativa de Bayer es un factor importante en el éxito de la compañía. Con base en esta cultura se encuentran nuestros valores, que se resumen en el acrónimo LIFE: liderazgo, integridad, flexibilidad y eficiencia.”

### **1.4.1. Liderazgo**

- “Responder a las personas y fomentar el rendimiento
- Mostrar iniciativa propia e inspirar y motivar a los demás
- Asumir la responsabilidad por las acciones y los resultados, los éxitos y los fracasos
- Abordar los conflictos de forma constructiva
- Generar valor para la sociedad”.

### **1.4.2. Integridad**

- “Dar ejemplo
- Cumplir las leyes, reglamentos y códigos de conducta empresarial.
- Confiar en los demás y establecer relaciones basadas en la confianza
- Ser honrado y fiable”.

### **1.4.3. Flexibilidad**

- “Impulsar activamente los cambios.
- Estar dispuesto a adaptarse a las tendencias y necesidades futuras.
- Cuestionar el estado actual de las cosas.
- Pensar y actuar teniendo en cuenta a los clientes”.

#### **1.4.4. Eficiencia**

- “Gestionar los recursos con inteligencia
- Centrarse en las actividades que generan valor
- Hacer las cosas de forma simple y eficaz
- Tomar decisiones de manera rápida y responsable
- Ejecutar las decisiones consecuentemente
- Colaborar en la búsqueda de las mejores soluciones”.

#### **1.5. Productos**

La operación de la planta se basa en la formulación y el envasado de productos agroquímicos, principalmente insecticidas, fungicidas, herbicidas y auxiliares para la aplicación de los mismos.

En la planta Bayer CropScience se pueden producir diversos tipos de formulaciones ya que se cuenta con el equipo adecuado para cumplir con los más altos estándares de calidad. Cada módulo es independiente y específico para cada tipo de formulación se puede mencionar los productos SC, DP, GR, SL, EC, etc.

El Departamento de Producción tiene 3 áreas de trabajo las cuales son:

- Herbicidas

Esta área es la que más variedad de productos tiene ya que produce los diferentes herbicidas que se producen según sea la demanda de los consumidores.

Bayer CropScience ocupa el tercer lugar en el mercado mundial, incluidos los reguladores de crecimiento (PGR), y es líder conjunto en herbicidas convencionales. Un porfolio basado en nuevos y ya existentes grupos químicos, sumandos a la constante innovación y larga trayectoria, dichos productos se han ganado la confianza de los productores en todo el mundo y asegura un crecimiento continuo en los próximos años.

La tecnología en *safeners* ofrece la ventaja de herbicidas altamente selectivos, y además, la paleta de soluciones brinda herramientas para enfrentar nuevos desafíos como el control de malezas tolerantes o resistentes.

A continuación en la tabla I, se detallan los herbicidas que se producen en la planta Bayer CropScience de Amatitlán.

Tabla I. **Listado de productos herbicidas producidos en Bayer**

Alion 50 SC
Basta 15 SL
Finale 15 SL
Furore I 4,5 EC
Hedonal 60 SL
Merlin 75 WG
Nominee 40 SC
Raft 40 SC
Ronstar 38 SC
Sencor 70 WP
Skol 60 WG
Starice 6,9 EC
Whip 7,5 EW

Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

- Insecticidas

El éxito de esta área es impulsado por una amplia experiencia y la innovación continua. A lo largo del tiempo, Bayer CropScience ha desarrollado un excelente porfolio, ofreciendo efectividad y flexibilidad con las soluciones a la medida.

El liderazgo de Bayer CropScience en el segmento de insecticidas es el resultado de las investigaciones y desarrollo en formulaciones y soluciones innovadoras, que abarcan desde el primer insecticida sistémico, hasta la exitosa familia de los cloronicotinilos. La experiencia en el control de insectos se basa en principios activos de altísima efectividad, y en métodos de aplicación de última generación que garantizan eficacia, residualidad, y un mínimo impacto ambiental.

Tabla II. **Insecticidas que produce Bayer**

ALSYSTIN 48 SC
CHUCARO
CROPSTAR
PONCHO DUO
PRESTIGE 29 FS
PONCHO 60 FS
REGENT 25 FS
BELT
CALYPSO 48 SC
CLAP
CONFIDOR 70 WG
CONFIDOR OD
DECIS FLOW
DECIS FORTE
ENVIDOR
LARVIN 80
PROTEUS OD
SOLOMON OTEQ

Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

- Fungicidas

Los fungicidas eliminan y detienen el crecimiento de enfermedades causadas por los hongos de la planta, que afectan seriamente el rendimiento y calidad de la cosecha. Los principales mercados de fungicidas son: soja, cereales, girasol, frutas y hortalizas entre otros.

Para hacer frente a los diversos desafíos de las enfermedades causadas por los hongos, los fungicidas vienen en diversas formas. Se utilizan para proteger las semillas y cultivos o para detener la infestación inicial como parte del manejo integrado de enfermedades. Bayer CropScience ofrece una amplia gama de ingredientes activos en el porfolio de innovaciones, con soluciones a medida, para el control de diversas enfermedades fúngicas en los cultivos estratégicos.

Se está realizando conjuntamente con el subjefe de producción estudios de esta área, ya que debido a la alta demanda que tiene la capacidad instalada de producción está llegando al límite. Estos estudios tienen como finalidad dar alternativas para satisfacer la demanda que actualmente tiene y la que tendrá a futuro debido a la apertura de nuevos restaurantes.

Cada área tiene un jefe de sección el cual se encarga de velar que los subordinados a su cargo cumplan con: las buenas prácticas de manufactura, velar por el orden, controlar horarios de entrada y salida, control de calidad del producto y otras tareas.



Tabla III. **Fungicidas que produce Bayer**

PRO MAX SEMILLERO
PRESTIGE 29 FS
PRO SEMILLERO
CRIPTON
FLINT
INFINITO
MELODY DUO
NATIVO
SPHERE MAX
SCENIC

Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

## 1.6. **Estructura organizacional**

La estructura organización tiene 4 niveles jerárquicos, en los que se da el flujo de la información y la comunicación entre los colaboradores y jefes para que llegue a todos los involucrados y del mismo modo se hace la retroalimentación.

- Descripción de puestos

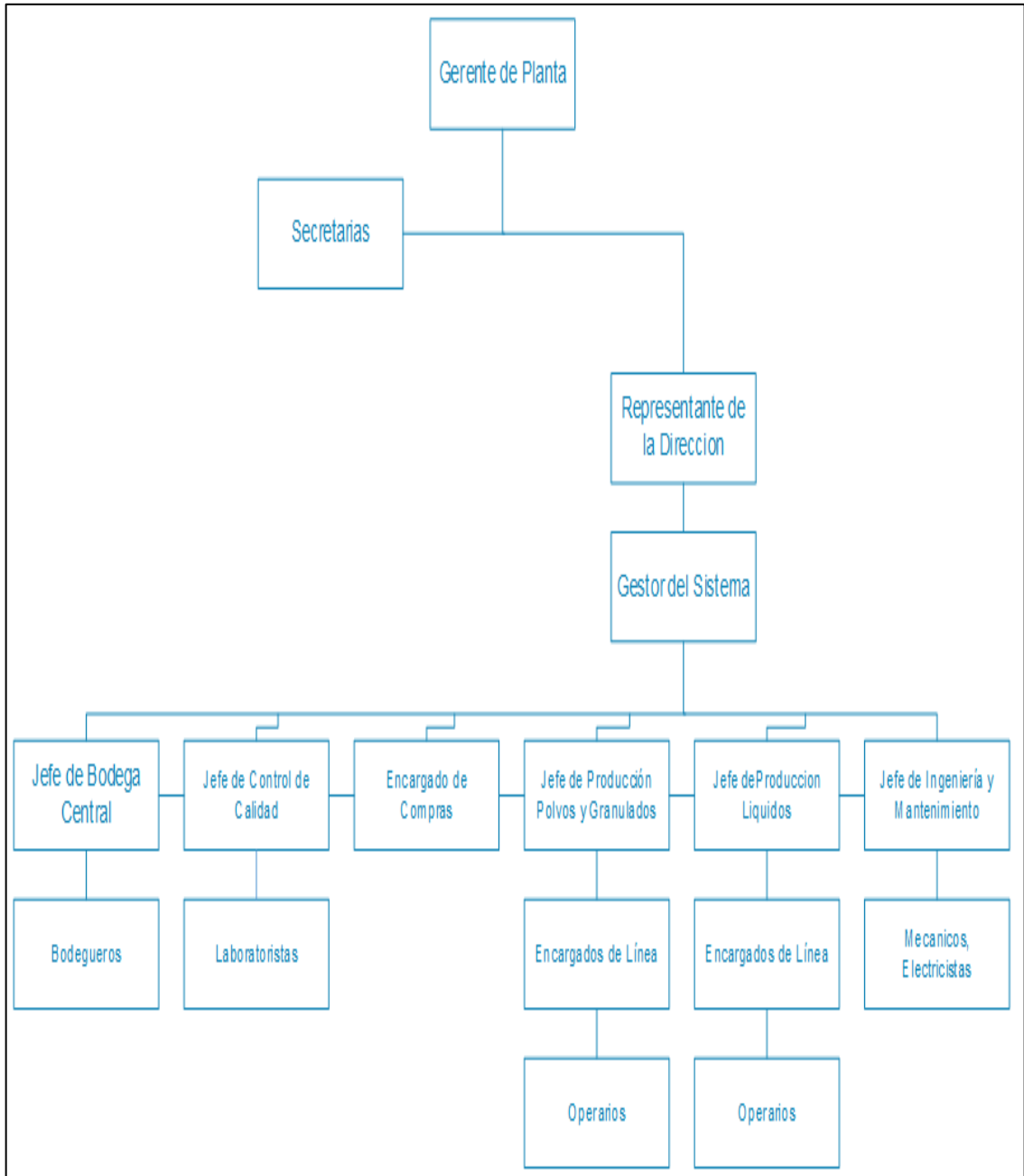
A continuación se describe cada uno de los puestos que componen la estructura administrativa de la empresa.

- Gerente de planta: es el encargado de dirigir y controlar el funcionamiento de la planta.

- Secretarias: mantienen la relación entre los departamentos existentes, así como la liquidez de la empresa con respecto a cobros y pagos que se deban realizar.
- Gestor del sistema: encargado de controlar los procedimientos y normas establecidas para que la elaboración de los productos se realice de la manera correcta.
- Jefe de bodega central: verifica la entrada y salida de producto, ya sea materia prima o producto terminado.
- Jefe de control de calidad: comprobar la calidad de los productos (en el laboratorio), para que puedan ser aceptados o rechazados.
- Encargado de compras: tiene a su cargo todas las compras que se realicen dentro de la planta.
- Jefe de producción (polvos y granulados): tiene a su cargo la toma de decisión de cuanto y como se deben producir los productos sólidos.
- Jefe de producción (líquidos): todo producto líquido que se fabrique en la planta es autorizado por él.
- Jefe de ingeniería y mantenimiento: persona que tiene a su cargo las reparaciones que se hacen a la maquinaria e instalaciones dentro de la planta.

- Bodegueros: trabajadores los cuales entregan producto a los compradores, etiquetan y entregan producto a las diferentes áreas.
- Laboratoristas: llevan a cabo las pruebas respectivas a los productos que se fabrican.
- Jefe de grupo: persona encargada de llevar a cabo las formulaciones necesarias para la elaboración de cada producto. Encargados de dirigir a los operarios.
- Mecánicos, electricistas: llevan a cabo las reparaciones e implementaciones necesarias para el buen funcionamiento de las máquinas.

Figura 1. Organigrama de la empresa



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.



## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL: APLICACIÓN DE MANUFACTURA ESBELTA EN EL TALLER DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGROQUÍMICOS**

### **2.1. Situación actual del taller de máquinas y herramientas**

Para realizar el diagnóstico sobre los problemas en los procesos de trabajos en el taller de máquinas y herramientas de la planta Bayer S. A. de Amatlán, se utilizarán diversas herramientas tales como análisis causa raíz, e inspecciones visuales.

Al realizar el diagnóstico se observaron que el taller de máquinas y herramientas presenta falencias como: paros en los procesos de mantenimiento, incrementos en los costos, reducida información técnica para trabajar, los procesos requieren de un esfuerzo excesivo, carecen de herramientas y de una organización adecuada de las mismas, no se tienen delimitadas sus secciones; además sus lugares de trabajo son inadecuados, se usa parcialmente la capacidad instalada, así como también desinterés por parte de quienes hacen posible el cumplimiento de las actividades de mantenimiento y reparaciones.

La problemática enunciada en el párrafo anterior, hace que el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento y los directivos en general de la planta Amatlán requieran que se den soluciones a estas deficiencias mediante un estudio profesional y técnico.

En cuanto al trabajo realizado en el taller de máquinas y herramientas:

- El personal no tiene claras sus responsabilidades según el organigrama administrativo y no se encuentra organizada adecuadamente los sitios de trabajo.
- No se tiene definida la misión, visión y objetivos del taller.
- No se maneja un plan adecuado de mantenimiento.
- Las herramientas y equipos son desactualizados e incrementan los tiempos muertos.
- La organización de las herramientas y equipos no es adecuada.
- La información técnica que se tiene a disposición es aceptable, sin embargo se debe mantener actualizada.

### **2.1.1. Operaciones de área**

Actividades que se realizan en el taller:

- Almacenamiento de equipos, materiales e insumos
- Control de Dotación (uniformes y equipos de protección personal)
- Trabajos de fabricación y soldadura
- Trabajos en máquinas y herramientas
- Manejo de desechos no contaminantes
- Mantenimiento de los vehículos de la compañía
- Control de transportación

Estas actividades se realizan de manera independiente, pero por el hecho de estar ubicadas en el mismo lugar y debido a la proximidad que tienen una de la otra se generan ciertos choques o confusiones durante su desarrollo, por lo que de esta manera se presume inicialmente que puede existir un problema de distribución de las actividades en esta área de trabajo.

### 2.1.2. Máquinas y herramientas utilizadas en el taller

En lo referente a máquinas y herramientas la sección de taller cuenta con las siguientes descritas en la tabla IV.

Tabla IV. **Máquinas y herramientas del taller**

Tornos
Taladros
Cepillo eléctrico
Máquinas para soldar
Sierra eléctrica (vai-ven)
Pulidoras
Rectificadoras
Cortadoras
Esmeriles tipo pedestal
Llaves de todo tipo
Cortadora plasma
Dobladora de lámina
Desarmadores
Instrumentos de medición
Polipastos
Barrenos

Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.



Estas son las herramientas que son más utilizadas en el taller pero se cuentan con muchas más.

### **2.1.2.1. Torno**

El taller de máquinas y herramientas cuenta actualmente con dos tornos, uno especialmente utilizado para rectificado y calzado de rodillos hechos de una aleación de acero al carbono, cada rodillo con un peso aproximado de 7 quintales y se cuenta con 20 rodillos. El otro torno utiliza el método de maquinado más común y se usa para fabricar piezas de revolución (discos, ejes, bridas, anillos, tuercas) mediante el desprendimiento de material utilizando herramientas cortantes.

Los principales trabajos de torneado que se realizan en dicho torno son:

- Maquinado de superficies cilíndricas exteriores
- Maquinado de superficies cónicas exteriores
- Refrentado y chaflanado
- Ranurado y tronzado
- Maquinado de superficies cilíndricas y cónicas interiores
- Taladrado
- Roscado exterior
- Roscado interior
- Maquinado de superficies perfiladas
- Moleteado

Los procesos de torneado se ven afectados por distintas causas:

- Acabado irregular de las piezas de trabajo: cuando el acabado superficial difiere en las distintas zonas de la superficie maquinada, ocasionados por algún error en los parámetros del proceso, o por errores de planeación y de operación del torno.
- Mala selección de la herramienta de corte: la acumulación de viruta es una señal de la mala selección. Se debe seleccionar la herramienta de corte adecuada, porque de lo contrario se incurre en una pérdida de recursos y de tiempo para la empresa.
- Errores de colocación o sujeción de la pieza de trabajo: originan un inadecuado acabado de las piezas la mala colocación o sujeción de las piezas y algún desplazamiento del contrapunto. Al utilizarse parámetros arbitrarios para la realización del torneado se corre el riesgo de que las piezas se deformen debido a la acción de las fuerzas de corte y a errores en la sujeción.

Figura 2. **Torno uno**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

Figura 3. **Torno dos**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

### **2.1.2.2. Taladros**

En el taller de máquinas y herramientas actualmente se encontraron dos diferentes tipos de taladro:

- Taladro tipo pedestal: estos taladros se encuentran en el área del taller, específicamente se cuentan con tres y son utilizados cuando se necesita una mayor potencia y producen por lo tanto mayor trabajo. Esta constitución mucho más robusta permite a este tipo de taladros efectuar agujeros de hasta 150 milímetros de diámetro. La mesa es desplazable a lo largo de ella, lo que permite una mayor envergadura para practicar agujeros. Están equipados con ruedas cónicas y con una palanca de retroceso de giro pudiéndose entonces emplear para la operación de roscado.

- Taladro de mano: el taller cuenta con este tipo de taladro y puede decirse que están formadas por un bloque muy compacto y de poco peso, lleva un motor que hace girar el eje porta-herramientas a través de un reductor de velocidades. También lleva las correspondientes empañaduras para su manejo. Estos modelos pequeños tienen una empañadura en forma de culata de pistola mientras que otras más pesadas llevan dos. Esta máquina consiste en un husillo que imparte movimiento rotatorio a la herramienta de taladrar (broca), un mecanismo para alimentar la herramienta al material y un pedestal.

En forma resumida, son muchas las operaciones de mecanizado que se pueden realizar en un taladro, tales como: escariado, avellanado, refundido, roscado, entre otras.

**Figura 4. Taladro de pedestal**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

### **2.1.2.3. Máquinas de soldar**

Las máquinas para soldar en el taller de mantenimiento son sumamente importantes por tal motivo se cuenta con 6, 4 tipo AC y DC soldadura de electrodo, 1 tipo MIG, y otra tipo TIG. La parte frontal de una máquina para soldar tiene diales para establecer el voltaje y amperaje. Los soldadores MIG tienen un dial de velocidad de cable que toma el lugar del dial de amperaje de un soldador de arco.

Entre los distintos tipos de soldaduras realizadas en el taller de mantenimiento se tienen:

- Soldadura por resistencia

Presenta diversas variantes, como la soldadura por puntos, profusamente utilizada en el sector de automoción y en la fabricación de electrodomésticos y la soldadura por roldana, en operaciones industriales, así como en la fabricación de depósitos de combustible. Otra variante de la soldadura por resistencia es la que se emplea en electrónica, para fundir estaño y unir dos hilos o piezas de cobre.

Este tipo de soldadura presenta escasos si bien es conveniente tener en cuenta algunas recomendaciones de carácter general, a saber:

- Antes de comenzar el trabajo, comprobar que los equipos eléctricos y el instrumental, se encuentran en perfectas condiciones de uso. Al terminar, no extraer la clavija de su enchufe tirando del cable, sino de la propia clavija.

- Disponer el soldador de resistencia en un soporte adecuado, orientando el electrodo en sentido contrario a donde se encuentra el operador y mientras esté caliente no debe dejarse sobre la mesa de trabajo.
- No guardar el soldador hasta que el electrodo esté a temperatura ambiente.
- Evitar la inhalación de los humos que se produzcan en la soldadura, especialmente cuando se utilicen resinas fundentes.

Figura 5. **Máquina para soldar por resistencia**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

- Soldadura por arco

En este tipo de soldadura, la fuente de calor proviene del arco eléctrico que se produce al aproximar dos elementos metálicos en tensión, alcanzándose temperaturas del orden de 3 000 °C.

Los riesgos más frecuentes que se derivan de este tipo de soldadura son básicamente:

- Contacto eléctrico
- Contacto térmico
- Incendio
- Inhalación de humos

Existen dos variantes principales de la soldadura eléctrica por arco:

- Soldadura MIG: es cuando el electrodo, generalmente un hilo de cobre enrollado en una bobina, se va consumiendo a medida que avanza la operación. Esta se lleva a cabo en una atmósfera de gas inerte para evitar oxidaciones y formación de las llamadas perlas de soldadura, consiguiendo así un mejor acabado.

En la figura 6 a continuación se puede apreciar una de las máquinas que posee la empresa.

Figura 6. **Máquina para soldar tipo MIG**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

- Soldadura TIG: es similar al tipo de soldadura anterior, solo que en este, el electrodo no es un hilo continuo, sino una barra metálica delgada que se emplaza en la pistola de soldar, debiendo cambiarse cada vez que se consume, por lo que el proceso es discontinuo. Al igual que en el caso anterior, la operación se lleva a cabo bajo una atmósfera de gas inerte. En la figura 7 se presenta a continuación una de estas máquinas.



Figura 7. **Máquina para soldar tipo TIG**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

#### **2.1.2.4. Sierras eléctricas**

En el taller actualmente cuenta con una sierra eléctrica vai-ven, es una sierra que se utiliza para cortar trozos de barras macizas o huecas de cualquier tipo de sección. La hoja de corte tiene animación de un movimiento alternativo, avanzando y elevándose automáticamente en la pieza.

Figura 8. **Sierra eléctrica (vai-ven)**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

#### **2.1.2.5. Barrenos**

Es una máquina cuyo uso se encuentra ampliamente extendido en diversos sectores de actividad, siendo poco frecuentes y de escasa gravedad los accidentes que se derivan de su manipulación.

Los accidentes que se producen por la manipulación de este tipo de herramientas tienen su origen en el bloqueo y rotura de la broca. Como primera medida de precaución, deben utilizarse brocas bien afiladas y cuya velocidad óptima de corte corresponda a la de la máquina en carga.

Durante la operación del barreno, la presión ejercida sobre la herramienta debe ser la adecuada para conservar la velocidad en carga tan constante como sea posible, evitando presiones excesivas que propicien el bloqueo de la broca y con ello su rotura. El único equipo de protección individual recomendado en operaciones del uso del barreno son las gafas de seguridad, desaconsejándose

el uso de guantes y ropas flojas, para evitar el riesgo de atrapamiento y enrollamiento de la tela.

Figura 9. **Barreno**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

#### **2.1.2.6. Pulidoras**

Las pulidoras utilizadas en el taller son máquinas portátiles utilizadas en la eliminación de rebabas (desbarbado), acabado de cordones de soldadura y amolado de superficies.

El principal riesgo de estas máquinas estriba en la rotura del disco, que puede ocasionar heridas de diversa consideración en manos y ojos. También debe tenerse en cuenta el riesgo de inhalación del polvo que se produce en las operaciones de amolado, especialmente cuando se trabaja sobre superficies tratadas con cromato de plomo, minio, u otras sustancias peligrosas.

El origen de estos riesgos reside en:

- El montaje defectuoso del disco

- Una velocidad tangencial demasiado elevada
- Disco agrietado o deteriorado
- Esfuerzos excesivos ejercidos sobre la máquina que conducen al bloqueo del disco.
- Carencia de un sistema de extracción de polvo

Conviene señalar que los discos abrasivos pueden romperse ya que algunos son muy frágiles. Por ello, la manipulación y almacenamiento debe realizarse cuidadosamente, observando las siguientes precauciones:

- Los discos deben mantenerse siempre secos evitando su almacenamiento en lugares donde se alcancen temperaturas extremas. Asimismo, su manipulación se llevará a cabo con cuidado, evitando que choquen entre sí.
- Escoger cuidadosamente el grano de abrasivo, evitando que el usuario tenga que ejercer una presión demasiado grande, con el consiguiente riesgo de rotura. Conviene asegurarse de que las indicaciones que figuran en el disco, corresponden al uso que se le va a dar.
- Antes de montar el disco en la máquina debe examinarse detenidamente para asegurarse de que se encuentra en condiciones adecuadas de uso.
- Cuando se coloca en la radial un disco nuevo es conveniente hacerlo girar en vacío durante un minuto y con el protector puesto, antes de aplicarlo en el punto de trabajo.
- Los discos abrasivos utilizados en operaciones de amolado con máquinas portátiles deben estar permanentemente en buen estado, debiendo rechazar aquellos que se encuentren deteriorados o no lleven las indicaciones obligatorias (grano, velocidad máxima de trabajo, diámetro máximo y mínimo, etc.).

En lo concerniente a las condiciones de utilización, deben tenerse en cuenta las siguientes:

- No sobrepasar la velocidad máxima de trabajo admisible o velocidad máxima de seguridad.
- Disponer de un dispositivo de seguridad que evite la puesta en marcha súbita e imprevista de estas máquinas.
- Asegurar la correcta aspiración de polvo que se produce en el transcurso de las operaciones de amolado. Hay radiales que llevan incorporado un sistema de extracción en la propia máquina.
- Parar inmediatamente la máquina después de cada fase de trabajo.

En cuanto a los equipos de protección individual de uso obligatorio cuando se trabaja con este tipo de máquinas portátiles son los siguientes:

- Gafas de seguridad de montura cerrada o pantalla protectora
- Guantes de seguridad contra cortes y abrasión

Mandil especial de cuero grueso contra el contacto fortuito del disco con el cuerpo, cuando sea necesario adoptar posturas peligrosas.

Figura 10. **Pulidora**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

#### **2.1.2.7. Esmeriles**

Actualmente el taller de mantenimiento cuenta con esmeriles tipo pedestal, los cuales sirven para el afilado de las herramientas del taller mecánico, así como para el desbarbado de pequeñas piezas. Llevan dos muelas o dos herramientas abrasivas fijadas en cada extremidad del eje motor. La pieza a desgastar o afilar es sujeta con la mano y se adhiere a la muela para trabajarla.

Figura 11. **Esmeril**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

### **2.1.3. Evaluación de la ubicación de la maquinaria**

El Departamento de Ingeniería y Mantenimiento cuenta con su respectivo taller que actualmente está acondicionado para realizar todo tipo de trabajos. Cuenta con 2 diferentes áreas: una para trabajos eléctricos y otra para los mecánicos, las cuales no están debidamente identificadas. También tiene un área didáctica, 3 oficinas, 1 bodega, sanitarios y vestidores para los trabajadores del taller.

Para la distribución de maquinaria, equipo y herramienta del taller de mecánica, se debe tomar en cuenta la estructura del edificio para ubicar la maquinaria que se encuentra almacenada en la bodega o reubicar la existente y de esta manera mejorar el orden los procesos de trabajo.

En el taller de mecánica la mayoría de maquinaria y equipo que se tiene es de posición fija. Lo que se necesita mejorar en el taller es el aprovechamiento de los espacios que no se están utilizando y el ordenamiento de las áreas de trabajo para beneficio de los participantes.

Los cambios que se proponen realizar se hacen con la finalidad de mejorar el desarrollo de las actividades del taller de mecánica industrial. El beneficio que se obtendrá es tener la reducción de distancias y tiempo en el movimiento de las personas de un área a otra, agilizando con esto el desarrollo de las actividades en el taller.

Actualmente en el área del taller de mantenimiento se encuentra la maquinaria que se presenta en la tabla V a continuación.

Tabla V. **Maquinaria actual**

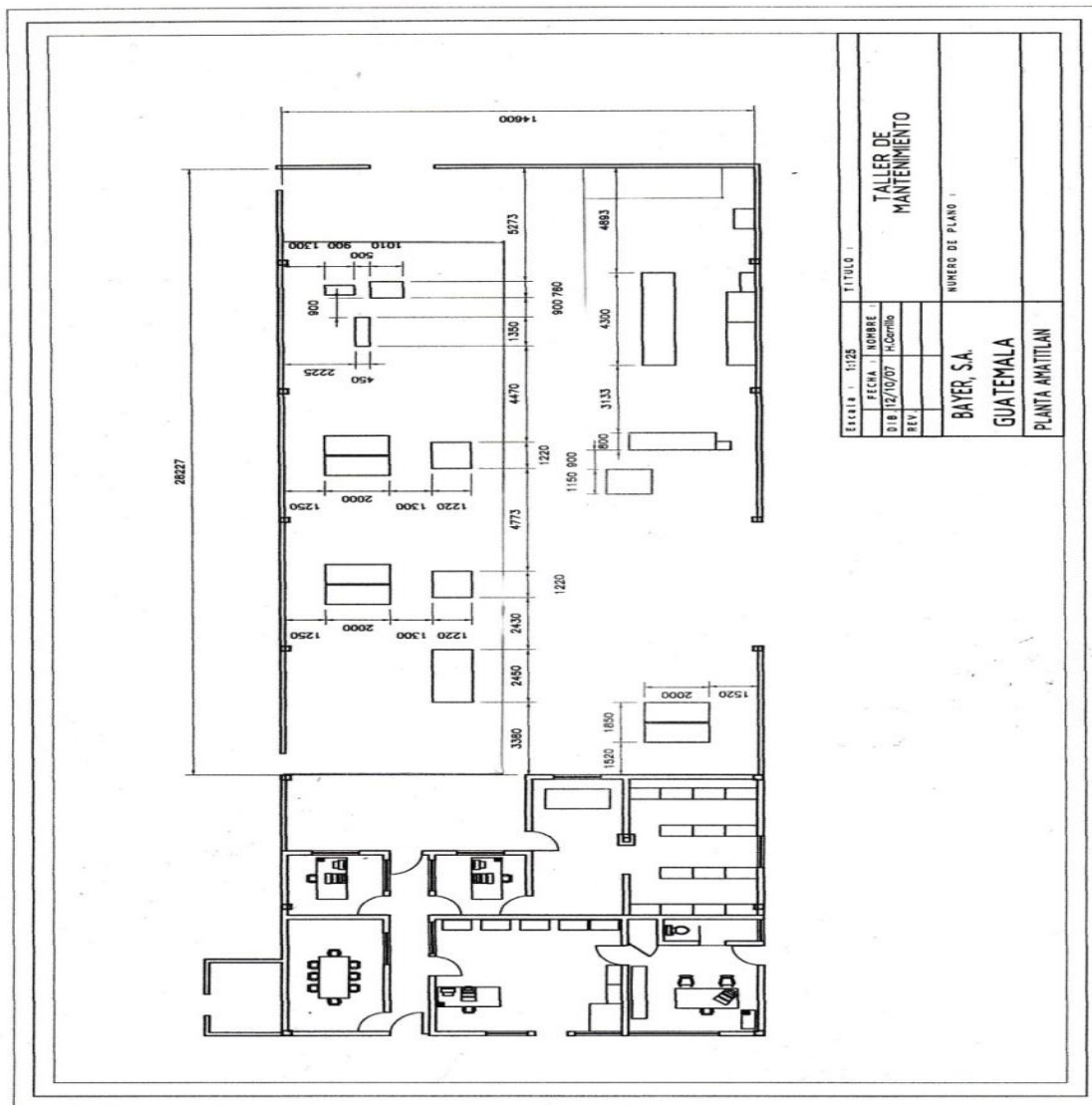
2 tornos
3 taladros de pedestal
2 taladros radiales
6 máquinas para soldar
1 sierra eléctrica (vai-ven)
7 bancos para trabajos
1 cepillo
3 esmeriles tipo pedestal
1 prensa hidráulica

Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.



A continuación se muestra el plano con las características físicas de área, de la maquinaria y de equipo que se encuentra en el taller de ingeniería y mantenimiento.

Figura 12. **Plano del taller de mantenimiento**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

#### **2.1.4. Mantenimiento**

Es responsabilidad del jefe del taller de ingeniería y mantenimiento, bajo la supervisión de los jefes técnicos de las 2 áreas, tanto de mecánicos como los electricistas, ejecutar el programa anual de mantenimiento preventivo de maquinaria y equipo; en el que describen las actividades, ubicación, frecuencia, fechas, reprogramaciones; el mismo, debe ser evidenciado en el programa anual de mantenimiento preventivo y correctivo de maquinaria y equipo.

Toda maquinaria y equipo que por su uso intensivo y por sus características propias de desgaste sea susceptible de mantenimiento preventivo, debe ser comprobado en la bitácora de mantenimiento y reparaciones de maquinaria y equipo. Cada máquina o equipo tiene su respectiva bitácora para un control individual.

Actualmente el equipo del taller de ingeniería y mantenimiento solo se dedica a dar mantenimiento, tanto preventivo como correctivo en las maquinarias ubicadas en las áreas de producción y un problema evidenciado que se da es que no practican un mantenimiento en su propia área del taller donde están ubicadas sus maquinarias.

Al momento de realizar un mantenimiento correctivo con las maquinarias del taller de ingeniería y mantenimiento se observa que no existe un historial de los repuestos utilizados en las máquinas y los equipos. Esto es necesario para tener un inventario de repuestos, y en el momento que se requieran puedan utilizarse en los mantenimientos preventivos y correctivos.

Con la implementación del inventario se agilizará el tiempo en que se reparen las máquinas y equipos. Además será de beneficio ya que no habrá retrasos en la programación de las clases prácticas para los participantes del taller de ingeniería y mantenimiento.

### **2.1.5. Enfoque del marco lógico**

Para la realización del enfoque del marco lógico a fondo, se debe ir más allá de los componentes físicos de la falla o raíces físicas y analizar las acciones o raíces humanas que se dan en el taller de mantenimiento, lo cual implica analizar por qué hicieron eso, si es debido a procedimientos incorrectos, a especificaciones equivocadas o a falta de capacitación, lo cual puede sacar a la luz raíces latentes, es decir inadecuadas en el gerenciamiento, que de no corregirse, pueden hacer que la falla se repita nuevamente o en los mismos procesos de trabajos.

El producto principal del enfoque del marco lógico a fondo es un plan de acción con la estrategia que implementará en el departamento para reducir el riesgo de eventos similares en el futuro. El plan debe definir las acciones concretas que deberán realizarse, los responsables y los plazos de implementación.

El enfoque del marco lógico a fondo mira más allá del error humano. Su interés está en el sistema, es decir, en el origen de la cadena de errores: las fallas latentes o causa raíz. Una causa raíz es la razón fundamental (o una de las razones fundamentales) que explica la falla o la ineficiencia del proceso de atención. Cuando las soluciones se dirigen a estas causas, el impacto sobre la seguridad de la atención es mayor.

Por eso, el análisis causa raíz trata de lograr el involucramiento y la participación activa de los miembros del equipo de salud en el análisis sistemático y estructurado de los eventos adversos para mejorar la calidad y garantizar la seguridad en la atención de los y los trabajos realizados por los operarios del taller de máquinas y herramientas.

El producto principal del enfoque del marco lógico a fondo es un plan de acción con la estrategia que implementará la organización para reducir el riesgo de eventos similares en el futuro. El plan debe definir las acciones concretas que deberán realizarse, los responsables y los plazos de implementación.

#### 2.1.5.1. Análisis de involucrados

Es muy importante estudiar a cualquier persona o grupo, institución o empresa susceptible de tener un vínculo con un proyecto dado. El análisis de involucrados permite optimizar los beneficios sociales e institucionales del proyecto y limitar los impactos negativos.

Tabla VI. **Análisis de personas involucradas en los trabajos del taller de máquinas y herramientas**

<b>Núm.</b>	<b>INVOLUCRADOS</b>	<b>INTERÉS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	Mecánicos, eléctricos, albañil	Beneficio	Ellos recibirán documentación para desempeñar de mejor manera su trabajo, esto se transmitirá a una mayor limpieza en el banco de trabajo, eficiencia en el desempeño de la actividad laboral bajo especificaciones técnicas.

Continuación de la tabla VI.

2	Jefe de mecánicos, jefe de electricistas	Beneficio	Fácil control y mantenimiento de las máquinas y herramientas utilizadas por el equipo de trabajo del cual se encargan.
3	Jefe de mantenimiento	Beneficio	Ahorro de tiempo necesario para la obtención del equipo a ser utilizado para el desempeño de su trabajo.

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.5.2. Análisis del problema

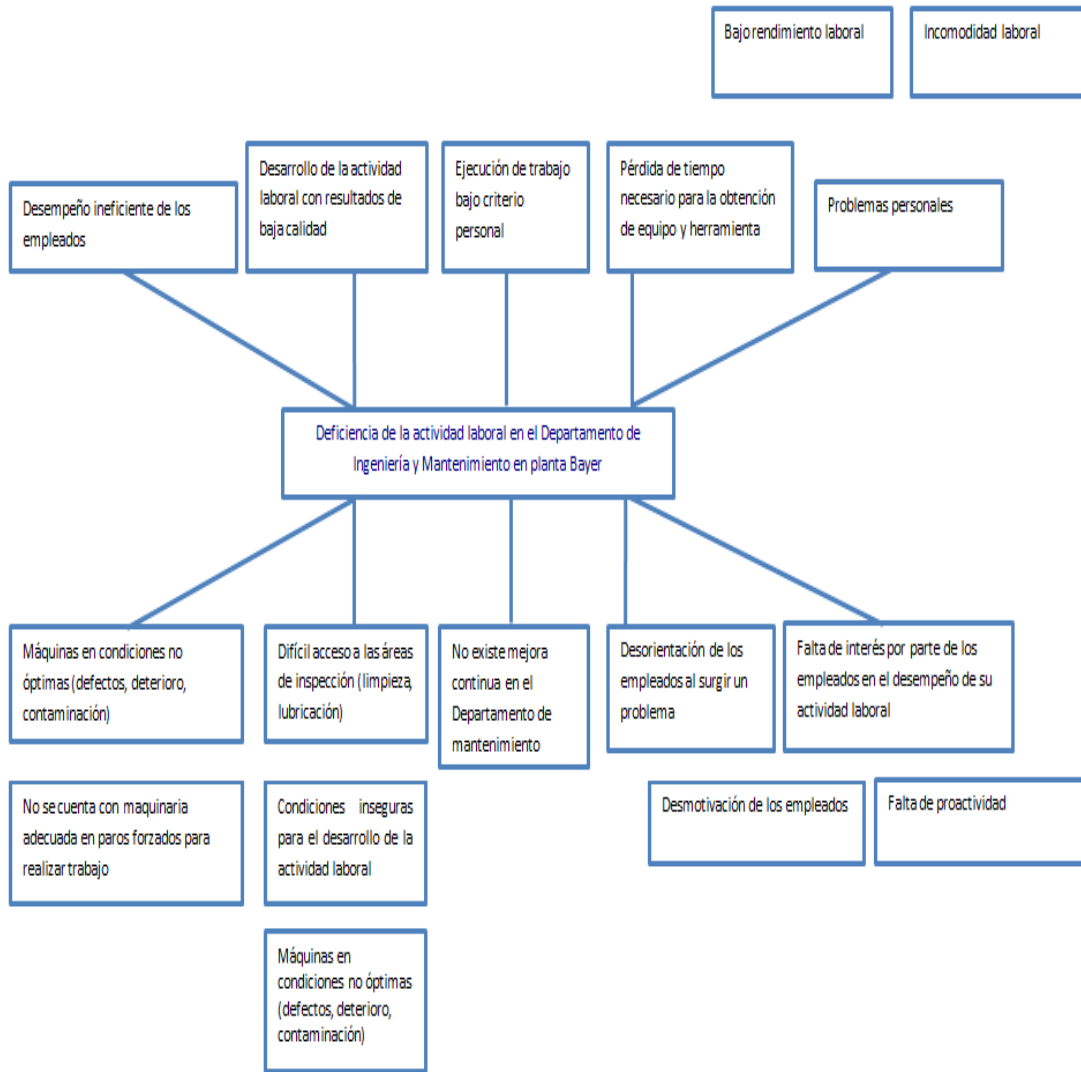
Al preparar un proyecto, es necesario identificar el problema que se desea intervenir, así como sus causas y sus efectos. El procedimiento contempla los siguientes pasos:

- Analizar e identificar lo que se considere como problemas principales de la situación a abordar.
- A partir de una primera lluvia de ideas, establecer el problema central que afecta a la comunidad, aplicando criterios de prioridad y selectividad.
- Definir los efectos más importantes del problema en cuestión, de esta forma se analiza y verifica su importancia.
- Anotar las causas del problema central detectado. Esto significa buscar qué elementos están o podrían estar provocando el problema.

- Una vez que tanto el problema central, como las causas y los efectos están identificados, se construye el árbol de problemas. El árbol de problemas da una imagen completa de la situación negativa existente.
- Revisar la validez e integridad del árbol dibujado, todas las veces que sea necesario. Esto es, asegurarse que las causas representen causas y los efectos representen efectos, que el problema central este correctamente definido y que las relaciones (causales) esté correctamente expresado.

Para especificar los problemas que se presentan actualmente en la empresa se desglosa a continuación el siguiente árbol de problemas representado en la figura 13.

Figura 13. **Árbol de problemas**



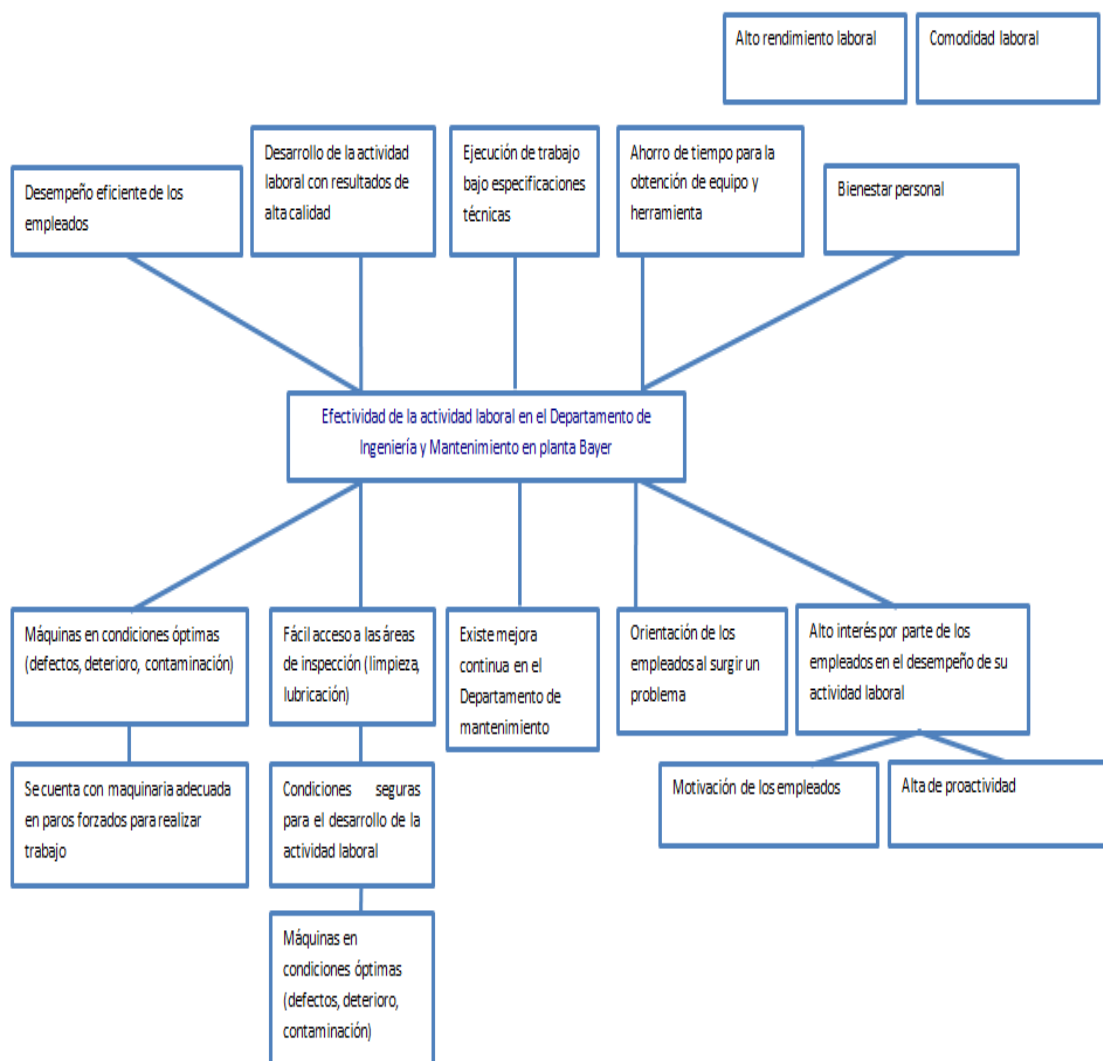
Fuente: elaboración propia, con base al programa Word.

### 2.1.5.3. **Análisis de objetivos**

El análisis de los objetivos permite describir la situación futura a la que se desea llegar una vez se han resuelto los problemas. Consiste en convertir los

estados negativos del árbol de problemas en soluciones, expresadas en forma de estados positivos. De hecho, todos esos estados positivos son objetivos y se presentan en un diagrama de objetivos en el que se observa la jerarquía de los medios y de los fines.

Figura 14. **Árbol de objetivos**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Word.



#### 2.1.5.4. Propuestas de alternativas

A partir de los medios que están más abajo en las raíces del árbol de problemas, se proponen acciones probables que puedan en términos operativos conseguir el medio.

Tabla VII. **Propuestas y alternativas**

CRITERIOS	ALTERNATIVA 1: Mejores operaciones y procedimientos en los trabajos del taller de máquinas y herramientas.	ALTERNATIVA 2: Realización de listas de verificación de los equipos del taller de máquinas y herramientas.	ALTERNATIVA 3: 1 + 2 COMBINADO
Costo	Bajo	Alto	Alto
Posibilidades de éxito	Bajo	Bajo	Alto
Costo/beneficio	Alto	Bajo	Alto
Horizonte de tiempo	Corto	Largo	Largo
Riesgo social	Pequeño	Pequeño	Pequeño

Fuente: elaboración propia.

#### **2.1.5.5. Selección de la alternativa óptima**

Este análisis consiste en la selección de una alternativa que se aplicará (n) para alcanzar los objetivos deseados. Durante el análisis de alternativas o estrategias, conviene determinar los objetivos dentro de la intervención y de los objetivos que quedarán fuera de la intervención. El análisis requiere:

- La identificación de las distintas estrategias posibles para alcanzar los objetivos.
- Criterios precisos que permitan elegir las estrategias
- La selección de la estrategia aplicable a la intervención

Se determinó que la mejor propuesta para resolver el problema es:

- Desarrollo de mejora continua para la efectividad de la actividad laboral en el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento en planta Bayer.

#### **2.1.5.6. Matriz de marco lógico del proyecto**

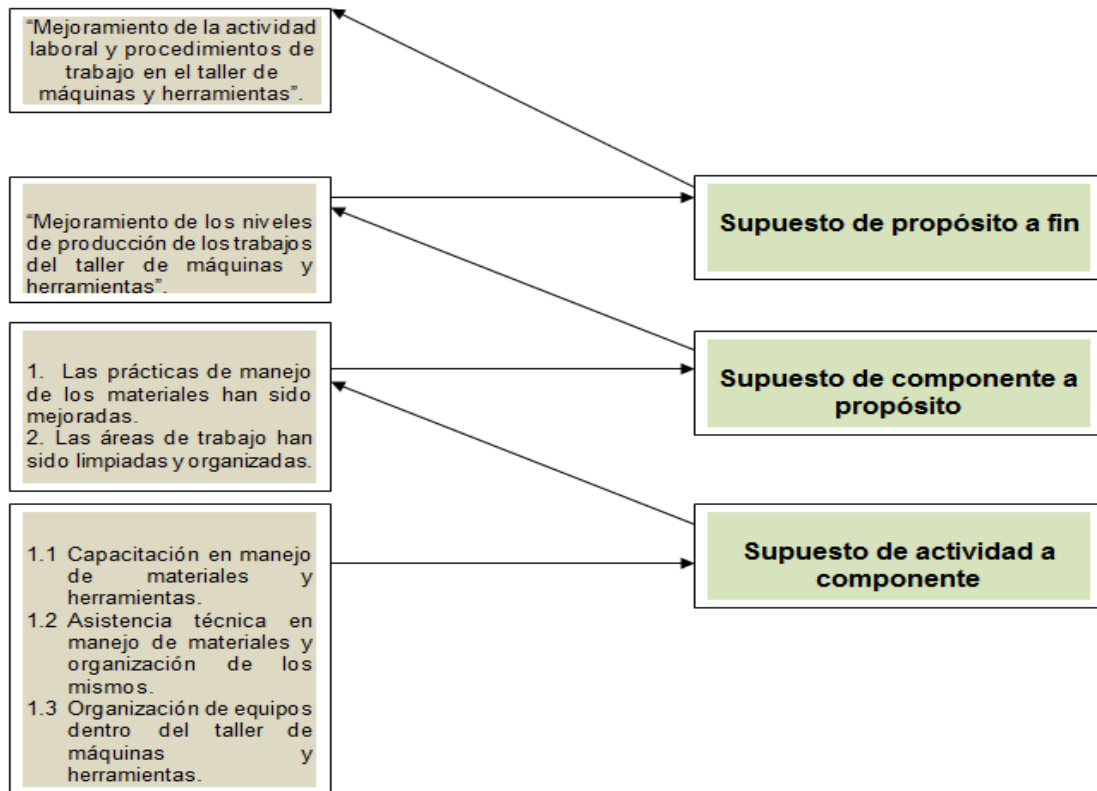
Teniendo ya seleccionada una alternativa, previo a la construcción de la matriz de marco lógico es recomendable construir la EAP (Estructura Analítica del Proyecto) para establecer niveles jerárquicos, como el fin, el objetivo central del proyecto (propósito), los componentes (productos) y las actividades.

Tabla VIII. **Matriz del marco lógico del proyecto**

NIVEL DE OBJETIVO	INDICADOR	MEDIO DE VERIFICACIÓN	SUPUESTO
<p>Fines:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mejorados los trabajos de los operarios del taller de máquinas y herramientas</li> <li>Controladas los materiales y herramientas</li> </ul>	<p>Al término del año:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Incrementados en más de 20 % los gastos de materiales.</li> <li>Reducidas las pérdidas de tiempo, rechazos de trabajos</li> <li>Ausencias de materiales y herramientas.</li> </ul>	<p>Registros contables y verificaciones anuales de tecnólogos visitantes al término de los trabajos.</p> <p>Inspecciones aleatorias en el departamento o/año, durante trabajos a realizar.</p>	<p><u>De sostenibilidad</u></p> <p>Se mantiene un sistema de asistencia técnica para asegurar la continuidad de las prácticas.</p> <p>Se monitorean los efectos en los trabajos desempeñados.</p>
<p>Propósito:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realización de trabajos y procedimientos sin problemas de desarrollo</li> </ul>	<p>El promedio de pérdida de tiempo por parte de los trabajadores por mala inducción al realizar los trabajos para por los rechazos.</p>	<p>Registros de producción, verificación de tecnólogos visitantes durante los trabajos. Encuesta anual a los trabajadores.</p>	<p><u>De propósito a fin</u></p> <p>Realización de los trabajos eficientemente.</p>
<p>Componentes – resultados:</p> <p>1. Establecido sistema de recolección de datos para la verificación en los trabajos de los operarios del taller de mantenimiento e ingeniería.</p> <p>2. Implantada variedad de fruta resistente al deterioro de la recolección</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Introducido nuevo sistema de mejora continua eliminando los desperdicios, todo lo que no le agregue valor a los trabajos reduciremos con el 15% de desperdicios en el mismo.</li> <li>Al menos el 75 % de los problemas en la bodega de máquinas y herramientas se da por no tener inventarios actualizados.</li> </ul>	<p>Actas de entrega del componente de proyecto</p> <p>Informes semestrales de cumplimiento parcial de la gerencia y de la interventoría (supervisión) del proyecto.</p> <p>Informes semestrales de tecnólogos visitantes.</p>	<p><u>De componente a propósito</u></p> <p>Operarios verifican aplicación de nuevas prácticas durante el trabajo.</p> <p>Condiciones climatológicas de trabajo en equipo son favorables.</p>
<p>Actividades:</p> <p>1.1 Diseñar y reestructurar procedimientos para recolección</p> <p>1.2 Capacitar operarios</p> <p>1.3 Establecer sistemas para selección con idoneidad.</p> <p>1.4 Diseñar y establecer sistema de incentivos para estimular recolección con calidad.</p> <p>2.1 Adaptar y mejorar el ordenamiento del taller de máquinas y herramientas.</p>	<p><u>Total: Q 2 340,00</u></p> <p>Q 200,00</p> <p>Q 540,00</p> <p>Q 100,00</p> <p>Q 120,00</p> <p>Q 1 380,00</p>	<p>Informes trimestrales de la gerencia del proyecto</p> <p>Informes mensuales de la unidad financiera del proyecto</p> <p>Informes mensuales de avance de obra de las gerencias de componentes y de los responsables de actividades.</p>	<p><u>De actividad a componente</u></p> <p>Operarios acogen recomendaciones del proyecto.</p> <p>Operarios y jefes facilitan capacitación de su personal.</p> <p>La adaptabilidad de las herramientas y equipos es compatible con las condiciones de trabajos.</p> <p>Operarios introducen nueva variedad</p>

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Validación de la propuesta



Fuente: elaboración propia.

Al detectar una situación de baja confiabilidad operacional, se está frente a una situación con gran potencial de mejora, si se analizan los distintos factores que afectan a la misma. Frente al caso particular del taller de máquinas y herramientas, el análisis de causa raíz fue aplicado a gran cantidad de fallas y fueron encontradas, tal como se mencionó anteriormente, raíces físicas, raíces humanas y raíces latentes. El análisis causa raíz fue aplicado tanto en forma reactiva frente a fallas complejas en forma proactiva para fallas repetitivas.

### **2.1.6. Análisis de desperdicios**

Es importante analizar cada uno de los desperdicios que se dan en el taller de máquinas y herramientas como en sus bodegas, es necesario realizar el problema con todos los datos posibles. Por eso es crítico que los operarios estén involucrados en el análisis, pues ellos normalmente son los que mejor conocen el proceso y pueden suministrar mucha información.

Una vez se tenga una propuesta de solución, es crítico que sea estandarizada, con el fin de garantizar que cada operario que efectúe esa operación, disponga del mismo nivel de información y pueda efectuarla de la misma manera que todos los demás operarios. Posteriormente, se debe confirmar que efectivamente la solución propuesta está reportando las mejoras esperadas y nuevamente observar la operación en busca de nuevas oportunidades de mejora.

Para facilitar la investigación de los desperdicios existe una clasificación reconocida mundialmente que permite clasificarlos de manera rápida y eficiente ayudando a su vez a encontrar soluciones a los problemas que se generan, las cuales son:

- Sobreproducción
- Inventario
- Reparación/rechazos
- Sobreprocesamiento
- Movimiento
- Espera
- Transporte

### **2.1.6.1. Sobreproducción**

En el taller de mantenimiento al igual que en el sistema justo a tiempo, adelantarse al programa de producción o trabajos a realizar se considera como peor que retrasarse. Producir más de lo necesario genera despilfarro: el consumo de materias primas antes de que éstas se necesiten; el consumo derrochador de mano de obra y de servicios públicos; las adiciones de maquinaria; el espacio adicional para almacenar el exceso de inventario; los costos agregados de administración y transporte.

De todos los muda, el exceso de producción es el peor, este da a las personas un falso sentimiento de seguridad.

Características de la sobreproducción en el taller de mantenimiento:

- Producir por adelantado
- Exceso de equipo/equipo muy grande
- Exceso de capacidad/inversión
- Exceso de desperdicio por partes obsoletas
- Exceso de estantes de almacenaje
- Trabajo en proceso e inventarios de producto terminado
- Flujo de material no balanceado

Posibles causas:

- Sistema de recompensa por poco efectivos
- Falta de comunicación
- Procesos no capaces y pocos confiables

- Tiempos bajos de operación de maquinaria y equipo
- Planeación pobre o nula manufactura esbelta

### **2.1.6.2. Inventario**

Este despilfarro se puede tener en los equipos de trabajo, así como en las bodegas de herramientas del taller de mantenimiento, específicamente en la bodega con los repuestos y los suministros que se mantienen en inventario no agregan ningún valor. Por el contrario, aumentan el costo de operaciones porque ocupan espacio y requieren equipo e instalaciones adicionales, tales como en la bodega y elevadores de cargas. Además, una bodega requiere recursos humanos adicionales para operación y administración.

Mientras el exceso de ítems permanece en inventario y recoge polvo, no se agrega ningún valor, y su calidad se deteriora con el transcurso del tiempo.

Con frecuencia el inventario se compara con el nivel de agua que oculta problemas. Bajar los niveles de inventario ayudará a identificar áreas que necesitan atención y obliga a afrontar problemas, a medida que estos van apareciendo. Esto es exactamente lo que busca el sistema de producción justo a tiempo, para así tener solo lo necesario para realizar los trabajos.

Características de inventarios en el taller de mantenimiento:

- Recursos extras para el manejo del material (hombres, equipo, estantes, espacio de almacenaje).
- Retrabajo de producto terminado.
- Espacio extra en las áreas de recepción de material.
- Congestión de almacenaje que obliga UEPS en vez de PEPS.

Posibles causas:

- Sistemas inexactos de pronóstico
- Proveedores incapaces
- Optimización local
- Planificación pobre del inventario
- Rastreo pobre del inventario

### **2.1.6.3. Reparación/rechazos**

La reparación o retrabajo de un producto o servicio para satisfacer los requisitos de los trabajos cotidianos que se realizan en el taller de mantenimiento, así como desperdicios o desechos de material que se determina que no se puede reparar o trabajar nuevamente.

El rechazo de los productos defectuosos interrumpe la producción de trabajos a realizar y requiere una costosa repetición del trabajo. Con frecuencia, los trabajos defectuosos deben descartarse, lo que significa un despilfarro de recursos y de esfuerzo. En el ambiente de producción masiva una máquina automatizada de alta velocidad con fallas de funcionamiento, puede arrojar una gran cantidad de productos defectuosos antes de que se pueda detener el problema.

Características de reparación/rechazos en el taller de mantenimiento:

- Flujo complejo de material
- Exceso de inventario de mercancía
- Espacio de piso, herramientas y equipo en exceso
- Aumento en quejas con los materiales



- Altos porcentajes de desecho
- Desempeño pobre del plan de producción
- Calidad cuestionable

Posibles causas:

- Altos niveles del inventario
- Herramientas y/o equipo inadecuado
- Procesos incapaces y/o incompatibles
- Entrenamiento insuficiente
- Pobre distribución de planta, manejo innecesario o daños por transporte
- Movimientos innecesarios
- Experiencia de los operarios inadecuada

#### **2.1.6.4. Sobreprocesamiento**

Este es un esfuerzo redundante que se da en el taller de mantenimiento y en las bodegas de herramientas e insumos que no agrega ningún valor a un producto o a un servicio. Algunas veces, la tecnología o el diseño inadecuados conducen a muda en el trabajo de procesamiento en sí.

Un acceso indebidamente distante o un exceso en el procesamiento de la máquina, un accionar improductivo de los tornos y el quitar las virutas que quedan cuando se taladra una lámina constituyen todos ejemplos de muda de procesamiento que se puede evitar. En cada paso en que se trabaja una pieza de trabajo o un elemento de información, se agrega valor y se envía luego al proceso siguiente.

En este caso, procesamiento se da al modificar este tipo de pieza de trabajo o de elemento de información. Con frecuencia, la eliminación de la muda en el procesamiento puede lograrse con una técnica de sentido común y de bajo costo.

Características de sobreprocesamiento en el taller de mantenimiento:

- Refinamiento sin fin del producto/proceso
- Copias excesivas y/o información excesiva
- Cuellos de botella del proceso
- Revisiones y aprobaciones redundantes
- Baja motivación a los operarios
- Maquinaria o instrumentos de medición poco fiables
- Especificaciones confusas de los jefes o encargados

Posibles causas:

- Toma de decisión en los niveles inadecuados
- Movimientos innecesarios
- Procedimientos y políticas ineficaces
- Técnicas o utillajes inapropiados
- Falsos estándares de calidad

#### **2.1.6.5. Movimiento**

Este desperdicio es causado por los movimientos o dificultades que sufren los operarios al realizar sus labores o trabajos que no agregan valor al producto o servicio que realizan (ver anexo A, p. 139).

Cualquier movimiento del cuerpo de una persona, que no se relacione directamente con la adición de valor, es improductivo. Por ejemplo, cuando una persona camina no está agregando valor alguno.

Particularmente debe evitarse cualquier acción que requiera gran esfuerzo físico por parte de un operador, como levantar o llevar un objeto pesado, no sólo porque esto es difícil, sino porque esto representa muda. Si se observa a un operador del taller de mantenimiento trabajando, se ha descubierto que el verdadero momento de adición de valor toma sólo unos cuantos segundos; el resto de sus movimientos representa acciones que no agregan valor.

Características de movimiento en el taller de mantenimiento:

- Exceso de movimiento de equipo.
- Movimientos excesivos para alcanzar objetos o herramientas (estirándose o agachándose).
- Procedimientos complicados e innecesarios.
- Buscar/juntar herramientas en exceso.
- Materiales, herramientas o equipos dispersados por todas partes.

Posibles causas:

- Planeación ineficiente del equipo, la oficina y la planta
- Falta de controles visuales
- Documentación de proceso pobre
- Falta de estandarización
- Organización pobre del lugar de trabajo

### **2.1.6.6. Espera**

Tiempo ocioso que ocurre cuando las actividades que son codependientes no se sincronizan por completo en los trabajos del taller de mantenimiento e incluso en la bodega de herramientas. El muda de espera se presenta cuando: las manos del operador están inactivas, el trabajo de un operador se detiene debido a falta de instrucciones o aprobaciones en sus trabajos, falta de partes de recambio o tiempo de no trabajo u operación de las máquinas, o simplemente el operador supervisa una máquina mientras esta realiza un trabajo que agrega valor. Este tipo de muda es fácil de detectar.

Incluso los procesos inadecuados diseñados provocan que los operarios permanezcan parados mientras otros están saturados de trabajo. Por ello, es precioso estudiar concienzudamente como reducir o eliminar el tiempo perdido durante los trabajos realizados.

Características de espera en el taller de mantenimiento:

- Los operadores ociosos que esperan por equipo
- Carencia de preocupación del operador por interrupciones del equipo
- Cuellos de botella de producción
- Tiempo para ejecutar reproceso
- Paradas no planificadas
- Tiempo imprevisto perdido de la operación del equipo

Posibles causas:

- Métodos de trabajo inconsistentes
- Falta de equipo y/o materiales apropiados

- Tiempos largos de puesta a punto
- Eficacia baja de hombre/máquina
- Mantenimiento pobre del equipo
- Encargado de bodega no tiene sus funciones claras
- Cuellos de botella de producción
- Monopolios de las habilidades o actividades
- Baja coordinación con los operarios

#### **2.1.6.7. Transporte**

El transporte es parte esencial de las operaciones, pero el movimiento de materiales o productos no agrega valor debido a que no apoyan directamente la producción inmediata de trabajos a realizar en el taller.

Junto con el exceso de inventario y la espera innecesaria, la muda de transporte es una forma de despilfarro sumamente visible.

Características de transporte en el taller de mantenimiento:

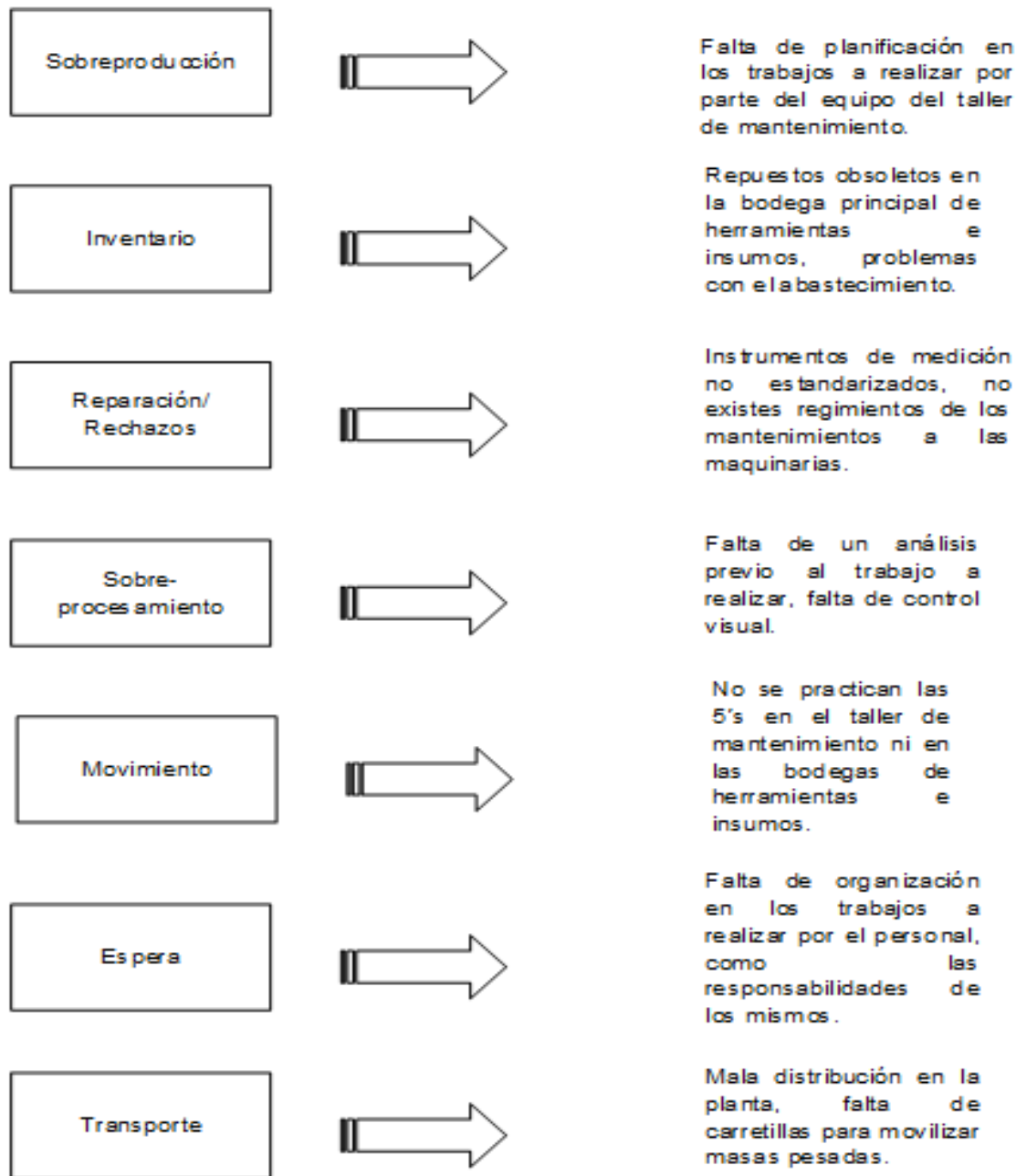
- Administración compleja de inventario.
- Conteos difíciles e inexactos de inventario.
- Demasiados estantes de material.
- Equipo de transporte en exceso y escasez de espacios de estacionamiento para los mismos.
- Altos índices de daño de material por transporte.
- Localizaciones múltiples de material de almacenaje.
- Proporción muy pobre de espacio de almacenamiento contra espacio de producción.

Posibles causas:

- Distribución incorrecta de algunos aparatos en el taller de mantenimiento
- Cantidades muy grandes de inventarios intermedios
- Procesamiento en lotes grandes
- Compra de lotes grandes
- Planeación pobre de trabajos a realizar
- Programación pobre (calendario de mantenimientos)
- Organización pobre del lugar de trabajo

El análisis de los 7 desperdicios dentro del taller de mantenimiento y sus bodegas se puede observar en la figura 17 a continuación.

Figura 16. **Análisis de los 7 desperdicios del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

## **2.2. Aplicación de manufactura esbelta**

Esta aplicación tiene como objetivo establecer una mejora continua en el taller de máquinas y herramientas, mediante la implementación de las 5S's y mediante la eliminación de las causas que producen los 7 desperdicios básicos planteados en la filosofía manufactura esbelta y la planificación de los mantenimientos según la demanda.

Una vez expuestos los problemas y las herramientas a implantar para dar una solución, se procede a la propuesta de implantación de las herramientas escogidas para la elaboración del proyecto en el taller de máquinas y herramientas utilizando manufactura esbelta en la empresa Bayer S. A.

### **2.2.1. Implementación de las 5S's**

Esta herramienta es una de las de mayor aplicación en las industrias a nivel mundial de hecho, es la que más se aplica en estos sectores, la importancia que ha cobrado esta herramienta es por la necesidad surgida en optimizar los diferentes procedimientos ejecutados en la producción. Considerando que en los diferentes puestos de trabajo se debe contar únicamente con elementos materiales necesarios, manteniendo limpias las diferentes áreas, y que la alta gerencia genere el cumplimiento de los diferentes pasos y procedimientos aplicados con base en esta herramienta.

Las 5S's involucra 5 conceptos fundamentales, en torno a los cuales las empresas implementan cada una de las etapas de que consta esta herramienta, considerando los diferentes pasos que cada una de ellas desarrolla.



A continuación se presenta la forma de implementación de cada una de las etapas de las 5S's con base en los pasos que estas involucran: clasificar, ordenar, limpieza, estandarizar, disciplina.

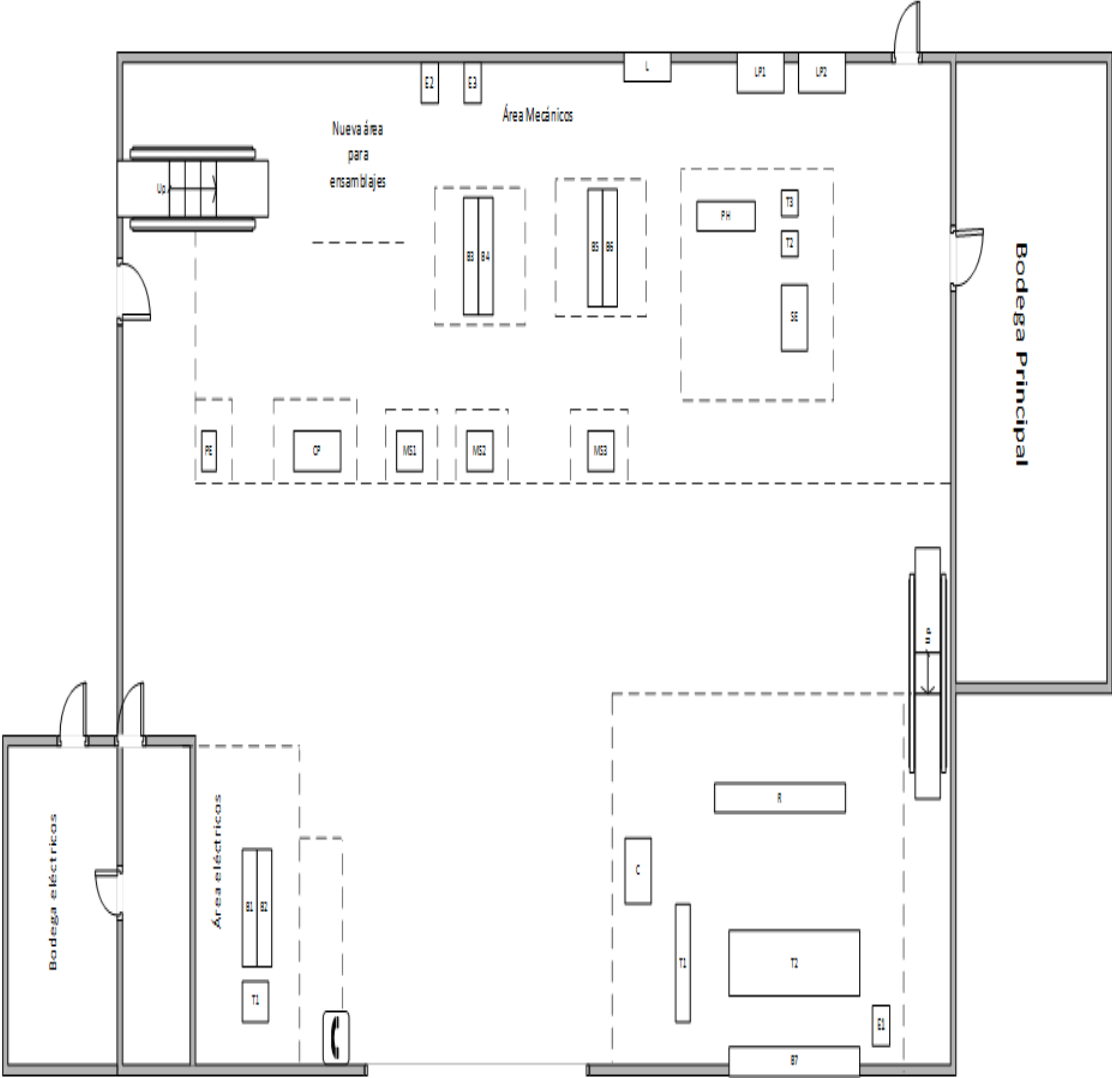
- Para la implantación de esta herramienta y antes de establecer el sistema a utilizar se definió la redistribución de las áreas del taller de mantenimiento, así como la redistribución de maquinaria y equipo. Debido a que las actividades no se desarrollaban en un flujo continuo y con este modelo propuesto, se centraliza la mayor cantidad de actividades en cuatro áreas de trabajo, como: bodega, área de trabajo de los eléctricos, ensamblaje de piezas, área de trabajo de los mecánicos como el área fija de algunas máquinas y herramientas.

Tabla IX. **Nomenclatura del plano del taller de mantenimiento**

<b>NOMENCLATURA</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
B1.....B7	Banco de trabajo
C	Cepillo
MS1, MS2, MS3	Mesa para soldar
T1,T2, T3	Taladro de pedestal
E1,E2, E3	Esmeril
CP	Cortadora de plasma
PE	<i>Pallet</i> eléctrica
LP1, LP2	Lava piezas
L	<i>Lockers</i>
PH	Prensa hidráulica
SE	Sierra eléctrica

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Plano del taller de ingeniería y mantenimiento**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Visio.

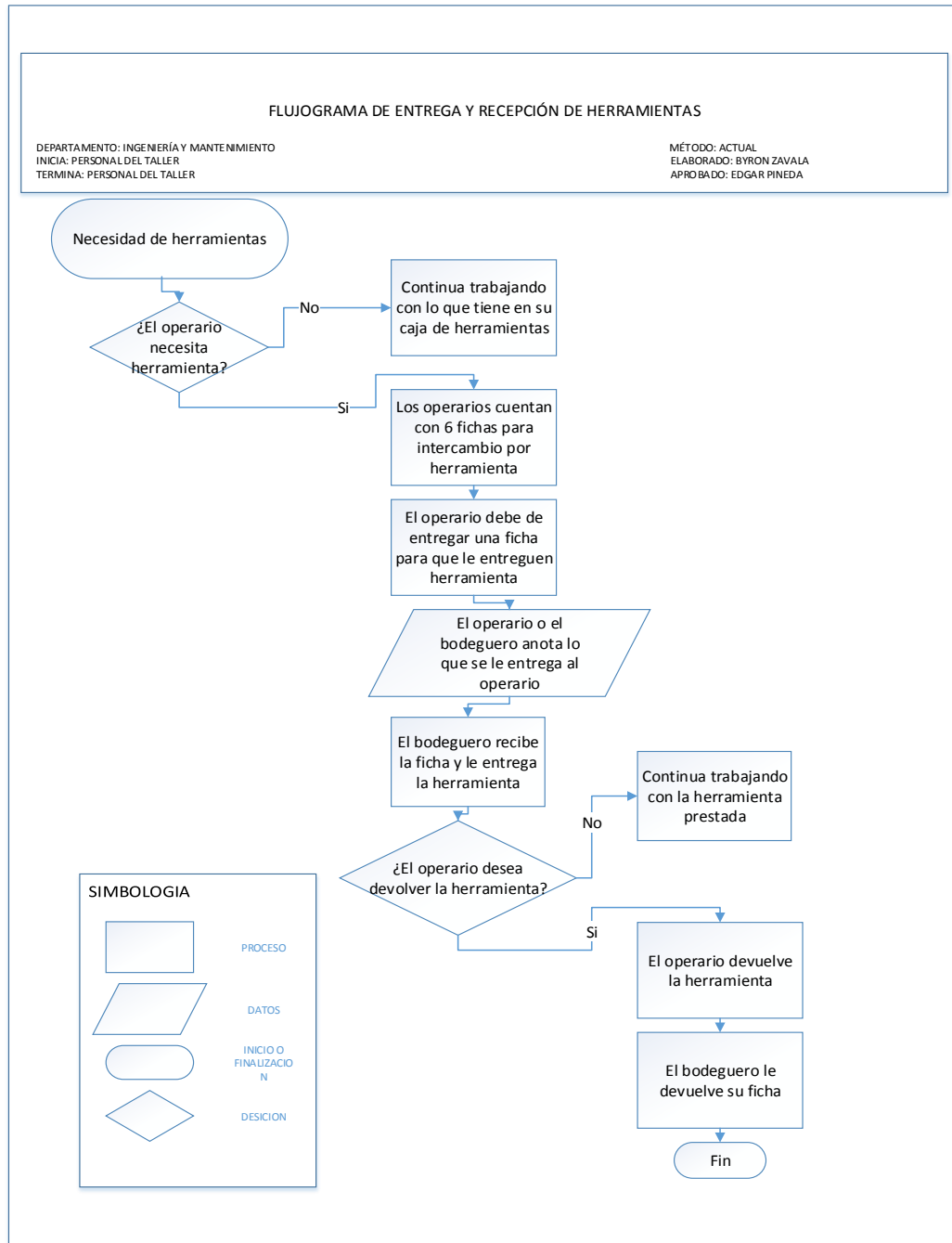
- Implementación de entrega de herramienta: creación de una metodología para la entrega de herramientas al personal del taller.

Distribución al personal del equipo del área de mantenimiento con 6 monedas debidamente identificadas con código para cada uno del personal.

Al momento que el operario necesite una herramienta con la que no cuenta en su caja de herramientas, debe dirigirse a la bodega y pedir la herramienta deseada luego deberá entregar una moneda de identificación, para así establecer un registro de quien tiene dicha herramienta, al momento que la herramienta fue terminada de utilizar el operario debe dirigirse a la bodega a devolver la herramienta y el bodeguero le devolverá su ficha para que continúe el flujo de préstamos de herramienta.

A continuación se presenta el flujo de préstamo de herramientas en la figura 18.

Figura 18. **Flujograma de entrega de herramientas bodega-operario**

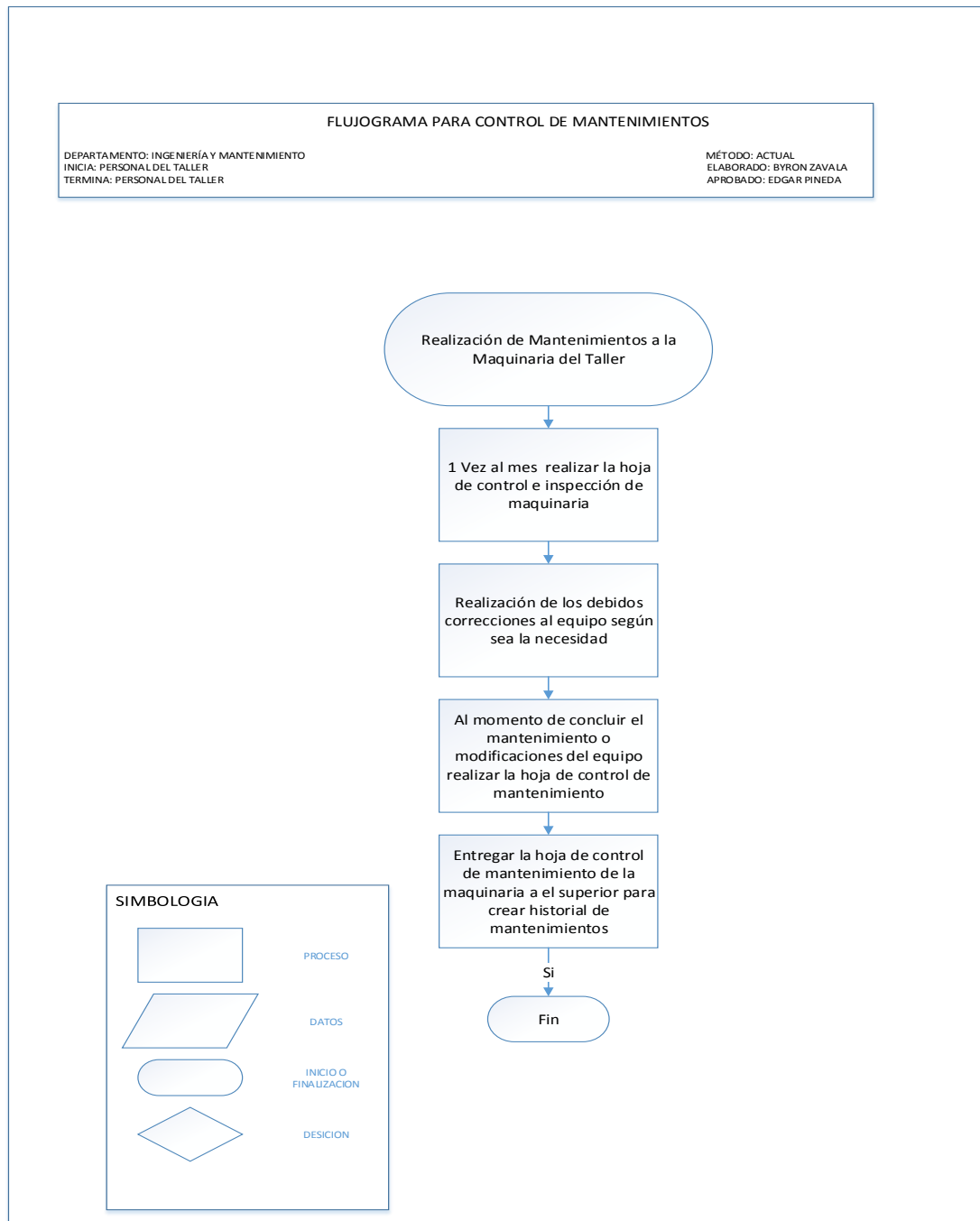


Fuente: elaboración propia, con base al programa Visio.

Este flujo será de suma importancia para tener una mejor limpieza, orden, clasificación, estandarización y disciplina tanto en la bodega del taller como en las áreas de trabajo del personal del taller.

- Utilizando los principios de clasificación, estandarización y disciplina se implementaron las hojas de control e inspección de maquinarias del área del taller de mantenimiento, cuyas hojas constan con las especificaciones de las revisiones de mantenimiento que se les tiene que dar al equipo más utilizado en el taller, las inspecciones serán realizar cada mes, estas serán inspeccionadas por los operarios del taller, cuyo flujo de trabajo se muestra a continuación.

Figura 19. **Flujograma de hojas de control para mantenimientos**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Visio.

- Implementación de un manual para la aplicación de las 5S's en el taller de máquinas y herramientas.
- Realización de trifoliales para el seguimiento de las 5S's el cual consta con una breve explicación sobre el significado, los beneficios y la importancia de las mismas, así como están especificadas cada una de las S y como es el procedimiento a realizar la aplicación de las mismas para que se cumplan con efectividad.
- Implementación de una baranda de seguridad en el segundo nivel del taller de máquinas y herramientas, ya que no se contaba con seguridad al momento de realizar trabajos en dicho lugar, la baranda consta de aproximadamente 16 metros de longitud con una puerta para poder ingresar o sacar materiales que se almacenaran en ese mismo lugar.

Figura 20. **Implementación de baranda en el segundo nivel del taller de máquinas y herramientas (antes-después)**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

- Utilizando los principios de las 5S's en su totalidad se realizó la implementación total de esta herramienta en las bodegas de herramientas, tanto en donde se almacenan los materiales eléctricos como los insumos para los mecánicos. Esta constó con la limpieza y eliminación de materiales obsoletos, organización y clasificación de los materiales y herramientas con las que cuenta dichas bodegas. La estandarización de los lugares donde se colocarán las herramientas y los repuestos para cada máquina por separado como los insumos y materiales a utilizar, y se continuó con la disciplina y capacitación al bodeguero para que continúe y colabore con dichas aplicaciones.

Figura 21. **Aplicación de 5S's en la bodega de herramientas (antes-después)**



Antes

Después

Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

- Herramientas de trabajo y los equipos, prevenir la suciedad y el desorden, se estableció una regla general: cada operario es responsable




de mantener ordenado y limpio diariamente su puesto de trabajo antes, durante y después de la jornada laboral, tomando en cuenta:

- Revisar que se mantengan limpios y en orden los estantes de materiales.
- Retirar basura, polvo, aceite, grasa sobrante de los puntos de lubricación.
- Asegurar la limpieza de la suciedad de las grietas del suelo, paredes, cajones, maquinarias, etc.
- Controlar que todos los desechos se encuentren en sus lugares respectivos.

Para cumplir con estos aspectos se planteó un formato de inspección de orden y limpieza (figura 23), el mismo que deberá se diligenciado una vez al finalizar cada semana laboral.

Figura 22. Hoja de inspección de orden y limpieza

<b>HOJA DE INSPECCIÓN DE ORDEN Y LIMPIEZA DEL TALLER DE MANTENIMIENTO</b> 	
Fecha: Instrucciones: calificar según sea el caso con la siguiente ponderación. 1=Malo, 5=Regular y 10=Excelente	
<b>Instalaciones</b>	<b>Calif</b>
a. Poseen superficies seguras y adecuadas para el trabajo.	<input type="checkbox"/>
b. Están limpias, secas y sin desperdicios o basura.	<input type="checkbox"/>
c. Existe número adecuado de botes de basura.	<input type="checkbox"/>
d. Tienen materiales innecesarios.	<input type="checkbox"/>
e. Todas las paredes y ventanas están limpias.	<input type="checkbox"/>
f. El sistema de iluminación está limpio y en buenas condiciones.	<input type="checkbox"/>
g. Se encuentra bien señalizado en las áreas de trabajo.	<input type="checkbox"/>
<b>Maquinaria y equipo</b>	
a. Están limpios y libre de materiales innecesarios o colgantes.	<input type="checkbox"/>
b. No posee acumulación de polvo o suciedades.	<input type="checkbox"/>
c. Tienen las protecciones correspondientes y en buenas condiciones.	<input type="checkbox"/>
<b>Recursos y materiales</b>	
a. Están ubicados ordenadamente en los estantes.	<input type="checkbox"/>
b. Están en las áreas asignadas.	<input type="checkbox"/>
<b>Herramientas</b>	
a. Están guardadas correctamente.	<input type="checkbox"/>
b. Cuando se les guarda no tienen suciedad, aceite o grasa.	<input type="checkbox"/>
c. Están en condiciones seguras de trabajo.	<input type="checkbox"/>
<b>Pasillos</b>	
a. Permanecen limpios, secos y sin desperdicios o basura.	<input type="checkbox"/>
b. Son seguros y libres de obstáculos.	<input type="checkbox"/>
c. Están marcados claramente.	<input type="checkbox"/>
Inspección realizada por:	Firma:
Próxima fecha de verificación:	

Fuente: elaboración propia.

Para la realización de todos estos proyectos fue necesario la aplicación de esta herramienta de manufactura esbelta que es las 5's que la componen, estandarización, clasificación, ordenar, limpieza y disciplina que se mostrarán como fueron utilizadas a continuación.

- Un trabajo de suma importancia realizado para tener una mejor clasificación sobre los materiales innecesarios o residuos, fue la separación de los mismos, para lo cual se utilizaron 3 botes los cuales sirven para distinguir materiales como: cartón, plástico, chatarra.

Figura 23. **Botes para la clasificación de basura**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

- Se realizó la implementación de las 5s's en el segundo nivel del taller de ingeniería, aprovechando el espacio se comenzó a eliminar materiales obsoletos, se continuo limpiando, ordenando y para finalizar estandarizar los espacios como disciplinando a los operarios para que continúen utilizando esta filosofía.

Figura 24. **Nueva bodega del taller de ingeniería (antes-después)**



Antes

Después

Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

- Continuando con las mejoras del taller se estableció que el taller debe de ser pintado por lo menos una vez al año, lo cual se realizó el mes de agosto, se procedió a limpiar completamente el taller y a pintar su maquinaria dejando así todo en óptimas condiciones.

Figura 25. **Limpieza del taller de ingeniería y mantenimiento**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

### **2.2.1.1. Clasificar**

- Fase 1

Se identifican los elementos innecesarios tanto en el taller de máquinas como en las bodegas del taller. Para poder identificar los elementos innecesarios, es importante que en el departamento en este caso en el taller cree conciencia en su equipo de trabajo para que dediquen un tiempo a la revisión periódica de las áreas de trabajo, de esta manera se logra tener un mejor control sobre los elementos que entorpecen los procesos. Dichas personas deben estar capacitadas para retroalimentar la implementación en caso de que los resultados que puedan obtenerse no sean los esperados.

- Fase 2

Diseño de elementos innecesarios: el departamento debe hacer una lista de elementos innecesarios durante la fase de preparación, la cual permite registrar: los elementos innecesarios, su ubicación, cantidad encontrada, la posible causa y acción sugerida para su eliminación.

Esta lista debe ser hecha por las personas del departamento y clasificar durante el tiempo establecido. Cuando se realice el diseño para eliminar los materiales innecesarios en los puestos de trabajo, el equipo encargado de la implementación, debe considerar cuales elementos estén generando obstáculos a los procesos productivos; con el fin de evitar ineficiencias en la ejecución de la producción por la existencia de elementos que no se hayan considerado a la hora de realizar dicho diseño.

Tabla X. **Listado de elementos innecesarios en el taller de máquinas y herramientas**

<b>Elementos Innecesarios</b>	<b>Ubicación</b>
Pinturas vencidas	Bodega de herramientas
Vernier en malas condiciones	Bodega de herramientas
Pegamentos vencidos	Bodega de herramientas
Balanzas (desmanteladas)	Taller de máquinas y herramientas
Repuestos de máquinas discontinuados	Bodega de herramientas
Sierras en malas condiciones	Bodega de herramientas
Esqueletos para mangas ex. en malas condiciones	Segundo nivel: taller de máquinas y herramientas

Fuente: elaboración propia.

- Fase 3

Plan de acción para retirar los elementos innecesarios en el taller de máquinas y la bodega. Una vez se identifiquen los elementos, materiales o herramientas que resultan ser innecesarios en las áreas del proceso productivo; se debe ejecutar el plan de acción previamente diseñado, para poder hacer los retiros respectivos de los elementos que no son utilizados. Es de suma importancia que las personas encargadas de llevar a cabo el plan de acción hagan pruebas piloto para verificar la adaptación una vez puesto en práctica, estableciendo el cumplimiento de los retiros de materiales o herramientas que han sido analizados a descartar.

- Fase 4

Encontrar un lugar de almacenamiento diferente para las cosas de poco uso frecuente. Cuando se ha establecido cuales elementos se necesitan en las distintas áreas del taller o la bodega, es importante distinguir que tipo de elementos se utilizan con poca frecuencia; para buscar un lugar adecuado en donde ubicarlos, por ejemplo repuestos de máquinas antiguas. Es de considerar que el lugar designado para la ubicación no debe estar retirado de las áreas de trabajo, para evitar pérdida de tiempo cuando es necesario hacer uso de este tipo de elementos.

- Fase 5

Control e informe final. Cuando se implementa la actividad de clasificar, es necesario presentar un informe final para verificar el cumplimiento de dicha actividad de las 5S's. Con esto se puede verificar si se está cumpliendo el propósito de clasificar a los elementos necesarios para llevar a cabo el proceso productivo.

Se utiliza este principio para implementar la tarjeta roja que consta de los siguientes pasos:

- Deshacerse de todo lo innecesario del área de trabajo, en caso de duda:
  - Asignar un área especial para colocación de estos materiales y equipos.
  - Colocarles una etiqueta roja y llevarlos a esta área haciendo una relación.

- Periódicamente revisar el uso futuro o actual de lo que se almacena en el área de tarjetas rojas y tomar decisiones.

Figura 26. **Formato de tarjetas rojas**

Formato de tarjeta roja con los siguientes campos:

- NOMBRE DEL ELEMENTO:
- FECHA:
- ÁREA EN DONDE SE ENCUENTRA:
- RAZÓN POR LA QUE SE COLOCA LA TARJETA:

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.1.2. Limpiar**

- Fase 1

Realización de una campaña o jornada de limpieza. La compañía debe efectuarlas, actualmente se implementó un día al año de limpieza extrema en el taller de máquinas y herramientas, las cuales ayudan a obtener un estándar de la forma en que deben estar los equipos permanentemente. Dicha campaña debe comprometer tanto a la alta dirección como a los operarios, con el fin de buscar que el taller e incluso las bodegas logren niveles óptimos higiénicos, y de esta manera se logra contribuir a que los operarios se sientan cómodos y puedan cumplir con sus diferentes responsabilidades laborales.



- Fase 2

La planificación e inspección de las máquinas y herramientas con que cuenta el taller para la realización de mantenimiento y limpieza. Después de haber realizado la campaña de limpieza, el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento tiene que darle seguimiento, para que no se pierda el ritmo de limpieza que ha sido implantado a través de dicha jornada. Para esto el equipo implementador debe delegar responsabilidades en los operarios para facilitar la efectividad de un mantenimiento que pueda convertirse en hábitos, que al final beneficiarán al departamento.

- Fase 3

Preparar el manual de limpieza en este caso fueron los trifoliales. Es de suma importancia elaborar un manual de entrenamiento para llevar a cabo la limpieza; este manual o trifoliar debe incluir la forma de utilizar los elementos de limpieza, así como la frecuencia y tiempo establecido para realizar esta labor. Las actividades deben incluir la inspección antes del comienzo de turnos, las que tienen lugar durante el trabajo, y las que se hacen al final del turno. Es importante establecer tiempos para estas actividades de modo que lleguen a formar parte del trabajo rutinario. Este manual debe incluir:

- Propósitos de la limpieza.
- Gráfico del equipo donde se indique la asignación de las diferentes zonas a limpiar.
- Mapa que indique los puntos de riesgo que se puedan encontrar durante el proceso de limpieza.
- Fotografía del equipo humano que interviene en el cuidado de las diferentes áreas.

- Elementos necesarios de limpieza y seguridad.
- Diagrama de flujo a seguir.
- Fase 4

Preparar elementos para la limpieza. Deben ser almacenados en lugares fáciles de encontrar y devolver. Se tiene que entrenar al personal sobre el empleo y uso de estos elementos desde el punto de vista de la seguridad y conservación de estos.

- Fase 5

Implantación de la limpieza. Para ello es necesario recabar información sobre las áreas de acceso difícil, ya que en un futuro será necesario realizar acciones de mejora continua para su eliminación, facilitando las futuras limpiezas de rutina. Se deben efectuar inspecciones para poder identificar las posibles mejoras, la información que se obtenga debe guardarse en fichas o listas para su posterior análisis y planificación de las acciones correctivas.

### **2.2.1.3. Ordenar**

- Fase 1

Asignar e identificar un lugar para cada elemento. El departamento debe asignar lugares de almacenamiento, con el propósito de distribuir los elementos necesarios en los puestos de trabajo, considerando que se pueden tener diferentes piezas o materia prima necesaria en el proceso productivo y que deben ser ubicadas en diversos lugares.

- Fase 2

Marcación de la ubicación de los elementos. Una vez se han identificado los lugares que van a ser asignados para el almacenamiento de los distintos materiales necesarios en el desarrollo de la producción o herramientas, se debe delimitar las áreas con marcación de colores llamativos para una fácil identificación de dichos materiales y herramientas para así poder tener un desarrollo del proceso sin demoras de búsqueda de los mismos.

- Fase 3

Determinar la cantidad necesaria de los elementos. Es importante contar únicamente con la cantidad necesaria de los elementos a utilizar para el desarrollo de la producción, ya que de esta manera no se tendrá sobre inventario que pueda ocupar espacio en el lugar de trabajo, en vez de esto puede ser sustituido por herramientas u otros materiales que sí podrían ser utilizados en las labores diarias.

- Fase 4

Asegurarse que cada elemento esté listo para utilizarse. El departamento debe confirmar que los materiales que se utilizarán en la producción, se encuentren disponibles para evitar pérdidas de tiempo en la búsqueda de los mismos. Además se debe disponer de materia prima y herramientas, o por lo menos estar en contacto con los proveedores por si es necesario un abastecimiento oportuno, debido al incremento de la demanda.

- Fase 5

Creación de los medios para que las herramientas o equipos utilizados regresen al lugar asignado. El taller de máquinas y herramientas debe contar con rótulos informáticos o señales que indiquen a los operarios el retorno de las herramientas una vez hayan sido utilizadas, para que en las próximas jornadas laborales puedan ser encontradas con facilidad y no tener que buscarlas a causa de la irresponsabilidad de los trabajadores de jornadas anteriores.

#### **2.2.1.4. Estandarizar**

- Fase 1

Asignar trabajos y responsabilidades a los empleados. Para mantener las condiciones de las primeras 3S's, cada operario debe conocer exactamente cuáles son sus responsabilidades sobre lo que tiene que hacer, cuándo, dónde y cómo hacerlo. Si no se les asignan a las personas tareas claras relacionadas con sus lugares de trabajo, clasificar, limpiar, ordenar, tendrán poco significado.

Para facilitar la asignación de responsabilidades, se debe tener:

- Diagrama de distribución del trabajo de limpieza preparado en limpiar.
- Manual de aplicación de las fases para limpiar.
- Tabla donde se pueda ver el avance de cada S implantada.
- Programa de trabajo en mejora continua, para eliminar las áreas de difícil acceso, fuentes de contaminación y mejora de métodos de limpieza.
- Áreas de trabajo debidamente identificadas.

- Fase 2

Integrar las acciones limpiar, clasificar, ordenar en los trabajos de rutina. Se debe contar con un estándar de mantenimiento autónomo, para que facilite el seguimiento de las acciones de limpieza, de esta forma se verá reflejado la integración de estas primeras 3S's.

Como parte de la organización y estandarización en cada uno de los bancos se colocaron identificaciones con el nombre del encargado de cada banco, para así tener un mayor y mejor control con el orden del mismo.

Figura 27. **Bancos identificados**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

### 2.2.1.5. Disciplina

- Fase 1

Tener una visión compartida entre la organización y sus empleados. Es necesario que la dirección de la empresa considere la necesidad de liderar convergiendo al logro de los objetivos, entre los empleados y organización, sin una identidad en objetivos sería imposible lograr crear el espacio de entrega y respeto a los estándares y buenas prácticas de trabajo.

Para crear las condiciones que promueven o favorecen la implantación de la estandarización, la dirección tiene las siguientes responsabilidades:

- Evaluar el progreso y evolución de la implementación en cada área del taller.
- Participar en las auditorías de progresos periódicos (trimestrales, semestrales, o anuales).
- Aplicar las 5S's en su trabajo.
- Enseñar con el ejemplo para evitar el cinismo.
- Demostrar su compromiso y el de la empresa para la implantación de las 5S's.
- Educar al personal sobre los principios y técnicas de las 5S's y mantenimiento autónomo.
- Crear un equipo promotor o líder para la implantación de toda la planta.
- Suministrar los recursos para la implantación de las 5S's.
- Motivar y participara directamente en la promoción de sus actividades.

### Responsabilidades de los trabajadores:

- Continuar aprendiendo más sobre la implantación de las 5S's.
- Asumir con entusiasmo la implantación de las 5S's.
- Colaborar en su difusión del conocimiento empleando las lecciones recibidas.
- Realizar las auditorias de rutina establecidas.
- Pedir al jefe del taller el apoyo o recursos que se necesitan para implantar las 5S's.
- Participar en la formulación de planes de mejora continua para eliminar problemas y defectos del equipo y áreas de trabajo.
- Participar activamente en la promoción de las 5S's.

- Fase 2

Implantación las 5S's educando al personal a través del entrenamiento, además forjando buenos hábitos culturales dando el ejemplo a los empleados. Se debe tomar en cuenta, que es indispensable brindar un entrenamiento al personal, para que pueda conocer la forma en que debe ser ejecutadas las labores un vez se haya implementado dicha herramienta.

- Fase 3

Asignar un tiempo necesario para la puesta en práctica de las 5S's. Se debe establecer al trabajador el tiempo necesario para la puesta en práctica de las 5S's, ya que de esta manera se podrá reflejar si en verdad se están obteniendo los resultados esperados. Muchas de las empresas generalmente no asignan el suficiente tiempo, debido a las presiones de la producción y esto hace perder la secuencia de aplicación de tal herramienta. Este tipo de

comportamientos hacen perder credibilidad y los trabajadores puedan llegar a creer que este no es un programa serio y que falta el compromiso de la dirección.

- Fase 4

Promover las 5S's en toda la planta especialmente en el área del taller de ingeniería y mantenimiento esquemas mediante promocionales. Una de las formas más efectivas de lograr que los trabajadores asuman las responsabilidades en cuanto al cumplimiento de las 5S's, es brindando incentivos o reconocimientos laborales.

- Fase 5

Motivar la participación de todos en la generación de ideas para promover y mejorar la disciplina en las 5S's. Cuando se implementa esta herramienta y se capacita a los empleados de cómo deben operar en cuanto al funcionamiento, se debe fomentar la confianza y hacerles ver a los trabajadores que ellos son una parte importante para el buen desempeño de la implementación, de esta forma los empleados se meterán de lleno a ir de cerca con el funcionamiento de las 5S's; y podrán brindar ideas que la beneficien.

### **2.2.2. Reducción de los 7 desperdicios**

La eliminación continua y sostenible de desperdicios en el taller de máquinas y herramientas es el principal objetivo de la manufactura esbelta. Desde la perspectiva de este sistema un desperdicio se considera como todo lo adicional a lo mínimo necesario de recursos (materiales, equipos, personal tecnología, etc.) para fabricar un producto o prestar un servicio.



La eliminación de estos desperdicios presenta resultados inmediatos en la reducción del costo, aumento de la productividad, organización del área de trabajo, entre otros.

### **2.2.2.1. Sobreproducción**

Los resultados obtenidos en el diagnóstico indican que el 42 % de la bodega del taller tienen un inventario de productos o repuestos terminado entre el 22 % y 60 % de la sumatoria de los inventarios de la bodega.

Para evitar la sobreproducción es importante saber con lo que se cuenta en las bodegas, para así producir solo lo necesario y tener un control de lo que se tiene en la misma.

En la bodega de máquinas y herramientas previas a realizar el inventario se procedió a realizar lo siguiente:

- Clasificar: cada tipo de herramientas y repuestos con los que cuenta la bodega de máquinas y herramientas y fueron separadas.
- Limpiar: cada una de las áreas de la bodega, incluso eliminando materiales obsoletos.
- Ordenar: cada una de las estanterías separadas por materiales e insumos, repuestos, herramientas y repuestos para maquinarias en específico.
- Estandarizar: las posiciones para cada tipo de elementos que se tienen en la bodega y numerando cada una de las estanterías.
- Disciplinar: dar constantes capacitaciones para que los nuevos materiales sigan con el curso anterior.

Figura 28. **Estanterías de la bodega de herramientas (antes)**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

Figura 29. **Estanterías de la bodega de herramientas (actualmente)**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

Otra importante implementación en el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento fue la incorporación de una base de datos realizada en Excel para llevar el control de los mantenimientos y así darles prioridad.

Dicho programa de Excel se diseñó de la siguiente manera:

- Se realizó un listado de todas las maquinarias que el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento atiende en la planta las cuales fueron ingresadas al sistema.
- Se colocaron las capacidades de tiempo de trabajo de los diferentes tipos de maquinaria, la cual consta de llevar el conteo de las horas de trabajo de cada una en la planta, a las cuales se les debe hacer mantenimiento preventivo cada cierto tiempo.
- Se ingresaron la cantidad de días y de personal para realizar dichos trabajos de mantenimiento.
- Ya identificadas cada una de las maquinarias, se creó una celda a base de fórmulas en Excel que realizan una aproximación de en qué fecha realizar dicho mantenimiento, así se podrá llevar un mejor registro para llevar a cabo los mantenimientos correctivos.
- El asistente de mantenimiento debe ingresar el conteo de horas de trabajo de cada maquinaria, para ir sumándose automáticamente y al faltar 150 horas para mantenimiento, la celda de la sumatoria cambiará de color para dar aviso a un mantenimiento preventivo.

Tabla XI. Hoja de cálculo para control de mantenimientos preventivos

Maquina	PLANE DE MANTENIMIENTO ANUAL POR EQUIPOS				Año	TOTAL	Horas de Trabajo			Tiempo Aproximado Realizacion de Manto.			
	INTERVALOS DE MANTENIMIENTO por horas de trabajo						2014	8	12	16	8	12	16
	1500	2000	3000	Dias Necesarios									
Maquina 1		2		2	193.5	1097	5	3	2	SEPTIEMBRE	JULIO	JUNIO	
Maquina 2		2		2	351	1240	4	3	2	AGOSTO	JULIO	JUNIO	
Maquina 3	3			2	272.5	1017	2	2	1	JUNIO	JULIO	MAYO	
Maquina 4	3			2	262.25	1098.75	2	1	1	JUNIO	MAYO	MAYO	
Maquina 5	3			2	561.5	1937.75	-2	-1	-1				
Maquina 6	3			2	10	1156.5	2	1	1	JUNIO	MAYO	MAYO	
Maquina 7	3			2	331.75	3019.5	-8	-5	-4				
Maquina 8	3			2	517.75	517.75	5	3	2	SEPTIEMBRE	JULIO	JUNIO	
Maquina 9		2		2									
Maquina 10		2		2									
Maquina 11			2	6									
Maquina 12		2		2									
Maquina 13		2		3									
Maquina 14		2		2	161.5	651.5	7	4	3	NOVIEMBRE	AGOSTO	JULIO	
Maquina 15		2		2	111	1007	5	3	2	SEPTIEMBRE	JULIO	JUNIO	
Maquina 16			2	6	928	5690	-13	-9	-7				
Maquina 17	3			2	297.25	555	5	3	2	SEPTIEMBRE	JULIO	JUNIO	
Maquina 18	3			2	137.75	994.75	3	2	1	JULIO	JUNIO	MAYO	
Maquina 19	3			2	271.25	1028.75	2	1	1	JUNIO	MAYO	MAYO	
Maquina 20	3			2	10	204.5	6	4	3	OCTUBRE	AGOSTO	JULIO	
Maquina 21			2	4	613.5	2788	1	1	1	MAYO	MAYO	MAYO	
Maquina 22			2	3	347.5	2249.5	4	3	2	AGOSTO	JULIO	JUNIO	
Maquina 23			2	3	0	0							
Maquina 24			2	3	335.5	987	10	7	5	FEBRERO AÑO 15	NOVIEMBRE	SEPTIEMBRE	
Maquina 25			2	3	641.5	3878.25	-4	-3	-2				
Maquina 26					0	0							
Maquina 27	3			2	350	3101.5	-8	-5	-4				
Maquina 28	3			2	316.25	1028.5	2	2	1	JUNIO	JUNIO	MAYO	
Maquina 29	3			2	468.75	4125.75	-13	-9	-7				
Maquina 30					0	0							
Maquina 31					0	192	9	6	5	ENERO AÑO 15	OCTUBRE	SEPTIEMBRE	
Maquina 32			2	3	578	2348.5	3	2	2	JULIO	JUNIO	JUNIO	
Maquina 33			2	3		0							
Maquina 34			2	5	233.5	233.5	14	9	7	JUNIO AÑO 15	ENERO AÑO 15	NOVIEMBRE	

Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

### **2.2.2.2. Inventario**

Se realizó un inventario total con toda la herramienta e insumos con los que se cuenta en la bodega principal de herramientas.

La importancia de llevar un inventario de tipo contable en la bodega fue establecer el flujo, tener el inventario total en digital, asimismo consta desde todas las herramientas, insumos, materiales electrónicos, materiales o repuestos específicos para diferentes maquinarias.

La elaboración de este inventario ayudará a:

- Reducir tiempos
- Reducir costos
- Mayor orden y organización

En la tabla XI se describen los materiales que actualmente se encuentran dentro de la bodega de herramientas, así como la cantidad que se debe pedir para su abastecimiento.

Tabla XII. **Inventario de la bodega de herramientas**

Inventario de materiales bodega de herramientas				
PRODUCTO		EXISTENCIA	INV. MÍNIMO	POR PEDIR
Silicón transparente Sista		11	20	-9
Penetrox aflojatodo		24	25	-1
Cinta teflón de 1/2"		18	20	-2
Cinta teflón de 1"		14	20	-6
Simple Green gel verde 5 lts.		7	10	-3
Simple Green líquido 20 lts.		4	5	-1
Anti Spater (anti-chispa)		1	20	-19
Degreaser 92 (spray para limpiar teclados)		3	5	-2
Pegamento PVC de 950 ml		1	2	-1
Pegamento PVC de 50 ml		1	2	-1
Pegamento de zapato Lombard de 950 ml		1	2	-1
Loctite 243		9	10	-1
Loctite 222		3	10	-7
Loctite 609		3	10	-7
Loctite 680		3	10	-7
Loctite 242		2	10	-8
Loctite 620		2	10	-8

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.2.3. **Reparación/rechazos**

El jefe de cada grupo de los operarios debe tomar el liderazgo y llevar a la persona adecuada para el trabajo a realizar, así se puede tener una retroalimentación, puesto que es importante el trabajo en equipo para tener soluciones óptimas.

Entre las mejoras realizadas está la compra de mejores equipos de corte y medición para no tener problemas en la fabricación de herramientas con el fin de ser más exactos, tales como:

- Sierras de mano
- Metros
- Vernier
- Calibración de balanzas

#### **2.2.2.4. Sobreprocesamiento**

La herramienta de la manufactura esbelta utilizada que ha venido a aportar significativamente al momento de realizar los trabajos en el taller es la *Poka-Yoke* la cual implica el llevar a cabo el 100 % de inspección, así como la retroalimentación y acción inmediata cuando los defectos o errores ocurren.

Este enfoque resuelve los problemas de la vieja creencia que el 100 % de la inspección toma mucho tiempo y trabajo, por lo que tiene un costo muy alto.

El sistema adoptado *Poka-Yoke* posee dos funciones: una es la de hacer la inspección del 100 % de las partes producidas o de los trabajos a realizar, y la segunda es si ocurren anomalías puede dar retroalimentación y acción correctiva. Los efectos del método *Poka-Yoke* ayudará a reducir defectos va a depender en el tipo de inspección que se esté llevando a cabo, ya sea:

- En el inicio del trabajo
- Autochequeo
- Chequeo continuo

Los trabajos que tengan un grado de complejidad el jefe de área asistirá con un operario para discutir y evaluar opciones para realizar de mejor manera el trabajo.

#### **2.2.2.5. Movimiento**

Este debe ser destinado a conocer el estado y características de las actividades, procesos y sistemas de gestión actual, para reducir las demoras por movimientos extras luego de haber realizado el diagnóstico, determinando aquellas áreas de la empresa que tengan deficiencias tales como la organización del taller para esto será importante trabajar con la herramienta de las 5S's.

Para la realización de las mejoras en el taller y evitar movimientos innecesarios se tiene que tener en cuenta capacitaciones constantes sobre las 5S's.

Para lograr una mejor respuesta por parte del personal a capacitar se puede tomar en cuenta que esta esté enfocada en lo siguiente:

- En el trabajo:
  - Mantener solo lo necesario
  - Tener todo en orden
  - Conservar todo limpio
  - Cuidar la salud física y mental
  - Observar un comportamiento confiable



- Como persona:
  - Perseverar en los buenos hábitos
  - Llegar hasta el final en las tareas
  
- En la empresa:
  - Actuar en equipo con sus compañeros
  - Utilizar las normas

Se procedió a la limpieza total de los bancos de trabajo y así se puedan trabajar en los mismos donde puedan colocar sus herramientas necesarias.

Figura 30. **Banco de trabajo (antes)**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

Figura 31. **Banco de trabajo (actualmente)**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

También para reducir tiempos y movimientos en los trabajos realizados en el taller, los operarios cuentan con unas mesas de hierro para realizar diferentes tipos de trabajo entre ellos: soldadura, ensamblaje de piezas, cortar piezas para reducir los movimientos de sacar las pulidoras de las cajas de los bancos; se ensamblaron unos soportes para que la pulidora pudiera quedar cerca de la mesa de uso (como se muestra en la figura 33).

Figura 32. **Soportes para colocar pulidoras**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

#### **2.2.2.6. Espera**

Para realizar una disminución del desperdicio por la causa de espera se va a utilizar la herramienta de manufactura esbelta llamada *layout*, la cual por medio de una distribución en planta se consigue el mejor funcionamiento de las instalaciones. Es aplicada a todos aquellos casos en los que sea necesaria la disposición de unos medios físicos en un espacio determinado, el cual puede haber sido predeterminado.

- Fase 1

Tratar de disminuir en la medida de lo posible el manejo de materiales. Disminuir en la medida de lo posible, los movimientos de los materiales es beneficioso a las empresas, ya que con esto se está reduciendo el tiempo de recorrido de los mismos y los hombres de una operación a otra puedan reducirse lo más que se pueda. Antes de empezar a clasificar y analizar las ordenaciones y distribuciones para una producción, es importante comprender claramente las relaciones existentes entre los elementos involucrados en dicha producción: hombres, materiales y maquinaria (incluyendo utillaje y equipo), fundamentalmente, existen modos de relacionarlos en cuanto a los movimientos:

- Los operarios se mueven de un lugar a otro, llevando a cabo las operaciones necesarias sobre cada pieza de material.
- El trabajador mueve diversas herramientas o máquinas para actuar sobre una pieza grande.
- Los empleados se mueven con el material, llevando una cierta operación en cada máquina o lugar de trabajo.

- Fase 2

Coordinar la distribución interna de la planta y el manejo interno de materiales. La planta debe estar diseñada para que se pueda llevar a cabo los diferentes movimientos de materiales, hombres y de la maquinaria, con el fin de no estorbar los procesos en base a las programaciones de cantidad de productos a fabricar.

- Fase 3

Debe instruirse al personal sobre la utilización de los equipos y lograr la adecuada capacitación de todos los miembros de la organización. Para no tener paros de producción debido al escaso conocimiento de algunos trabajadores que puedan en un momento dado, sustituir a las personas designadas a operar los equipos o maquinaria, debido a la ausencia de estos por enfermedades u otros inconvenientes.

- Fase 4

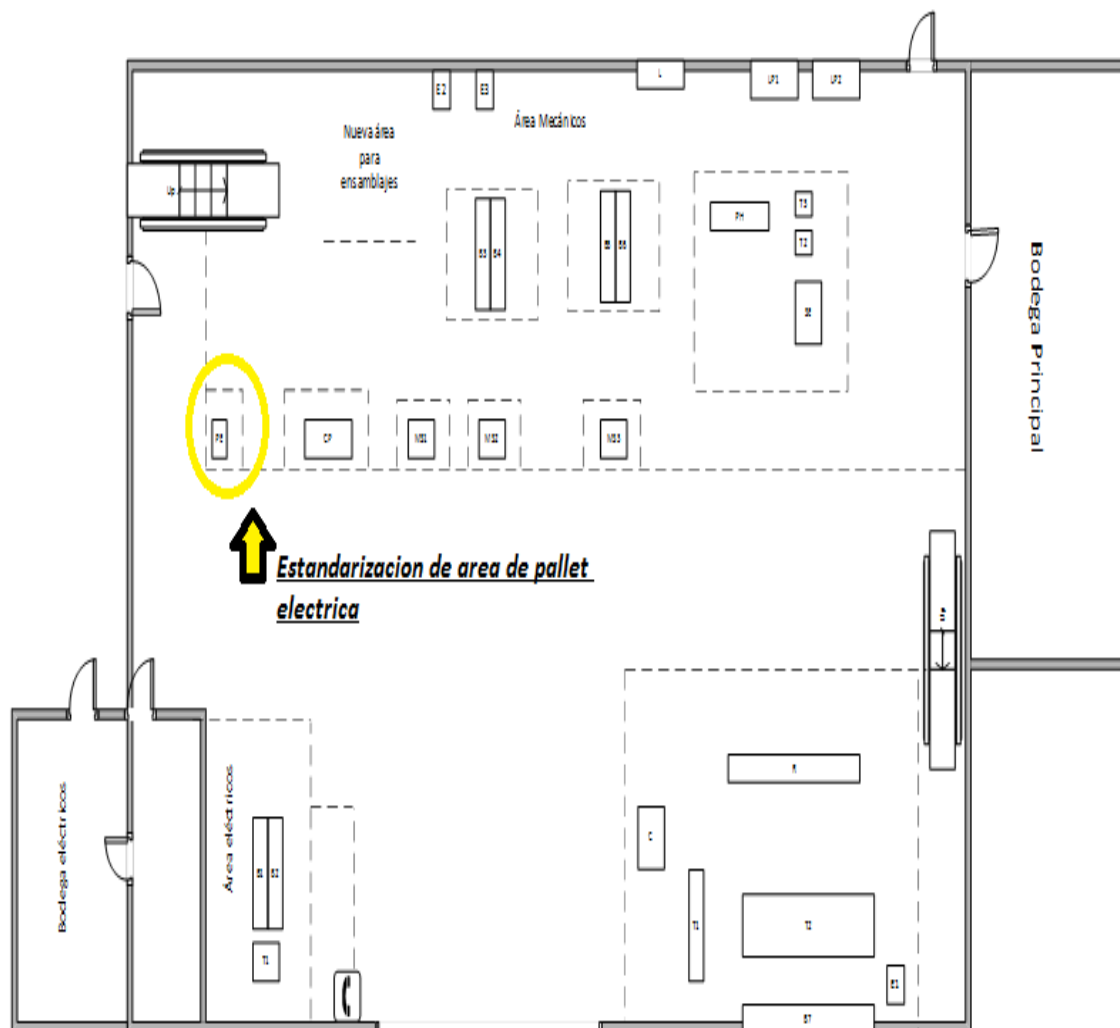
Principio de la carga unitaria: cuanto mayor es la cantidad de piezas o peso movido en cada traslado o transporte efectuado, el costo por manejo de materiales es menor. Se recomienda, que si se ha de trasladar los mismos tipos de elementos en los diferentes puestos de trabajo, se cargue cantidades dobles o más, pero sin exceder la capacidad de los equipos de transporte, con el propósito de no estar viaje tras viaje, que a la larga lo que generará son costos elevados por muchos movimientos que se puedan ejecutar en el desarrollo de la producción.

Entre las siguientes implementaciones se tiene el intercambio de fichas por herramientas, esta nueva modalidad será de gran utilidad para tener un control y orden sobre las herramientas y las mismas no se pierdan, dicho flujograma fue mostrado en la figura 19.



Otra implementación fue la determinación de la estandarización del área para la colocación dentro del taller de una *pallet* eléctrica para facilitar los movimientos de los operarios y reducir la espera de conseguir la misma dentro de las demás áreas.

Figura 34. **Área de *pallet* eléctrica**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Visio.

### 2.2.2.7. Transporte

Por medio de la herramienta *layout* en una distribución en planta se consigue el mejor funcionamiento de las instalaciones, es aplicada a todos aquellos casos en los que sea necesaria la disposición de unos medios físicos en un espacio determinado, el cual puede haber sido predeterminado. La distribución en planta es un fundamento de la industria, determina la eficiencia y algunas ocasiones la supervivencia de una empresa, además de contribuir en la reducción de los costos.

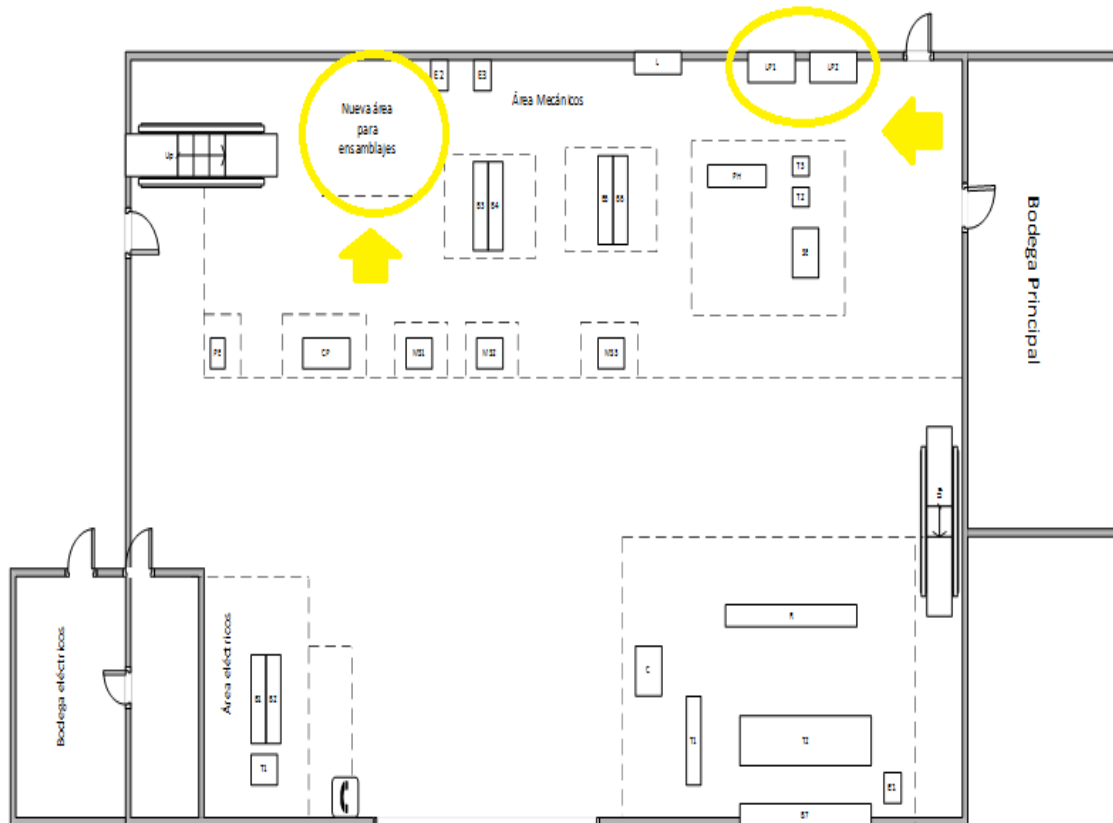
Entre los aportes más significativos para el transporte de objetos pesados se tiene la implementación de:

- *Pallet* eléctrica
- Carretillas para la movilización de cilindros

Para eliminar el problema de transporte para el lavado de piezas, se reubicó el área de lavar piezas, las pilas lava piezas fueron trasladadas a un punto estratégico cerca de las máquinas utilizadas en dicho taller, además se aprovechó el espacio donde estaban las pilas lava piezas usándolo ahora para realizar distintos clases de trabajos, como ensamblajes, etc.



Figura 35. Nueva área de pilas lava piezas y nueva área de realización de ensamblajes o trabajos



Fuente: elaboración propia, con base al programa Visio.

### 2.2.3. Mantenimiento

Es posible agrupar las tareas o trabajos de mantenimiento a la maquinaria del taller que complementen las actividades de mantenimiento. Entre las tareas que se pueden mencionar se encuentran las siguientes.

- Lubricación: las inspecciones de la lubricación en máquinas es importante para que no se presenten fallas.

- Verificaciones del correcto funcionamiento realizado con instrumentos externos del equipo: lo que se busca con este tipo de tareas, es determinar si el equipo cumple con especificaciones prefijadas, para su determinación es necesario desplazar determinados instrumentos o herramientas especiales. Entre ellos se pueden mencionar vernier, metros, sierras.
- Inspecciones visuales: estas inspecciones son importantes, se pueden realizar solo con observar las instalaciones de las maquinas utilizadas en el taller para determinar si existe un desperfecto.

Considerando las situaciones planteadas anteriormente, se darán prioridades en el mantenimiento preventivo se redactan de la manera siguiente:

- Prioridad 1

Revisar y si es necesario corregir piezas, repuestos o componentes que puedan producir paros permanentes en las máquinas o equipos; o en otro caso, que pueden atentar contra la seguridad o la vida de cualquier operario o trabajador.

- Prioridad 2

Revisar y si es necesario corregir piezas, repuestos o componentes que pueden producir artículos defectuosos no tolerables y difíciles de eliminar.

- Prioridad 3

Revisar y si es necesario corregir piezas, repuestos o componentes que puedan producir desperdicios de materiales de fabricación, energía u otros.

- Prioridad 4

Revisar y si es necesario corregir piezas, repuestos o componentes que puedan producir defectos en los artículos fabricados.

- Prioridad 5


Revisar si es necesario corregir todo aquello todo aquel que no esté incluido en ninguno de los incisos anteriores y que sea requerido para preservar, mantener o aumentar el funcionamiento de la maquinaria o equipo.

A continuación se presentan los formatos a utilizar:

Tabla XIV. Hoja de control e inspección de tornos

## HOJA DE CONTROL E INSPECCION DE MAQUINARIA DEL ÁREA DEL TALLER DE MANTENIMIENTO

Máquina o equipo: tornos  
Fecha:



**Torno pequeño**

	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
Inspeccionar:			
Lubricación guías			
Revisión de aceite			
Botoneras			
Fajas			
Cableado eléctrico			
Medidores de aceite			
Lubricación bancada			
Refrigerante			
Limpieza general			

**Torno grande**

	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
Inspeccionar:			
Lubricación guías			
Revisión de aceite			
Botoneras			
Fajas			
Cableado eléctrico			
Medidores de aceite			
Lubricación bancada			
Refrigerante			
Limpieza general			

Observaciones:


Inspección realizada por:

Próxima fecha de verificación:

Firma

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Hoja de control e inspección de taladros y pulidoras**

<b>HOJA DE CONTROL E INSPECCIÓN DE MAQUINARIA DEL ÁREA DEL TALLER DE MANTENIMIENTO</b>			
Máquina o equipo: taladros y pulidoras			
Fecha:			
<b>Taladros</b>			
	<b>Estado</b>		
<b>Inspeccionar:</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
Botoneras			
Llaves de mandril			
Refrigerante			
Fajas			
Cableado eléctrico			
Lubricación de mesa			
Engrase del tornillo de la mesa			
Mandril			
Limpieza general			
<b>Pulidoras</b>			
	<b>Estado</b>		
<b>Inspeccionar:</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
Carbones			
Botoneras			
Cableado eléctrico			
Limpieza general			
Observaciones:			
Inspección realizada por:		Firma	
Próxima fecha de verificación:			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Hoja de control e inspección de barrenos y cepillo**

**HOJA DE CONTROL E INSPECCIÓN DE MAQUINARIA DEL  
ÁREA DEL TALLER DE MANTENIMIENTO**

Máquina o equipo: barrenos y cepillo  
Fecha:



**Barrenos**

	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
<b>Inspeccionar:</b>			
Carbones			
Botoneras			
Cableado eléctrico			
Limpieza general			

**Cepillo**

	Estado		
	Bueno	Regular	Malo
<b>Inspeccionar:</b>			
Botoneras			
Llaves de mandril			
Refrigerante			
Fajas			
Cableado eléctrico			
Lubricación de mesa			
Engrase del tornillo de la mesa			
Mandril			
Limpieza general			

Observaciones:

**Inspección realizada por:**

**Próxima fecha de verificación:**

**Firma**

Fuente: elaboración propia.

Luego de haber realizado las verificaciones y hacer los ajustes del mantenimiento, se debe proceder a realizar la documentación de los mantenimientos realizados y así quede registrados los ajustes realizados.

Tabla XVII. **Hoja de control de mantenimientos**

		<b>HOJA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO</b>				Hoja Núm.:
<b>Nombre de la máquina/equipo:</b>			<b>Modelo:</b>			
<b>Marca:</b>			<b>Código:</b>			
<b>Núm. de serie:</b>			<b>Preventivo:</b>		<b>Correctivo:</b>	
Fecha	Componente	Descripción del trabajo	Repuestos usados	# de repuestos	Observaciones	

Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.4. **Plan de mejora**

Para llevar a cabo la implementación de las técnicas de manufactura esbelta seleccionadas se elabora un plan donde se determinan las actividades de cada acción de mejora, el responsable de la ejecución de cada acción, las fechas planificadas de realización de las tareas, los recursos que se necesitan y los beneficios que se esperan obtener de la implementación de la acción.

Se debe plantear también un cronograma de actividades de las actividades planteadas para su seguimiento. La puesta en práctica constituye una prueba definitiva con respecto a la pertinencia y viabilidad de las propuestas elaboradas. Los cambios realizados comenzaron a convertirse en realidad. Empiezan a suceder las cosas que se han planificado o que escapan a la planificación.

Tabla XVIII. **Planes de mejora en el taller de máquinas y herramientas**

<b>PROBLEMAS</b>	<b>CAUSAS</b>	<b>PLAN DE MEJORAS</b>
Demoras por ajustes de repuestos y materiales en aprobaciones y puesta en marcha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparación de colores en forma empírica.</li> <li>• Falta capacitación.</li> <li>• No hay control en la viscosidad de tintas.</li> <li>• No hay un procedimiento estándar para cambio de productos.</li> <li>• No hay equipos de formulación de color.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo en equipo (Método Kaizen)</li> <li>• Intercambio rápido (SMED)</li> <li>• 5 S's</li> </ul>
Problemas en realización de mantenimientos preventivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay una adecuada revisión y verificación de las maquinarias.</li> <li>• Mal manejo y almacenamiento de las máquinas y herramientas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificación del proceso (Jidoka)</li> </ul>
Inadecuado control de inventarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se corrige la cantidad de repuestos y herramientas en los inventarios.</li> <li>• Tener un control con las salidas y entradas de lo que se cuenta en la bodega.</li> <li>• Mal estado en la devolución de herramientas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de inventarios</li> <li>• Trabajo en equipo (Método Kaizen)</li> </ul>
Equipos mal calibrados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mal uso de sistemas de medición.</li> <li>• Mala prensa.</li> <li>• Tecnología antigua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo en equipo (Método Kaizen)</li> </ul>
La materia prima o repuestos recorre largas distancias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala distribución de planta</li> </ul>	<i>Layout</i> de planta

Fuente: elaboración propia.



Tabla XIX. **Plan de mejora continua en las actitudes del personal del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento**

<p><b>Información, sensibilización y motivación al personal:</b> la mejora continúa, incorpora unos principios de gestión que suponen un cambio en los comportamientos de todos los operarios del taller de máquinas y herramientas que integran el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento. Lo que se propone es que las personas comiencen a modificar sus comportamientos mediante una acción formativa, justo al comienzo del proceso. Información sobre: los principios en que se orientará a la gestión, los detalles del proceso diseñado para ser implantado en institución, sensibilización sobre la necesidad de participar activamente en el procesos y contribuir a la consecución de los objetivos, motivación para cambiar actitudes y comportamientos reduciendo la resistencia al cambio adoptado un compromiso personal con los principios de la calidad.</p>
<p><b>Identificar el potencial de mejora:</b> ahora se trata de encortar el campo concreto de aplicación de la mejora continua en los diferentes tipos de trabajo a realizar en el taller de máquinas y herramientas.</p>
<p><b>Medición de la satisfacción de los trabajos:</b> otro campo de aplicación de la mejora continua se sitúa en el exterior del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, en la satisfacción percibida por los medios sociales y productivos. La percepción de la satisfacción de su auténtica necesidad condiciona su fidelidad. Esta es la razón por la que interesa conocerla para detectar la insatisfacción existente y, de nuevo al verlo positivamente, poder convertirla en oportunidades de mejora.</p>
<p><b>Diagnóstico interno:</b> la optimización de los potenciales de mejora identificados en un plazo razonable de tiempo pasa por la participación activa de un amplio colectivo del personal del taller de máquinas y herramientas.</p>

Continuación de la tabla XIX.

<p><b>Compromiso de la dirección del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento:</b> en este momento del proceso, la dirección del departamento dispone del informe de los auto-diagnósticos realizados sobre la posibilidad de que las oportunidades detectadas pueden ser aprovechadas mediante mecanismos de gestión participativa. Si se dieran las condiciones, es el momento de reafirmar el compromiso del departamento con la calidad a través de la elaboración y divulgación de las políticas de calidad correspondiente.</p>
<p><b>Plan de acción:</b> será la parte más importante de los procesos que se viene describiendo la constituyen los equipos de mejora continua. Respetando la metodología establecida y usando las herramientas de análisis y resolución de problemas en equipo consiguen elaborar planes de acción para eliminar las causas raíces de los problemas en el taller de máquinas y herramientas.</p>
<p><b>Implantación, evaluación y seguimiento:</b> debido a su larga duración necesita de un mecanismo forma de coordinación, evaluación y seguimiento. La importancia de esta técnica radica en que con su aplicación se puede contribuir a mejorar las debilidades y afianzar las fortalezas del departamento.</p>

Fuente: elaboración propia.

La resistencia al cambio puede ser muy distinta a la que se preveía en la fase de diagnóstico y planificación. Como es imposible prever con exactitud todas las relaciones, acontecimientos o actitudes y la realidad de la puesta en práctica, difiere a menudo de la planificación, la vigilancia y la administración de la aplicación son muy importantes. Esta etapa requirió de largos períodos de tiempo para que se obtengan los resultados planificados.

### 2.3. Costo de la implementación

Entre los costos que se incurrieron en el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento para la realización de las mejoras continuas, se describe en el siguiente párrafo.

El costo por el recurso material consistió en la compra tubería de acero inoxidable de 16 metros de longitud que generó un costo Q 3 755,00 para la fabricación de la baranda del segundo nivel del taller de mantenimiento e ingeniería. Se adquirieron fichas para el intercambio de herramientas con un valor de Q 160,00; se compraron llaveros para que los operarios portaran sus fichas por un total de Q 70,00; gastos de pinturas, papelería y otros fueron de Q 1 640,00.

Los costos en la implementación para las mejoras en el taller de máquinas y herramientas son los siguientes:

Tabla XX. Costos de mejoras en el taller de máquinas y herramientas

Rubro	Costo (Q)
Tubería para la baranda del segundo nivel	3 755,00
Fichas para intercambio de herramientas	160,00
Llaveros para las fichas	70,00
Pinturas	1 600,00
Papelería y otros	40,00
<b>Total</b>	<b>5 625,00</b>

Fuente: elaboración propia.

### **3. FASE DE INVESTIGACIÓN: PLAN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

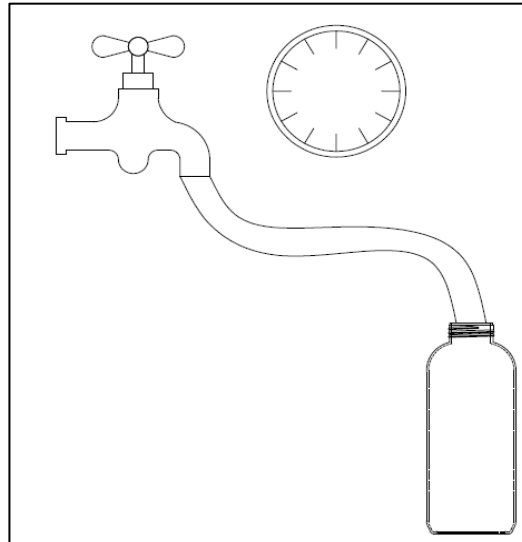
#### **3.1. Consumo actual del agua en el taller de máquinas y herramientas**

Actualmente el sistema de distribución de agua potable de la empresa Bayer S. A. Amatitlán cuenta con 2 pozos propios, los cuales son los encargados de distribuir el agua potable a todas las áreas de la empresa. Cuentan con un contador pero es para toda la planta, lo que dificulta tener un dato preciso sobre el consumo de agua en cada área, específicamente en el taller de máquinas y herramientas.

En este caso se realizó una aproximación del consumo mensual de la utilización del agua de los grifos que se encuentran en el taller de máquinas y herramientas, por medio del caudal de salida de los consumidores, tiempo y número de veces usados al mes.

Esto sirvió para medir el caudal de salida de agua utilizada en el taller de máquinas y herramientas, se empleó el método del balde y cronómetro que consiste en usar un recipiente y un cronómetro, para medir el tiempo que transcurre en llenarse el recipiente de 1 litro de capacidad, donde el caudal se calcula dividiendo el volumen de agua en el recipiente, entre el tiempo que se ha tardado en llenar el mismo, así se puede dar una medición aproximada de la cantidad de agua utilizada en el taller de máquinas y herramientas mensualmente.

Figura 36. **Medición de balde y cronómetro**



Fuente: elaboración propia, con base al programa AutoCAD.

Continuando con este método de la medición de balde y cronómetro se siguieron los siguientes pasos:

- Conectar la manguera al grifo, la otra punta de la manguera colocarla en el balde.
- Abrir la llave del grifo a toda presión.
- Al momento de abrir el grifo se tiene que activar el cronómetro para llevar el conteo de llenado.
- Realizar 6 tomas de tiempos de llenado.

Tabla XXI. **Medición llenado del balde de 1 litro**

<b>Medición</b>	<b>Tiempo de llenado (s)</b>
1	12,12
2	13,45
3	13,22
4	14,26
5	12,10
6	13,44

Fuente: elaboración propia.

Ahora se procede a obtener el promedio utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Promedio de tiempo} = \frac{\sum \text{tiempos de llenado}}{\text{número de mediciones}}$$

$$\text{Promedio de tiempo} = \frac{12,12+13,45+13,22+14,26+12,10+13,44}{6}$$

Promedio de tiempo = 13 segundos de llenado

Esto da una aproximación que 1 litro se llena en 13 segundos.

Para calcular el consumo de agua del lavamanos ubicado en el baño del taller de máquinas y herramientas, se procede a realizar una medición aproximadamente del uso diario del lavamanos y el tiempo que usan el mismo.

Para este cálculo se deberá tomar en cuenta la fórmula de caudal que es:

$$\text{Caudal} = \frac{\text{Volumen de llenado}}{\text{Tiempo en llenarse}}$$

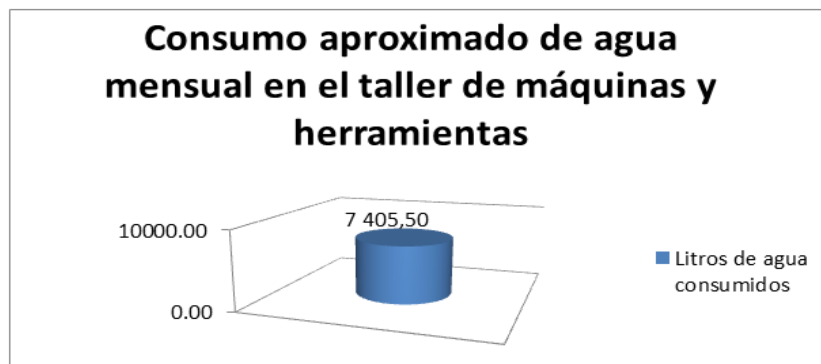
$$\text{Caudal} = 0,0880 \text{ litros/segundo} * (60 \text{ segundos}/1 \text{ min}) = 5,28 \text{ litros/minuto}$$

El caudal aproximado del lavamanos es de 5 litros/minuto.

En el caso del inodoro, se tomó el recipiente de 1 litro y se llenó el depósito manualmente hasta que el flotador llegará a su nivel de llenado que fue a los 6,5 litros. Esto indica que esta es la capacidad de cada tanque o depósito de los inodoros aproximadamente por descarga.

Es importante remarcar que el inodoro no cuenta con identificaciones de cantidad de volúmenes que puede alcanzar. El consumo actual de agua en el taller de máquinas y herramientas por mes es la siguiente (figura 38).

Figura 37. **Gráfico de consumo de agua en el taller de máquinas y herramientas por mes**



Fuente: elaboración propia.

### 3.1.1. Utilización del agua en el taller de máquinas y herramientas

Lavadoras de piezas, limpieza de paredes, sanitarios, pisos, estructuras, trampas de grasa, lavado piezas o estructuras, lavado motor, derrames de aceites, preparación de superficies previo a trabajos, rejillas, filtros, bombas, contenedores, remoción de ceras en piezas o estructuras, vidrios, accesorios, entre otros.

Entre los servicios en que utilizan el agua en el taller de máquinas y herramientas se tiene el uso en los grifos del taller (pila lava-piezas, uso de diferentes tipos de limpieza) y el de los sanitarios (lavamanos y sanitario).

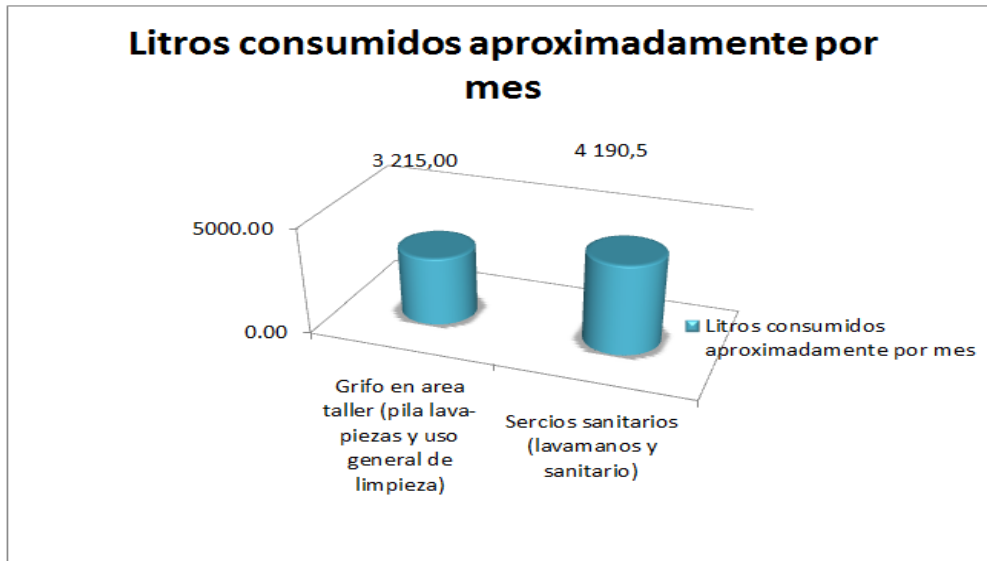
Tabla XXII. **Utilización del agua en el taller de máquinas y herramientas**

<b>Instrumento</b>	<b>Litros consumidos aproximadamente por mes</b>
Grifo en área taller (pila lava-piezas y uso general de limpieza)	3 215,00
Servicios sanitarios (lavamanos y sanitario)	4 190,5

Fuente: elaboración propia.



Figura 38. Gráfico del consumo de agua



Fuente: elaboración propia.

### 3.2. Plan de ahorro de agua

- Concienciar y capacitar al personal

En particular, se debe concienciar y capacitar al personal sobre la importancia de conservar el recurso agua y, por ende, de la necesidad de hacer un uso racional del mismo. Debe existir el convencimiento de que el agua es un insumo importante y valioso, que tiene un costo que afecta la rentabilidad de la empresa, y que la mayor parte del agua utilizada en el predio se convierte en agua residual, que debe ser tratada, también a costo de la empresa.

La gerencia debe estar involucrada en el programa de ahorro de agua. Sin apoyo de los más altos niveles de la empresa, un programa de esta

naturaleza no dará buenos resultados. La capacitación de los empleados debe estar dirigida a introducir prácticas de uso eficiente del agua, tales como:

- El uso de cepillos y raspadores de goma, para todas las operaciones de limpieza de pisos, en lugar del chorro de agua de una manguera, que solo debe usarse para el lavado final.
  - La dosificación correcta del volumen de agua requerido en las operaciones de producción y en los lavados de pieles.
- Instalar medidores de agua

Se requiere en aquellas secciones de la planta donde se consume gran cantidad de agua, como en ribera, curtido y poscurtido. Para seleccionar el tipo de medidor, debe tenerse en cuenta que un caudalímetro (algunas veces mal llamado flujómetro) mida el volumen de agua que pasa por el conducto por unidad de tiempo ( $m^3/h$ , L/min, etc.); mientras que un medidor de agua registra el volumen total de agua consumido ( $m^3$  o L). A continuación, se describen métodos alternativos, para medir el volumen de agua:

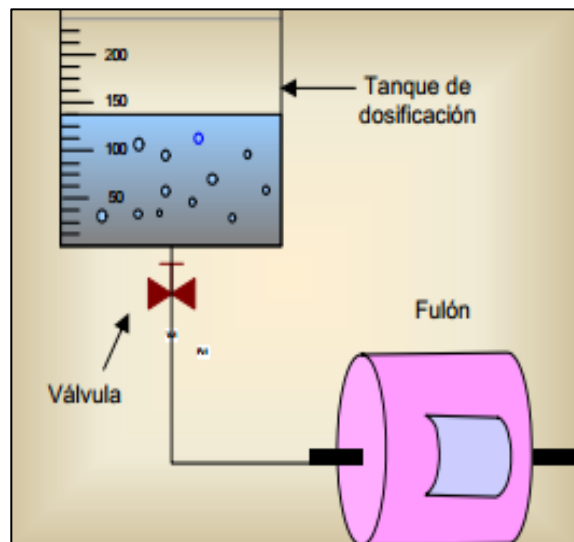
- Mediante un tanque de dosificación graduado

El agua se envía a un tanque elevado, con una capacidad de 1 o 2  $m^3$  (o del tamaño que la curtiembre considere necesario), ubicado cerca de los fulones. Debe poseer una graduación del volumen, con base en la cual se calcula el volumen necesario para alimentar los fulones. Se llena el tanque elevado hasta el nivel requerido y se envía luego el volumen de agua requerido, por gravedad, desde el tanque de dosificación hacia los fulones.

- Mediante medición del caudal y tiempo de llenado

La medición del caudal de agua puede efectuarse manualmente usando un recipiente aforado y un cronómetro. Este método consiste en medir el tiempo que tarda en llenarse un recipiente de volumen conocido. El caudal se calcula dividiendo el volumen del recipiente entre el tiempo medido. Conocido el caudal, el volumen de agua se calcula multiplicando el caudal por el tiempo de llenado del fulón.

Figura 39. **Medición del volumen de agua mediante tanque de dosificación**



Fuente: RUBIO PELÁEZ, Luis Fernando. *Aplicación de producción más limpia en la unidad de EPS de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala*, 2012. p. 112.

- Desarrollar un programa de monitoreo del uso de agua

Explicar al personal la forma de calcular los volúmenes adecuados de agua que se necesitan en cada operación y las maneras de verificar que la dosificación de agua sea la correcta (por ejemplo, con el uso de un medidor de agua los grifos del taller mecánico, o un tanque de dosificación). Cada unidad o área de trabajo, debe asumir responsabilidad directa y rendir cuentas por el volumen de agua consumido en sus operaciones. Debe registrarse el consumo de agua en el taller ( $m^3/día$ ), en cada una de las diferentes áreas del taller y, si es posible, en cada una de sus operaciones.

Asimismo, se debe calcular al final de cada mes, los consumos específicos de agua y compararlos con los índices de consumos específicos establecidos por la empresa. Evaluar los logros alcanzados por el programa de ahorro de agua. Es importante recordar que lo que no se mide, no se puede controlar.

- Realizar balances de agua

Los balances de agua se realizan para: evaluar la distribución del consumo de agua en varias operaciones y secciones de la planta, comparar el consumo teórico de la curtiembre con el consumo actual obtenido con datos de los medidores de agua, identificar fugas o pérdidas de agua y encontrar oportunidades de ahorro del consumo de agua.

- Identificar y reparar o evitar pérdidas de agua por fugas o rebalses

Normalmente, las fugas ocurren en tuberías, mangueras, válvulas, grifos, inodoros, tanques de almacenamiento y otros. Las actividades mencionadas

deben realizarse en todas las áreas del taller, incluyendo el sistema de abastecimiento de agua de la planta (pozos).

- Instalar equipos ahorradores de agua en toda la planta

Por ejemplo, grifería de cierre temporizado, pistola de cierre automático para mangueras, válvulas reguladoras de presión, válvulas con flotadores de cierre para tanques de almacenamiento de agua, duchas de bajo caudal, entre otros.

En la figura 41 se muestra un dispositivo de ahorro de agua usado en inodoros. La bolsa llena de agua se introduce en el tanque de agua y, el volumen que ocupa, permite reducir el volumen de agua que se necesita en el inodoro. Esta bolsa también puede sustituirse por una botella de refresco; la idea es ocupar un volumen muerto.

Figura 40. **Dispositivo de reducción del volumen de agua tipo bolsa**



Fuente: RUBIO PELÁEZ, Luis Fernando. *Aplicación de producción más limpia en la unidad de EPS de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala*, 2012. p. 112.

Figura 41. **Aeradores para grifos**



Fuente: RUBIO PELÁEZ, Luis Fernando. *Aplicación de producción más limpia en la unidad de EPS de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala*, 2012. p. 112.

Un restrictor de caudal, que también se instala en grifos, y permite reducir el consumo de agua al reducirse el orificio de entrada de agua.

Figura 42. **Restrictor de caudal**



Fuente: RUBIO PELÁEZ, Luis Fernando. *Aplicación de producción más limpia en la unidad de EPS de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala*, 2012. p. 112.

Tabla XXIII. **Resumen de plan de ahorro de agua**

Actividad	¿Quién?	¿Cómo?	¿Cuándo?
Concientiar y capacitar al personal.	Jefes o encargados de área	La concientización se puede realizar por medio de videos o presentaciones sobre el uso adecuado de este recurso.	Esta campaña de concientización puede ser realizada por lo menos 1 vez al mes.
Instalar medidores de agua.	Existe una variedad de empresas que pueden realizar dicha instalación.	Se pueden instalar tanques de dosificación, para así tener un mejor control.	Estos medidores de preferencia pueden ser colocados en diciembre cuando la planta se encuentra parada.
Desarrollar un programa de monitoreo del uso de agua.	Jefes o encargados de área	La inspección puede ser visual sobre el consumo de agua.	En horarios de trabajo.
Realizar balances de agua.	Jefes o encargados de área	Evaluando la distribución de consumo de agua.	En horarios de trabajo.
Identificar y reparar o evitar pérdidas de agua por fugas o rebalses.	Jefes o encargados de área	Evaluando las tuberías con problemas o fallas.	Cada 15 días verificar las tuberías.
Instalar equipos ahorradores de agua en toda la planta.	Jefes o encargados de área	Instalar en grifos, sanitarios.	En horarios de trabajo.

Fuente: elaboración propia.

### 3.3. Costos del plan

Los costos que se incurrieron para la implementación de dicho proyecto son los siguientes.

Tabla XXIV. **Costos de implementación de la producción más limpia**

<b>Mejoras en el taller</b>	<b>Costo (Q)</b>
Capacitaciones mensuales por personas expertas en el cuidado del medio ambiente especialmente en el cuidado con el vital líquido	200,00
Tanque de dosificación	8 160,00
Reparación de tuberías antiguas en mal estado	1 200,00
Dispositivo de reducción de agua tipo bolsa	300,00
Grifos y aereadores para grifos	2 100,00
Restrictores para caudal	200,00
Costales de aserrín para limpieza mensual	100,00
<b>Total</b>	<b>12 260,00</b>

Fuente: elaboración propia.

La inversión para activar el proyecto es de Q 12 260,00 con el cambio de Q 7,80 por \$ 1,00. Esta cantidad representa el valor económico para las mejoras realizadas en el taller de mantenimiento e ingeniería, ya que al implementar el aprovechamiento de los recursos naturales como el agua, el beneficio será visible en la reducción de costos por consumo de agua y definitivamente se ayudará al medio ambiente aprovechando dicho recurso natural.





## 4. FASE DE DOCENCIA: PLAN DE CAPACITACIÓN

### 4.1. Diagnóstico de necesidades de capacitación

En este apartado se efectuó un DNC para llevar a cabo una capacitación mediante charlas de concientización para las personas que laboran en el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento como las demás personas de otras áreas de dicha planta, sobre los temas relativos a los capítulos anteriormente desarrollados en este informe, mediante diferentes análisis que determinaron a que áreas debe enfocarse.

Tabla XXV. **Necesidades de capacitación del taller de máquinas y herramientas**

TEMAS PARA CAPACITACION	
1	Trabajo en equipo
2	Relaciones interpersonales
3	Taller de motivación
4	Taller de liderazgo
5	Manejo de personal
6	Manejo de conflictos
7	Manejo de estrés
8	Manejo de materiales
9	Manejo de residuos en el taller
10	Seguridad en la realización de trabajos
11	Uso adecuado de los equipos y herramientas en el taller
12	Control de inventarios
13	Capacitación uso de los software
14	Realización de órdenes de pedido
15	Planeación estratégica

Fuente: elaboración propia.

El resultado del diagnóstico realizado con base en entrevistas no estructuradas, refleja que si es importante la programación de un plan bien estructurado para cubrir todos los temas de mayor interés, que proporcionarán un beneficio para los diferentes departamentos de la planta.

Estos planes deben ser enfocados para todo el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, pero también cabe resaltar la importancia de integrar los demás departamentos en dicho plan de capacitaciones anuales, con el fin de fomentar el trabajo en equipo, relaciones interpersonales, ambiente laboral, compañerismos entre otros temas de interés.

#### **4.2. Plan de capacitación**

Inicialmente se llevaron a cabo reuniones con el jefe del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, así como con los supervisores de cada línea de trabajo los cuales serían los mecánicos y los eléctricos, para que posteriormente ellos puedan capacitar al personal que labora en el departamento, y así tener una mejora continua en el taller de máquinas y herramientas.

Es por ello que para la fase de docencia se procedió a la elaboración de un diagnóstico de necesidades de capacitación como parte medular de la fase. La información que brinda constituirá los antecedentes indispensables para elaborar, planear y aplicar con éxito un plan de capacitaciones.

Actualmente en la planta Bayer S. A. Amatlán, no existe un plan de programación de capacitaciones anual, esto se ve reflejado en las deficiencias que se presentan en algunos empleados debido a la falta de una capacitación continua no se llevan los procedimientos de trabajo de manera óptima y

profesional. Con base en los temas más importantes a tratar en las capacitaciones, se pueden identificar los siguientes temas de mayor interés.

Tabla XXVI. **Capacitaciones realizadas**

<b>Participantes</b>	<b>Tema</b>	<b>Lugar</b>	<b>Duración</b>
Bodeguero y supervisor	Instructivo para la implementación de las 5S's en la bodega de herramientas	Bodega	1 hora
Todo el equipo del taller y mantenimiento	Actividades y responsabilidades del personal	Taller mecánico	1 hora
Todo el equipo del taller y mantenimiento	Uso del préstamo de herramientas operario-bodeguero	Sala de reuniones	1 hora
Todo el personal de la planta	Registro para inspección de máquinas	Taller mecánico	1 hora
Todo el equipo del taller y mantenimiento	Manufactura esbelta en el área de ingeniería y mantenimiento	Sala de reuniones	1 hora
Todo el equipo del taller y mantenimiento	Uso de la cortadora plasma	Sala de reuniones y Taller mecánico	1 hora
Todo el equipo del taller y mantenimiento	Importancia sobre la continuidad de la manufactura esbelta en el taller de máquinas y herramientas	Sala de reuniones	1 hora

Fuente: elaboración propia.

Este plan debe ser enfocado para todo el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, pero también cabe resaltar la importancia de integrar los demás departamentos con capacitaciones anuales o mensuales, con el fin de fomentar

el trabajo en equipo, relaciones interpersonales, ambiente laboral, compañerismos, entre otros temas de interés.

### **4.3. Evaluación de las capacitaciones**

Las sesiones de capacitación se programaron en las mañanas y en las tardes debido a la dificultad de contar con todo el equipo del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento.

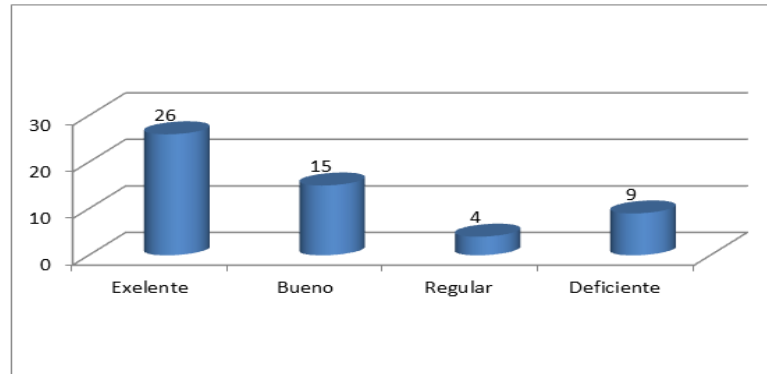
La metodología utilizada consistió en explicar cada uno de los temas del programa de la implementación de la manufactura esbelta en el taller de máquinas y herramientas, para lo cual se apoyó al jefe de ingeniería y mantenimiento y a sus supervisores en la resolución de dudas planteadas por el personal participante.

Se utilizaron manuales sobre la implementación de las 5S's y cada una de las herramientas de la manufactura esbelta también por medio de: manuales, trifolios e instructivos, los registros, figuras, plan de contingencia de este informe final, y como medios para la difusión se utilizó una computadora portátil, un proyector, bocinas, pizarra y marcadores.

A continuación se muestran los resultados de las preguntas (figuras 44 a la 49) realizadas en las evaluaciones de las capacitaciones (ver apéndice B página 138), para esto se contó con una población de 54 personas para dichas evaluaciones.

- Pregunta número 1: ¿El objetivo de la capacitación se cumplió?

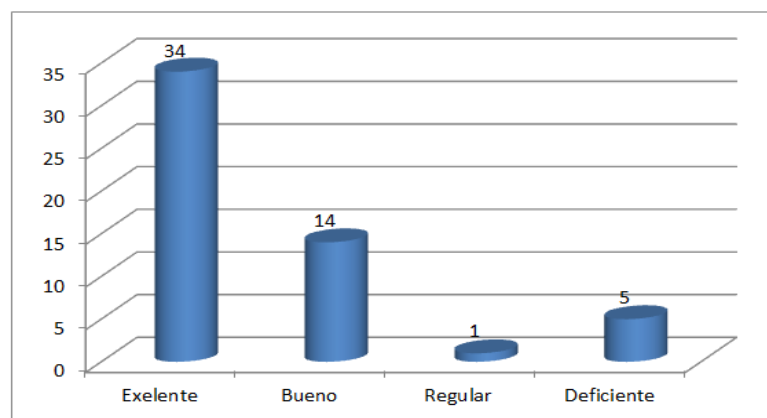
Figura 43. **Gráfico pregunta número 1**



Fuente: elaboración propia.

- Pregunta número 2: ¿El contenido del tema de la capacitación cumplió con sus expectativas?

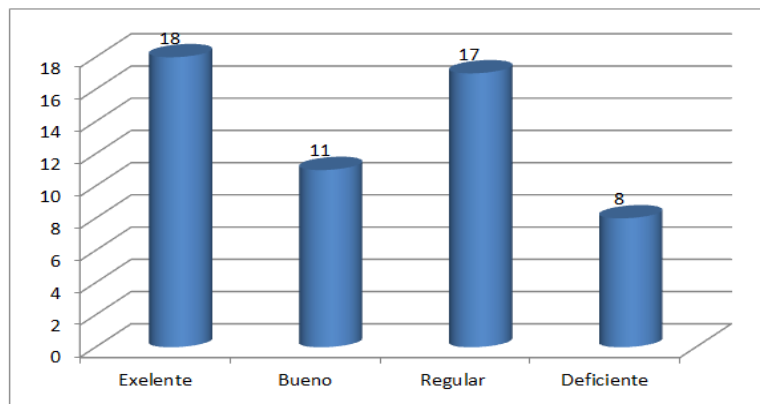
Figura 44. **Gráfico pregunta número 2**



Fuente: elaboración propia.

- Pregunta número 3: ¿Le gustaría profundizar más en el tema de la capacitación?

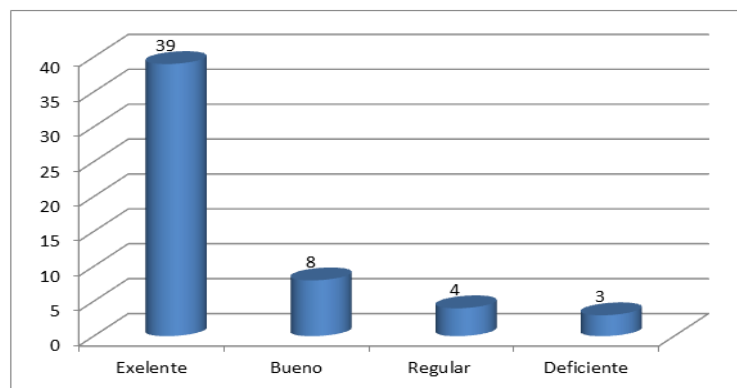
Figura 45. **Gráfico pregunta número 3**



Fuente: elaboración propia.

- Pregunta número 4: ¿El instructor tuvo facilidad para aclarar dudas?

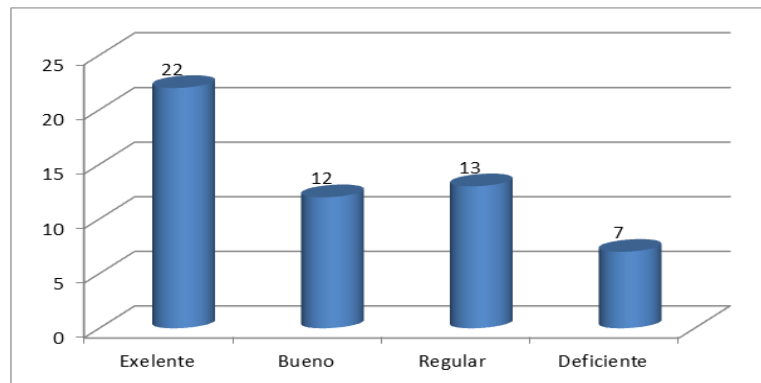
Figura 46. **Gráfico pregunta número 4**



Fuente: elaboración propia.

- Pregunta número 5: ¿El apoyo didáctico utilizado permitió un mejor entendimiento expuesto?

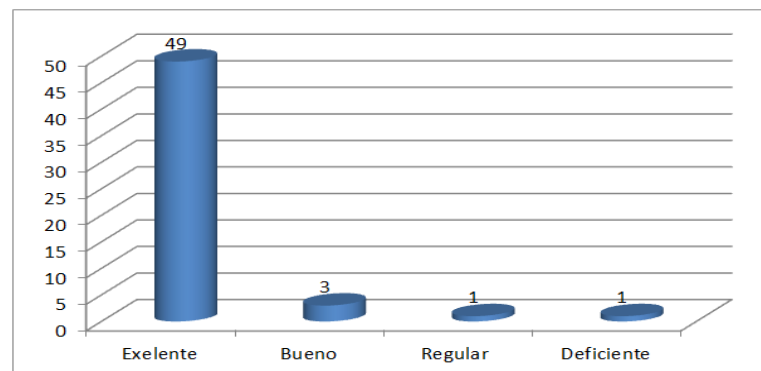
Figura 47. Gráfico pregunta número 5



Fuente: elaboración propia.

- Pregunta número 6: ¿Las condiciones del salón en el cual se celebró la capacitación fue?

Figura 48. Gráfico pregunta número 6



Fuente: elaboración propia.



Así se observaron los resultados de las evaluaciones realizadas durante el proyecto de EPS.

Figura 49. **Capacitación sobre la importancia e implementación de las 5S's en el taller de máquinas y herramientas**



Fuente: taller de conferencias, planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

Figura 50. **Capacitación sobre el uso adecuado de la cortadora plasma y los cuidados a tener con la misma**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

#### 4.4. Costo del plan

Los costos de las capacitaciones para mejorar la condiciones y procesos de trabajos en el taller de máquinas y herramientas del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, para el personal del taller, recurrieron en la impresión de los diplomas entregados a los asistentes a cada capacitación (véase anexo) y entrega de trifolios informativos.

Los diplomas tuvieron el siguiente costo:

- 53 hojas tamaño carta \* Q 0,10

- 53 impresiones \* Q 1,25 (impresión de texto y color en cartucho para impresora canon IP2700) = Q 71, 55.

Los diplomas trifoliales tuvieron el siguiente costo:

- 25 hojas tamaño carta \* Q 0,10
- 50 impresiones \* Q 1,25 (impresión de texto y color en cartucho para impresora canon IP2700) = Q 65,00.

Tabla XXVII. **Gastos realizados en capacitaciones**

Rubro	Costo (Q)
Diplomas por participación en la aplicación de manufactura esbelta en el taller de máquinas y herramientas de la planta de producción de agroquímicos Bayer S. A.	71,55
Trifoliales informativos sobre la aplicación de las 5S's	65,00
<b>Total</b>	<b>136,55</b>

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

1. En la planta Bayer S. A. Amatlán, se detectaron algunos problemas de tipo organizacional gracias al análisis realizado previamente, entre los problemas encontrados se observan: desperdicios de materiales, pérdidas de tiempo de los trabajadores, áreas de trabajo desordenadas e inadecuadas, espacios utilizados como un inadecuado control de inventarios; por esto se realizaron una serie de propuestas siempre enfocados a realizar una mejora continua y así combatir dichos problemas en el Departamento de Ingeniería y Mantenimiento.
2. Por medio de la aplicación de los 7 desperdicios se han disminuido considerablemente las mermas o mudas, especialmente en cuanto a desechos de materia prima se refiere, agregando también el desperdicio de mano de obra tanto directa como indirecta.
3. Ordenamiento de los movimientos de los operadores del área del taller de máquinas y herramientas, y a la vez, se organizaron áreas de trabajo y de equipos, con la finalidad que en el transcurso del tiempo y la aplicación de la manufactura esbelta, las mejoras sean más seguras y satisfactorias para los empleados.
4. Se diseñó un plan de entrega de herramientas y materiales, gracias a la aplicación de un sistema de intercambio de fichas codificadas por herramientas con las que cuenta la bodega principal.

5. Se desarrollaron cambios para la mejora y la eficiencia de la productividad de los procesos de los trabajos de mantenimiento, comenzando desde la implementación de hojas de verificación para la maquinaria con la que cuenta el taller mecánico y programas para la realización de mantenimientos preventivos.
6. Se diseñó un plan estratégico para la implementación de Producción más Limpia en el cual se reducirá el consumo de agua en el taller de máquinas y herramientas hasta un 25 %.
7. Diseño de un plan de capacitación obligatoria, que tiene como principio el conocimiento de las bases de manufactura esbelta. Es fundamental que los empleados sepan que sus puestos de trabajo van a depender de la forma que eliminen sistemáticamente los distintos tipos de desperdicios, así como su prevención. Logrando con esto que el taller de máquinas y herramientas sea más competitiva dentro del entorno de la industria.

## RECOMENDACIONES

1. El jefe del departamento debe dar seguimiento al proyecto de manufactura esbelta, con la finalidad de que se pueda aplicar el diseño de cadena de valor recomendada.
2. Los jefes o encargados de línea deben velar por la capacitación que se propone en la mejora continua sea constante, debe ser modificada y mejorada cada 6 meses, a partir de que se termine la capacitación que se presenta en este trabajo de graduación.
3. El Departamento de Seguridad Industrial debe dar charlas constantes sobre el peligro en la manipulación de los químicos de los productos con los que cuenta la planta Bayer CropScience.
4. El bodeguero del Departamento de Ingeniería y Mantenimiento debe llevar un control de inventarios, hay que manejarlo en forma rigurosa, en cuento al sistema visual que se tendrá dentro de la bodega de herramientas e insumos. Este control lo debe realizar una persona que ha completado las capacitaciones obligatorias.
5. Los jefes de grupos de los operarios o los ingenieros al mando, antes de analizar las operaciones y aplicar mejora de movimientos (análisis de desperdicios o mudas), debe realizar la capacitación de fundamentos de manufactura esbelta, para de los procesos sean lo más seguros y satisfactorios para los empleados.

6. Es preciso que los operarios encargados de realizar los trabajos de mantenimientos de diferentes máquinas, llenen correctamente las hojas de verificación y que toda esa información quede debidamente documentada para usos posteriores.

## BIBLIOGRAFÍA

1. CRUZAL TOC, Rodrigo Alexander. *Rediseño de la distribución de maquinaria, equipo y mantenimiento, en el taller de mecánica industrial, Intecap Quetzaltenango*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 169 p.
2. Guía técnica general de producción más limpia. *Bolivia: Centro de promoción de tecnologías sostenibles*. [en línea]. <<http://www.cpts.org/prodlimp/guias/GuiagraIPML/GuiaTecnicaGeneralPML.PDF>>. [Consulta: 11 de septiembre de 2014].
3. MONGE CÓRDOVA, Haydee Mariel; REYES CERRITOS, José Arturo; RODRÍGUEZ ROMERO, José Moisés. *Diseño de un programa de reducción de desperdicios apoyado con manufactura esbelta*. [en línea]. <[http://ri.ues.edu.sv/2166/1/Dise%C3%B1o\\_de\\_un\\_programa\\_de\\_reducci%C3%B3n\\_de\\_desperdicios\\_apoyado\\_con\\_manufactura\\_esbelta.pdf](http://ri.ues.edu.sv/2166/1/Dise%C3%B1o_de_un_programa_de_reducci%C3%B3n_de_desperdicios_apoyado_con_manufactura_esbelta.pdf)>. [Consulta: 13 de julio de 2014].
4. NIEBEL, Benjamín W; ANDRIS, Freivalds. *Manual de ingeniería industrial*. México: Noriega/Limusa. 1338 p.



5. PADILLA, Lilian. *Lean Manufacturing, manufactura esbelta/ágil*. [en línea]. <[http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_15\\_MEC01.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_15_MEC01.pdf)>. [Consulta: 11 de junio 2014].
  
6. RUBIO PELÁEZ, Luis Fernando. *Aplicación de producción más limpia en la unidad de EPS de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 178 p.
  
7. TERCERO DOMÍNGUEZ, Oliver Armando. *Aplicación de la metodología de cinco eses (5's), dentro del proceso de mejora continua, de la empresa Inmoka S. A.* Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 220 p.

## APÉNDICES

### Apéndice A. Evaluación general de capacitación

<b>EVALUACIÓN GENERAL DE CAPACITACIÓN</b>				
Nombre del participante		Cargo		
Nombre de la capacitación				
Nombre del Instructor				
Coordinador de la capacitación				
Conceptualización:	Excelente: 4	Buena: 3	Regular: 2	Deficiente: 1
Coloque a la par de cada pregunta según considere:				
1. El objetivo de la capacitación se cumplió				
2. El contenido del tema de la capacitación cumplió con sus expectativas				
3. Le gustaría profundizar más en el tema de la capacitación				
4. El instructor tuvo facilidad para aclarar dudas				
5. El apoyo didáctico utilizado permitió un mejor entendimiento expuesto				
6. Las condiciones del salón en el cual se celebró la capacitación fue:				
Sugerencias:				
Sobre que otro tema desearía capacitarse				
<b>GRACIAS POR SU COLABORACIÓN</b>				

Fuente: elaboración propia.



## ANEXOS

### Anexo A. Sistema de suplementos por descanso en porcentaje de los tiempos normales

1 Suplementos constantes			E Condiciones atmosféricas								
	Hombres	Mujeres	índice de enfriamiento en el termómetro húmedo de Suplemento Kata (milicalorías/cm <sup>2</sup> /segundo)								
Suplementos por necesidades personales	5	7	16								
Suplementos base por fatiga	4	4	14	0							
2 Suplementos variables			12	0							
A Suplemento por trabajar de pie	2	4	10	3							
B Suplemento por postura anormal			8	10							
Ligeramente incomoda	0	1	6	21							
Incomoda (inclinado)	2	3	5	31							
Muy incomoda (echado, estirado)	7	7	4	45							
C Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar, empujar)			3	64							
2.5	0	1	2	100							
5	1	2	F Concentración intensa								
7.5	2	3				Hombres	Mujeres				
10	3	4				0	0				
12.5	4	6				Trabajo cierta precisión	2	2			
15	5	8				Trabajo precisión fatigosa	5	5			
17.7	7	10				G Ruido					
20	9	13							Continuo	0	0
22.5	11	16							Intermitente y fuerte	2	2
25	13	20 (max)	Intermitente y muy fuerte	5	5						
30	17	--	Estridente y fuerte								
33.5	22	--	H Tensión mental								
D Mala iluminación						Proceso bastante complejo	1	1			
						Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4			
			Muy complejo	8	8						
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	I Monotonía								
Bastante por debajo	2	2				Trabajo algo monótono					
Absolutamente insuficiente	5	5				Trabajo bastante monótono					
			Trabajo muy monótono								
			J Tedio								
						Trabajo algo aburrido	0	0			
						Trabajo aburrido	2	1			
						Trabajo muy aburrido	5	2			

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo. Medición del trabajo.* p. 34.

**Anexo B. Registro de capacitación, planta Bayer S. A. Amatitlán, manufactura esbelta (área de mantenimiento)**

Registro

1. Instructor: BYRON ZAVALA (PARTICIPANTE) Byron

2. Tema de la capacitación: MANUFACTURA ESBELTA "ÁREA MANTENIMIENTO"

3. Área de la Planta:

4. Fecha de Capacitación: 14:00 - 16:00 FECHA 27 DE AGO 2019

5. Horario de la capacitación:

6. Lugar de la capacitación: SALA DE REUNIONES

7. Asistentes:

Nombre	Firma
<u>Edgar Pinzón</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Juan IQUIE</u>	<u>[Firma]</u>
<u>MAELIN ORENSA</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Tomás Acosta Almeda</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Josue Estuardo Valle</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Franco C. Ajón</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Mauro Gilberto Pinto</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Gustavo Suruy Ardon</u>	<u>[Firma]</u>
<u>HUGO LEONEL CARRILLO BARRERA</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Edwin Ríos</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Marciano Mendosa</u>	<u>[Firma]</u>
<u>OSCAR Sandoval Cruz</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Miguel Angel Ortega</u>	<u>[Firma]</u>
<u>Eddy Estuardo Coy chin</u>	<u>[Firma]</u>

8. Metodología: CAPACITACIÓN AL PERSONAL

9. Material adjunto: PRESENTACIÓN DIAPOSITIVAS

Esta es una impresión de un formato de registro para que se llene. Es responsabilidad del que lo reproduce usar la versión mas actualizada.

Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.

Anexo C. **Registro de capacitación, planta Bayer S. A. Amatitlán, uso de la cortadora plasma**

Registro

1. Instructor: HUGO POLVITO, DAVID BAZILLAS  
"BARRIOS DEL ASES"

Firma \_\_\_\_\_

2. Tema de la capacitación: "USO DE LA CORTADORA PLASMA"





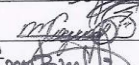


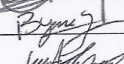



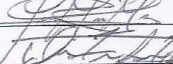
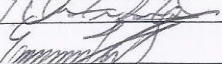
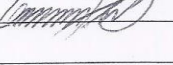
3. Área de la Planta:

4. Fecha de Capacitación: 2-SEP-2014

5. Horario de la capacitación: 8:20 AM

6. Lugar de la capacitación: "SALA SANTIAGUITO"

7. Asistentes:

Nombre	Firma
MARVIN OREHARA	
Tomás Acosta Almedz	
Josue Estuardo Valle	
Gustavo Soluy Aldon	
Miguel Ortega	
HUGO CARRILLO	
Eddy Estuardo Cej chin	
Byron GEORGINA ZAVALA OJEDA	
Jorge Alexander Barrios Paz	
David Fernando Catalán Flores	
Mario Gu. Pinto	
Mamín Alandea	
OSORIO Isaac Sandofal	
Edgar Pineda	

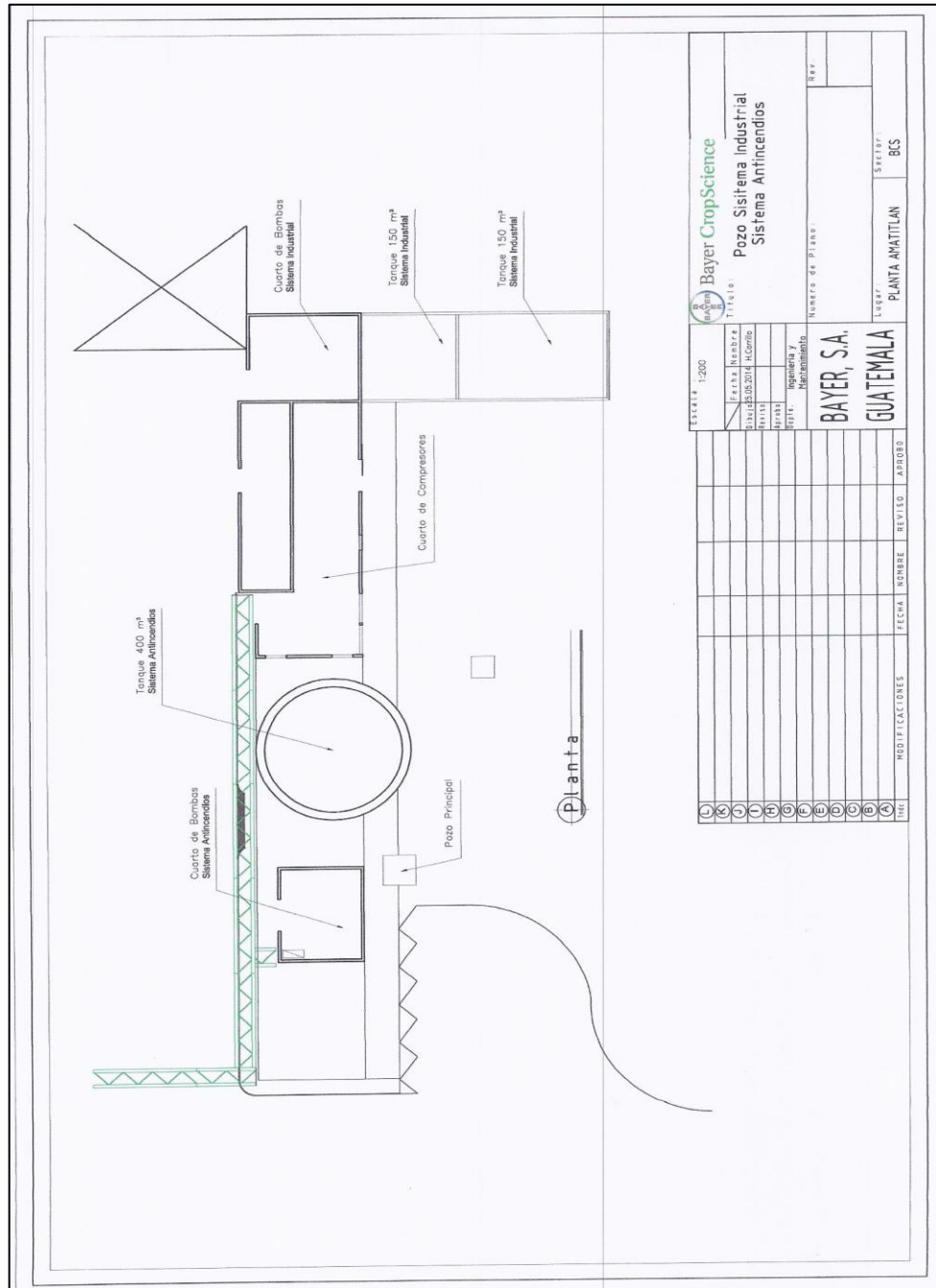
8. Metodología:

9. Material adjunto:

Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.



Anexo E. **Plano del pozo sistema industrial y sistema antincendios**



Fuente: planta Bayer CropScience, municipio de Amatitlán, Guatemala.



