



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

**ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE PLANTA
MEZCLADORA DE AGENTE EXPLOSIVO ANFO, MEDIANTE UNA PROPUESTA DE
TOLVAS DE ALIMENTACIÓN**

Nicolle Rabre Chacón

Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, junio de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE PLANTA
MEZCLADORA DE AGENTE EXPLOSIVO ANFO, MEDIANTE UNA PROPUESTA DE
TOLVAS DE ALIMENTACIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

Nicolle Rabre Chacón

ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA MECÁNICA INDUSTRIAL

GUATEMALA, JUNIO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobar Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

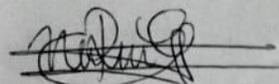
DECANO	Inga. Aurelia Anabela Córdoba Estrada
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Federico Mijangos Martínez
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Jeréz Juárez
EXAMINADOR	Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera
SECRETARIO	Ing. Guillermo Federico Mijangos Martínez

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:

**ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE
PLANTA MEZCLADORA DE AGENTE EXPLOSIVO ANFO, MEDIANTE
UNA PROPUESTA DE TOLVAS DE ALIMENTACIÓN**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 26 de julio de 2019.



Nicolle Rabre Chacón

Guatemala, 03 de octubre del 2019

Ingeniero
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad San Carlos de Guatemala

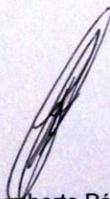
Estimado Señor Director:

Por medio de la presente informo a usted, que he asesorado y revisado el trabajo de tesis titulado **ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE PLANTA MEZCLADORA DE AGENTE EXPLOSIVO ANFO, MEDIANTE UNA PROPUESTA DE TOLVAS DE ALIMENTACIÓN**, elaborado por la estudiante **Nicolle Rabre Chacón**, con carné **2015-03688**, Número de DPI **2986-98455-0101** previo obtener el título de Ingeniera Mecánica Industrial.

Habiendo determinado que dicho trabajo cumple con los requisitos establecidos de la Facultad de Ingeniería, y reconociendo la importancia del tema. Por todo lo anterior tanto el autor como el asesor somos responsables del contenido y conclusiones del presente trabajo de tesis y, en consecuencia, por medio de la presente me permito **APROBARLO**, agregado que lo encuentro completamente satisfactorio.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,



Carlos Humberto Pérez Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado 3071

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Colegiado No. 3071

ASESOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF REV EMI 008.020

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE PLANTA MEZCLADORA DE AGENTE EXPLOSIVO ANFO, MEDIANTE UNA PROPUESTA DE TOLVAS DE ALIMENTACIÓN**, presentado por la estudiante universitaria **Nicolle Rabre Chacón**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO 6182

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, febrero de 2020.

/mgp



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.DIR.EMI.048.020

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 **ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE PLANTA MEZCLADORA DE AGENTE EXPLOSIVO ANFO, MEDIANTE UNA PROPUESTA DE TOLVAS DE ALIMENTACIÓN**, presentado por la estudiante universitaria **Nicolle Rabre Chacón**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Cesar Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, junio de 2020.

/mgp

DTG. 135.2020.

La Decana 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: **ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO DE PLANTA MEZCLADORA DE AGENTE EXPLOSIVO ANFO, MEDIANTE UNA PROPUESTA DE TOLVAS DE ALIMENTACIÓN**, presentado por la estudiante universitaria: **Nicolle Rabre Chacón**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, **autoriza la impresión del mismo.**

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, junio de 2020

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser mi ayuda y fortaleza en todo momento.
Mis padres	Brenda Chacón y Mynor Rabre, por su apoyo incondicional.
Mi hermana	Sophia Rabre, por su amor y compañía.
Mis abuelas	Por su amor y por su ayuda en todo momento.
Mis tíos	Por ser una importante influencia en su carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser una importante influencia en mi carrera,
entre otras cosas.

Facultad de Ingeniería

Por ser una importante fuente de conocimiento.

**Mis amigos de la
Facultad**

Por su amistad y ayuda cuando la he necesitado.

Mi asesor

Ingeniero Carlos Humberto Pérez Rodríguez, por
su importante ayuda para culminar mi trabajo.

	1.2.4.2.4.	Transporte de explosivos	5
	1.2.4.2.5.	Suministro de explosivos y materia prima	5
1.3.	Tipo de organización		6
	1.3.1.	Organigrama	6
1.4.	Proceso productivo.....		7
	1.4.1.	Definición.....	7
	1.4.2.	Tipos de proceso.....	
		1.4.2.1.	Producción por proyectos.....
		1.4.2.2.	Producción por lotes.....
		1.4.2.3.	Producción artesanal.....
		1.4.2.4.	Producción en masa.....
		1.4.2.5.	Producción continua.....
1.5.	Productividad		11
	1.5.1.	Definición.....	11
	1.5.2.	Tipos de productividad	
		1.5.2.1.	Productividad parcial
		1.5.2.2.	Productividad de factor total
		1.5.2.3.	Productividad total.....
1.6.	Mantenimiento.....		14
	1.6.1.	Tipos de mantenimiento	
		1.6.1.1.	Mantenimiento preventivo
		1.6.1.2.	Mantenimiento correctivo
		1.6.1.3.	Mantenimiento predictivo.....
	1.6.2.	Definición.....	19
1.7.	Automatización de procesos		20
	1.7.1.	Definición.....	20

1.7.2.	Niveles de automatización	20
1.7.2.1.	Nivel de campo	20
1.7.2.2.	Nivel de control	21
1.7.2.3.	Nivel de supervisión.....	22
1.7.2.4.	Nivel de planificación	22
1.7.2.5.	Nivel de gestión	23
1.8.	Producción de agente explosivo (ANFO).....	24
1.8.1.	Características técnicas.....	25
1.8.2.	Definición	32
1.9.	Aplicaciones de los explosivos	33
1.9.1.	Definición legal	33
1.10.	Medidores de nivel	35
1.10.1.	Definición técnica.....	35
1.10.2.	División de los medidores de nivel.....	36
1.10.2.1.	Medidores de nivel en líquidos	36
1.10.2.1.1.	Tipos de medidores de nivel	36
1.10.2.1.2.	Medida directa	36
1.10.2.1.3.	Presión hidrostática	38
1.10.2.1.4.	Fuerza de empuje del líquido.....	40
1.10.2.1.5.	Características eléctricas del líquido	41
1.10.2.2.	Medición de nivel en sólidos	42
1.10.2.2.1.	Tipos de medidores de nivel	42
1.10.2.2.2.	Punto fijo	42
1.10.2.2.3.	Continuos	44
1.11.	Sistema de tierras físicas.....	46

1.11.1.	Definición.....	46
1.11.2.	Componentes de la instalación	47
1.11.2.1.	Electrodo de tierra	47
1.11.2.2.	Línea de enlace con tierra	49
1.11.2.3.	Borne principal de puesta a tierra.....	49
1.11.2.4.	Conductores de protección.....	49
2.	SITUACIÓN ACTUAL	51
2.1.	Departamento de producción	51
2.1.1.	Actividades que desarrolla	51
2.1.2.	Recurso humano	53
2.1.2.1.	Puestos y funciones	53
2.2.	Área de mantenimiento	55
2.2.1.	Actividades que desarrolla	56
2.2.2.	Recurso humano	56
2.2.2.1.	Funciones técnicas.....	57
2.3.	Materia prima actual.....	57
2.3.1.	Nitrato de amonio	58
2.3.1.1.	Aplicación en el proceso de mezcla	58
2.3.1.2.	Características industriales	59
2.3.2.	Combustible diésel.....	59
2.3.2.1.	Función en producción	59
2.3.2.2.	Características industriales	60
2.4.	Descripción del equipo	60
2.4.1.	Tolva de alimentación	61
2.4.2.	Tanque de alimentación de diésel.....	61
2.4.3.	Tornillo sinfín	62
2.4.4.	Tolva de producto terminado.....	63
2.4.5.	Báscula dosificadora	63

2.4.6.	Cosedora de sacos	64
2.4.7.	Banda transportadora	65
2.5.	Descripción del proceso	66
2.5.1.	Área de carga de materia prima	66
2.5.2.	Área de mezcla.....	67
2.5.3.	Área de producto terminado	69
2.5.4.	Área de ensacado.....	69
2.5.5.	Diagrama de flujo de proceso	69
2.5.6.	Diagrama de recorrido	73
2.6.	Análisis de desempeño.....	74
2.6.1.	Capacidad usada.....	74
2.6.2.	Índice de eficiencia	77
2.6.3.	Índice de eficacia	78
3.	PROPUESTA PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DE MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	79
3.1.	Departamento de producción	79
3.1.1.	Actividades por desempeñar	79
3.1.1.1.	Asignación de recurso humano a nuevas actividades	79
3.1.1.2.	Programación de la producción	82
3.2.	Planeación del proceso	83
3.2.1.	Área para la instalación	83
3.2.2.	Planificación de la secuencia del proceso	86
3.3.	Tolva de alimentación.....	87
3.3.1.	Diseño de tolva	88
3.3.1.1.	Tipo de tolva	91
3.3.1.2.	Capacidad de almacenaje	92
3.3.2.	Mecanismos para la alimentación.....	92

3.4.	Automatización del proceso de mezcla	96
3.4.1.	Automatización de tolvas de alimentación.....	96
3.4.1.1.	Medidores de alto y bajo nivel	97
3.4.2.	Automatización de tolva de producto terminado.....	98
3.4.3.	Dispositivo controlador del proceso.....	99
3.4.3.1.	Tipos de controladores	99
3.5.	Sistema de tierras físicas	99
3.5.1.	Selección de componentes para la instalación.....	100
3.6.	Departamento de mantenimiento	102
3.6.1.	Actividades por desempeñar	102
3.6.1.1.	Instalación del equipo.....	104
3.6.1.2.	Conservación de la maquinaria y equipo.....	105
3.6.1.2.1.	Selección de personal capacitado.....	106
3.6.1.2.2.	Supervisión de la ejecución de planes de mantenimiento.....	110
3.7.	Mantenimiento de tolvas de alimentación	112
3.7.1.	Mantenimiento preventivo	112
3.7.1.1.	Aplicación mensual	115
3.7.1.2.	Aplicación semestral	117
3.7.2.	Mantenimiento correctivo	117
3.8.	Capacitación de personal.....	118
3.8.1.	Detección de necesidades	119
3.8.2.	Elaboración del programa	122
3.8.2.1.	Cronograma de capacitaciones.....	122
3.8.2.2.	Personal a cargo	124
3.8.3.	Evaluación de resultados	124

3.9.	Costos de aplicación de la propuesta.....	126
3.9.1.	Instalación.....	127
3.9.2.	Recurso humano	127
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	129
4.1.	Entidades responsables	129
4.1.1.	Gerencia General	129
4.1.2.	Departamento de producción.....	129
4.1.3.	Área de mantenimiento.....	130
4.2.	Distribución del proceso	130
4.2.1.	Selección del área para la instalación	130
4.2.2.	Diagrama de flujo de proceso	133
4.2.3.	Diagrama de recorrido	136
4.3.	Implementación de la tolva de alimentación	137
4.3.1.	Selección del tipo de tolva	138
4.3.2.	Capacidad de almacenaje por manejar	139
4.3.3.	Selección de mecanismo para la alimentación	140
4.3.4.	Instalación de la tolva de alimentación	141
4.4.	Automatización del proceso de mezcla	144
4.4.1.	Selección de tipo de medidores de nivel	146
4.4.2.	Instalación de medidores de nivel.....	147
4.4.3.	Selección de dispositivo controlador.....	148
4.4.4.	Instalación de dispositivo controlador	148
4.5.	Implementación del sistema de tierras físicas	149
4.5.1.	Instalación de componentes para toma de tierra ..	149
4.6.	Pruebas de funcionamiento	152
4.6.1.	Tolvas	152
4.6.1.1.	Tolvas de alimentación	152
4.6.1.2.	Tolva de producto terminado	154

4.6.2.	Medidores de nivel en tolvas	154
4.6.3.	Dispositivo controlador del proceso.....	155
4.7.	Mantenimiento de tolvas de alimentación	156
4.7.1.	Plan de mantenimiento preventivo	156
4.7.1.1.	Inspecciones del estado de la maquinaria y equipo	156
4.7.1.2.	Aceites y lubricantes	158
4.7.2.	Plan de mantenimiento correctivo	160
4.7.2.1.	Selección de repuestos	160
4.7.2.2.	Priorización de repuestos	161
4.8.	Manuales de procedimientos	163
4.8.1.	Uso de equipo automatizado.....	163
4.9.	Plan de capacitación	168
4.9.1.	Detección de necesidades	169
4.9.1.1.	Encuestas al recurso humano	169
4.9.2.	Elaboración del programa	175
4.9.2.1.	Selección de aspectos por capacitar..	176
4.9.2.2.	Organización de actividades	177
4.9.2.3.	Selección de personal encargado de capacitar.....	179
4.9.3.	Evaluación de resultados	181
4.9.3.1.	Análisis de paros no programados	182
5.	SEGUIMIENTO O MEJORA	185
5.1.	Estadísticas de producción	185
5.2.	Resultados obtenidos.....	185
5.2.1.	Capacidad de producción usada	185
5.2.2.	Índice de eficiencia.....	186
5.2.3.	Índice de eficacia.....	186

5.3.	Ventajas y beneficios.....	187
5.3.1.	Ventajas.....	187
5.3.1.1.	Ahorro de tiempos	187
5.3.1.2.	Aumento de capacidad al producir	189
5.3.2.	Beneficios	190
5.3.2.1.	Seguridad en producción.....	190
5.3.2.2.	Mejora de la tecnología de la empresa.....	195
5.4.	Acciones correctivas.....	196
5.4.1.	Plan de capacitación de personal	196
5.5.	Mejoras a futuro.....	197
5.5.1.	Implementación de colorante para marca del producto.....	197
5.5.2.	Compresor de aire para cortadora.....	197
5.6.	Auditorías	198
5.6.1.	Auditorías internas.....	198
5.6.1.1.	Aplicación	201
5.6.1.2.	Hacer	203
5.6.1.3.	Verificar	204
5.6.1.4.	Actuar	205
5.6.2.	Auditorías externas.....	205
	CONCLUSIONES	209
	RECOMENDACIONES.....	211
	BIBLIOGRAFÍA.....	213
	ANEXO	215

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama equipos y demoliciones, S. A.	6
2.	Medidor de varilla y varilla con gancho	37
3.	Nivel de cristal.....	38
4.	Medidor manométrico.....	39
5.	Medidor de cono suspendido	43
6.	Paletas rotativas.....	44
7.	Medidor de nivel de báscula.....	45
8.	Estructura jerárquica área de producción.....	53
9.	Estructura jerárquica área de mantenimiento.....	56
10.	Tornillo sinfín.....	62
11.	Báscula dosificadora	64
12.	Cosedora de sacos	65
13.	Banda transportadora.....	65
14.	Diagrama área de carga de materia prima.....	67
15.	Diagrama área de mezcla	68
16.	Diagrama de flujo de proceso actual.....	70
17.	Diagrama de recorrido planta ANFO	73
18.	Situación actual distribución de la planta	84
19.	Matriz de <i>layout</i> planta mezcladora.....	85
20.	Secuencia del proceso de mezcla antes de la propuesta	86
21.	Secuencia del proceso de mezcla después de la propuesta.....	87
22.	Dimensiones de la tolva principal.....	88
23.	Transportador de tornillo sinfín.....	94

24.	Partes del tornillo	95
25.	Medidor de nivel de paletas rotativas.....	98
26.	Electrodo Terratec	102
27.	Matriz de perfil de puesto de mecánico electricista.....	107
28.	Folleto informativo de la institución	110
29.	Elementos para el diseño de una encuesta	120
30.	Espacio total para la tolva.....	131
31.	Espacio total para la tolva en bodega.....	132
32.	Comunicación tolva principal con tolva secundaria.....	133
33.	Diagrama de flujo de proceso con la propuesta.....	134
34.	Diagrama de recorrido con la propuesta.....	136
35.	Hélice de diámetro variable	140
36.	Estructura de apoyo.....	142
37.	Tolva de alimentación	143
38.	Sistema de alimentación.....	144
39.	Ubicaciones de montaje para medidores de alto y bajo nivel	146
40.	Instalación de electrodo de grafito	150
41.	Plan de mantenimiento preventivo actividades diarias	157
42.	Formato de inspección de lubricación por equipo.....	158
43.	Orden de trabajo a personal de mantenimiento	159
44.	Priorización de las causas de mantenimiento	162
45.	Manual de procedimiento, puesta en funcionamiento equipo automatizado	164
46.	Encuesta para detección de necesidades de capacitación.....	170
47.	Gráfico sobre la inducción del personal	171
48.	Gráfico de la opinión sobre la capacitación	172
49.	Gráfico sobre la manipulación de herramientas de trabajo.....	172
50.	Gráfico sobre el conocimiento de los procedimientos.....	173
51.	Gráfico sobre la seguridad en los puestos.....	173

52.	Gráfico sobre el conocimiento del plan estratégico.....	174
53.	Gráfico sobre la disposición para recibir capacitación.....	174
54.	Actividades para la capacitación A.....	178
55.	Actividades para la capacitación B.....	180
56.	Matriz IPER para evaluación de riesgos	191
57.	Aplicación del Círculo de Deming en auditoría interna.....	201

TABLAS

I.	Ventajas y desventajas de la productividad parcial.....	13
II.	Ventajas y desventajas de la productividad total.....	14
III.	Resistencia a la temperatura.....	26
IV.	Calidad de vapores	27
V.	Resistencia al agua	28
VI.	Densidad.....	30
VII.	Presión de detonación.....	31
VIII.	Cantidad de materia prima utilizada	52
IX.	Asignación de actividades al personal	81
X.	Otras actividades por desempeñar	82
XI.	Capacidad tolva actual frente a tolva por instalar.....	92
XII.	Inventario e identificación del equipo	113
XIII.	Gastos generales del equipo.....	127
XIV.	Asistencia técnica.....	128
XV.	Prueba de funcionamiento sistema mecánico tolvas de alimentación.....	153
XVI.	Prueba de funcionamiento sistema mecánico tolva de producto terminado	154
XVII.	Prueba de funcionamiento medidores de nivel en tolvas	155
XVIII.	Probables causas para la ejecución de mantenimiento correctivo	162

XIX.	Información básica para la capacitación	176
XX.	Cálculo de tiempo normal	188
XXI.	Cálculo de tiempo estándar	188
XXII.	Tiempo total tolva actual frente a tolva propuesta.....	189
XXIII.	Situación actual frente a situación propuesta	190

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
ρ	Densidad
gal	Galón
°C	Grados centígrados
g	Gramo
kbar	Kilobares
kcal	Kilocalorías
kg	Kilogramo
m	Metro
”	Pulgadas
Q	Quetzales
TM	Toneladas métricas

GLOSARIO

ANFO	Explosivo de alta potencia.
Ciclado	Cambio en los cristales de un agente explosivo.
CPU	Unidad central de procesamiento de un ordenador.
Detonación	Explosión brusca capaz de iniciar la de un explosivo relativamente estable.
Explosivo	Compuesto o mezcla de compuestos químicos que arden rápidamente generando efectos de presión repentinos.
FO	Combustible proveniente del petróleo.
Hidrocarburo	Compuesto orgánico que resulta de combinar átomos de hidrógeno con otros de carbono.
Liner	Funda interior de un saco.
NA	Nitrato de amonio.
Polvorín	Almacén fijo o móvil que sirve para almacenamiento de explosivos y sus accesorios.

Prills

Producto granulado.

Voladuras

Acción de fracturar o fragmentar roca o suelo mediante el empleo de explosivos.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación contiene una propuesta para la implementación de una tolva de alimentación en una planta mezcladora de agente explosivo ANFO y, la automatización de la línea, con el fin de hacer más eficiente la producción. Además, se presentan los lineamientos necesarios para llevar a cabo estas actividades adecuadamente dentro de las instalaciones de la empresa Equipsa, la cual se dedica a la fabricación y utilización de agentes explosivos para su aplicación en el ámbito de la construcción.

En primer lugar, se presentarán los aspectos generales de la empresa, términos que facilitarán la comprensión del proceso que se lleva a cabo dentro de ella y el tipo de producto final que se obtiene.

A continuación, se describirán los departamentos que conforman la empresa los cuales se verán involucrados en la implementación de la propuesta. También se especificarán el tipo de materia prima y los equipos que se utilizan actualmente y su desempeño actual.

Posteriormente, se desarrollará la propuesta de mejoramiento del proceso productivo, la cual involucrará el diseño de la tolva, la forma de automatización, medidas de seguridad por tomar durante su instalación y funcionamiento, la asignación de estas actividades y los costos que implica. Además, para obtener mejores resultados, también se describirán las capacitaciones al personal.

Seguidamente, se establecerá la forma de proceder para un correcto aprovechamiento del espacio de la planta de producción y las actividades por realizar para lograr instalar los equipos y ponerlos en marcha adecuadamente.

Finalmente, se describen los resultados esperados con la implementación de la propuesta; qué acciones correctivas se pueden tomar a futuro y los métodos para la mejora continua.

OBJETIVOS

General

Analizar el mejoramiento del proceso productivo de planta mezcladora de agente explosivo ANFO, mediante una propuesta de tolvas de alimentación.

Específicos

1. Eliminar tiempos muertos por medio de la automatización del proceso existente, para agilizar el proceso de mezcla de materia prima.
2. Aprovechar correctamente la capacidad productiva mediante una nueva tolva de alimentación, con el fin de maximizar las utilidades por saco producido.
3. Disminuir mermas del proceso de mezclado, para minimizar costos de producción.
4. Eliminar la continua exposición a agentes químicos y a la maquinaria en funcionamiento por parte del personal, para reducir riesgos ocupacionales.
5. Establecer planes de mantenimiento preventivo y correctivo que contribuyan a la disminución de paros no programados.

INTRODUCCIÓN

Equipos y Demoliciones, S.A. es una empresa guatemalteca que se dedica a producir, comercializar, distribuir y manipular explosivos, utilizados para la realización de perforaciones y voladuras que atienden proyectos carreteros, hidroeléctricas, túneles, explotación minera, zanjeo, canteras y otros.

Anteriormente, los agentes explosivos y las herramientas utilizadas eran importadas debido a la escasa producción de estos dentro de Guatemala, lo cual orientó a la empresa a implementar una línea de producción de agente explosivo ANFO, que ya se encuentra en funcionamiento; trabajando, en su mayoría, de forma manual y, por ende, de una manera poco eficiente. Actualmente, la empresa cuenta con un área administrativa, un departamento de producción, un área de mantenimiento y personal dedicado al trabajo de perforaciones y voladuras.

En el presente trabajo de graduación, se abordan cinco capítulos para analizar un mejoramiento del actual proceso productivo; trabajando tanto con el departamento de producción, como con el área de mantenimiento pertenecientes a la empresa.

En el capítulo uno, se describen las generalidades de la empresa en estudio, su plan estratégico; asimismo, se definirán los lineamientos más técnicos en relación con el análisis de mejoramiento.

El capítulo dos describe cómo se encuentra actualmente la empresa; definiendo la materia prima, el equipo, el proceso de la planta productiva y la manera en la cual se desempeñan a nivel industrial.

Se define también la propuesta para el mejoramiento del proceso anteriormente descrito, estableciendo las acciones que serán necesarias para llevarla a cabo. Posteriormente, ya en el capítulo cuatro, se establece la forma en la cual la propuesta será implementada y los recursos necesarios para esto.

Finalmente, en el capítulo cinco se especifican los resultados obtenidos, ventajas, beneficios de la realización de la propuesta y acciones que ayudarán a seguir obteniendo resultados a largo plazo.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. La empresa Equipos y Demoliciones, S.A. (EQUIPSA)

Equipsa es una institución dedicada a producir, comercializar, distribuir y manipular explosivos y agentes de voladuras, utilizados en el ámbito de la construcción, dando asesoría técnica y logística en cada servicio que presta.

1.1.1. Historia

Equipos y demoliciones, S.A. es una empresa netamente guatemalteca que, desde 1998 ha asistido a varias empresas constructoras, mineras, entidades gubernamentales, entidades autónomas y otras, en los trabajos de perforación y voladuras; así como en los servicios necesarios para el desarrollo de proyectos donde se necesita el uso adecuado de explosivos industriales.

1.2. Información general

Es una empresa guatemalteca que, actualmente, se encuentra en constante crecimiento y que se enfoca en brindar servicios y productos de alta calidad, además de, orientar a sus clientes en la ejecución de sus proyectos con la mejor asesoría técnica.

1.2.1. Ubicación

Las oficinas de la empresa se encuentran ubicadas en la 23 avenida 33-36 zona 12, colonia Santa Elisa, Guatemala.

La planta y polvorines de Equipsa se encuentran ubicados a siete kilómetros de la ciudad capital en la finca “La Pilita” kilómetro 7,3 antigua carretera al municipio de Chinautla, Guatemala.

1.2.2. Misión

La misión es aquella que permite a una organización, declarar el propósito de esta y qué cualidades la hacen diferente a las demás organizaciones dedicadas a las mismas actividades. Este es un factor muy importante para poder planear las estrategias de una institución, ya que nos permite evaluar las decisiones que se tomarán dentro de la organización para analizar si no se está perdiendo el enfoque o la dirección a la cual la empresa se dirige.

La misión de Equipsa es: “Atender las necesidades de nuestros clientes proporcionando servicios y productos de alta calidad, reduciendo costos y ejecutando a tiempo las obras, siendo respetuosos con el medio ambiente y permitiendo a los empleados la posibilidad de desarrollar sus competencias profesionales”.¹

1.2.3. Visión

La visión es la declaración futura de una organización, permite saber hacia dónde se dirige o qué pretende lograr a largo plazo. Esta también es esencial para la planeación estratégica de la institución, ya que a partir de ella se pueden plantear objetivos y, posteriormente, estrategias para alcanzarlos.

La empresa define su visión: “Transformarnos en una organización líder, altamente competitiva, capaz de brindar a nuestros clientes un servicio

¹ Equipos y demoliciones S. A. *Misión*. <http://equipsa.com.gt/>.

vanguardista que incluya: la provisión adecuada y a tiempo de una amplia gama de explosivos industriales y equipos de perforación, brindarles la mejor asesoría técnica para su uso y apoyarlos en la ejecución misma de proyectos relacionados con la rama”.²

1.2.4. Productos y servicios

La empresa Equipsa cuenta con una variedad de productos de los cuales, el agente ANFO es producido en su planta de producción y los demás son importados. Todos estos productos son utilizados en el área de construcción para la realización de perforaciones y voladuras que permiten la realización de proyectos carreteros, túneles, explotación minera, hidroeléctricas, canteras, entre otros; a los cuales se les presta asistencia técnica, con el fin de que exista un manejo adecuado de los agentes de voladura.

1.2.4.1. Productos

Equipos y Demoliciones, S.A. cuenta con una planta de producción en Guatemala, la cual produce el agente explosivo ANFO utilizado para los trabajos de voladura. Además, la empresa abastece agentes explosivos producidos fuera del país y comercializa todos los accesorios utilizados para la aplicación de los explosivos.

1.2.4.1.1. Agente explosivo ANFO

Equipsa produce agente explosivo ANFO el cual es un tipo de agente seco. Se le conoce como seco porque en sus componentes no contiene agua. Para la fabricación de este agente se realiza una mezcla de nitrato de amonio con aceite

² Equipos y demoliciones S. A. *Visión*. <http://equipsa.com.gt/>.

combustible. La empresa vende y utiliza este explosivo para su aplicación en minas, canteras, construcción civil, entre otros.

La planta tiene una capacidad de cinco mil toneladas al año con un solo turno, abasteciendo el mercado nacional y atendiendo cualquier proyecto de gran magnitud en Centroamérica.

1.2.4.2. Servicios

Equipsa es una empresa la cual se dedica a brindar servicios en diversas áreas de la construcción, para un manejo adecuado de los agentes explosivos, evitando una incorrecta manipulación, desperdicios y accidentes. Entre los servicios que la empresa brinda están: asistencia técnica, administración de polvorines, cargado, amarre y disparo, transporte y suministro de explosivos.

1.2.4.2.1. Asistencia técnica

La empresa cuenta con un consolidado equipo de ingenieros y representantes técnicos, que le permiten asesorar y recomendar las técnicas y productos adecuados a cada caso particular y para agregar valor a las operaciones de los clientes.

Debido a la amplia experiencia en el impacto de voladura e importancia del diseño y productos utilizados, Equipsa ha logrado ofrecer un servicio completo de ingeniería de voladura, que abarca desde la planificación de los diseños de perforación, hasta los diseños de voladura; todo esto realizado con el fin de optimizar el proceso de fragmentación y entregar soluciones orientadas a erradicar el problema directamente donde este se origina.

1.2.4.2.2. Administración de polvorines

Equipos y demoliciones, S.A. ofrece a sus clientes un servicio integral de administración de polvorines y planta, por medio del cual se hacen cargo de la administración diaria de materias primas y productos explosivos, recepción, almacenamiento, reposición, despacho y transporte de materias primas, altos explosivos, accesorios entre polvorines y mina. Además, la empresa gestiona la tramitación de documentación y todo lo establecido en la legislación vigente.

1.2.4.2.3. Cargado, amarre y disparo

Este servicio atiende la señalización y aislamiento de las áreas de carguío de explosivos, primado de los pozos de voladura, tapado mecanizado de los pozos de voladura, amarre, conexión de los pozos de voladura e iniciación del disparo.

1.2.4.2.4. Transporte de explosivos

Equiposa proporciona el servicio de transporte con entrega de productos explosivos y sistemas de iniciación, en los puntos de trabajo. La empresa cuenta con personal altamente capacitado y vehículos especialmente acondicionados para esta operación: camión quadra, camión auger, milodon y multipropósito.

1.2.4.2.5. Suministro de explosivos y materia prima

La empresa cuenta con productos explosivos de su propia fabricación y, además, comercializa todos los accesorios requeridos para voladura como,

detonadores eléctricos y electrónicos. Equipsa asegura un abastecimiento permanente debido a que ellos mismos producen el material suministrado.

El servicio de suministro de explosivos y materias primas también considera la instalación de polvorines, unidades debidamente acondicionadas para el almacenamiento de explosivos y aprobados previamente por la autoridad fiscalizadora.

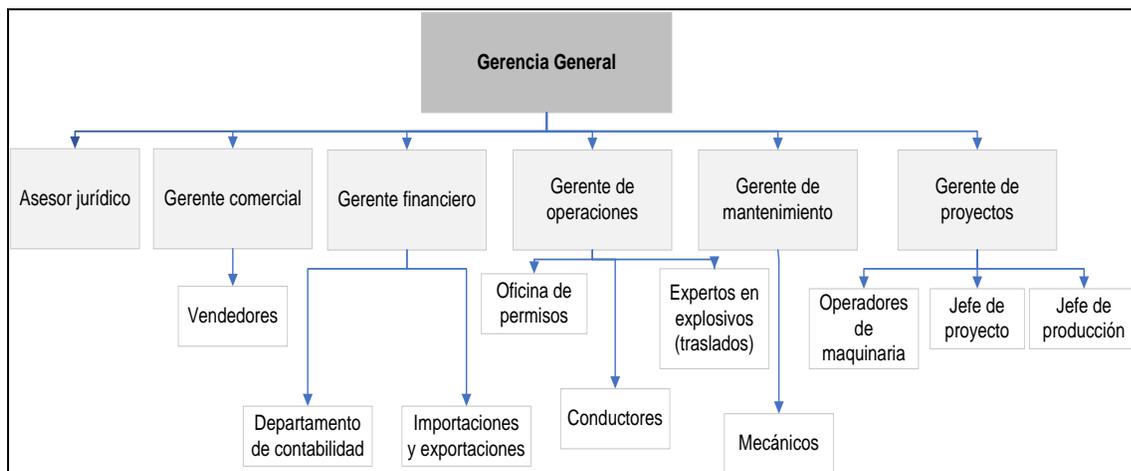
1.3. Tipo de organización

Para su adecuado funcionamiento la empresa requiere de una organización.

1.3.1. Organigrama

En la figura 1 se muestra el organigrama de la empresa.

Figura 1. Organigrama equipos y demoliciones, S. A.



Fuente: elaboración propia.

1.4. Proceso productivo

Un proceso productivo es la transformación de la materia prima en un producto final, el cual solicita el mercado para un fin en específico. Dentro del proceso productivo del agente explosivo ANFO, a través de diferentes procedimientos, se logra la transformación de las materias primas, nitrato de amonio y combustible fósil, en un agente explosivo utilizado en voladuras con enfoque a proyectos de construcción.

1.4.1. Definición

Un proceso productivo es la serie de actividades que la empresa realiza para generar un producto o servicio. Este consiste en la mano de obra, equipos y procedimientos que tienen la finalidad de combinar los procesos y los materiales que constituyen sus operaciones. Por medio de este proceso, se indica la forma en la que la materia prima es ingresada, cómo es transformada y el producto final que será distribuido a los consumidores generando valor.

Para la selección del proceso productivo a utilizar, las empresas buscan el mayor beneficio que se adapte a su estructura organizacional y a la tecnología con la que cuentan.

1.4.2. Tipos de proceso

Las consideraciones que deben tenerse para seleccionar un tipo de proceso incluyen el volumen del producto y si este es estandarizado o personalizado. Este tipo de decisiones es de carácter estratégico, ya que muchas áreas de trabajo como la mercadotecnia, el recurso humano, las operaciones y las finanzas; se ven afectadas.

Existen cinco formas de producir: por proyectos, por lotes, de forma artesanal, en masa y continua.

1.4.2.1. Producción por proyectos

Por medio de la producción por proyectos, se pueden obtener productos individualizados e innovadores, que satisfagan las necesidades específicas del cliente. Se utiliza cuando el cliente desea personalización y cualidades únicas.

Este tipo de producción se caracteriza por una difícil planeación y complicación en la programación, pues estos productos no han sido elaborados anteriormente. Además, resulta complicado automatizarlos, aunque con regularidad se utiliza equipo para propósitos generales. La mano de obra en este tipo de producción debe ser totalmente calificada porque el producto que se elabora es único.

En la producción por proyectos, cada unidad se produce de manera individual y es diferente a las demás unidades producidas. El costo de producción es alto y, en algunas ocasiones, es difícil de controlarlo; es por eso que durante la producción el proyecto está sometido a un alto grado de cambio e innovación.

1.4.2.2. Producción por lotes

Este tipo de producción se utiliza para obtener una cantidad limitada de un tipo de producto, a la cual se le denomina lote de producción. Cada lote de producto viaja de manera conjunta de un proceso a otro y pueden tener una ruta diferente de flujo o saltarse ciertos procesos. Como resultado, el flujo es intermitente.

El flujo intermitente de la producción en lotes trae como resultado desafíos de inventarios y gran importancia en la programación de la producción. Pueden generarse cuellos de botella cuando se utiliza un alto nivel de capacidad, donde un lote debe esperar un equipo o mano de obra que está asignado a otro en ese momento y, en consecuencia, existe pérdida de eficiencia.

Los tamaños de los lotes pueden variar, desde cientos hasta una sola unidad. La producción de lotes es utilizada cuando el volumen no es alto o cuando en la fábrica existe variedad de productos; en estos dos casos esto resulta más económico. Además, la mano de obra es calificada y flexible en cuanto a su capacidad para fabricar diferentes artículos.

1.4.2.3. Producción artesanal

La producción artesanal describe al proceso en el cual no se ha hecho gran incorporación tecnológica y tiene las siguientes características:

- Fabricación manual, para consumo de la familia o para vender de forma limitada.
- Todo el proceso de producción se realiza en un mismo lugar, tomando en cuenta al usuario, el artesano, el mercader y el transporte.
- Los productos son elaborados a mano por el artesano, donde ellos seleccionan la materia prima y le dan su propio estilo.
- Requiere de personas que conozcan cómo realizar el proceso en su totalidad.
- El volumen del producto, por lo general, es reducido.

1.4.2.4. Producción en masa

La producción en masa se basa en la fabricación de grandes cantidades de productos con características similares, para manejar costos bajos. Una organización que trabaja con una producción en masa debe tener un proceso altamente mecanizado para controlar de manera correcta sus parámetros de producción.

Se debe tener precaución con el producto terminado, ya que puede existir acumulación, si no se considera la demanda y la capacidad de producción; obteniendo como resultado elevación en los costos de inventario y eliminando el objetivo principal de la producción en masa.

Algunas características de la producción en masa son: el alto grado de mecanización, la estandarización de procesos, la cadena de montaje, los altos niveles de producto existente, la especialización del trabajo por parte del recurso humano y el uso de bajos costos.

1.4.2.5. Producción continua

En este tipo de producción, los productos fluyen de una operación a otra, sin pausa y sin transición de operación a operación, esto provoca que la flexibilidad para cambiar la mezcla de productos sea muy limitada. Se realiza un solo producto totalmente estandarizado con volúmenes de producción muy grandes.

La producción continua tiende a realizar productos que no requieren ser diferenciados, como son las materias primas. Esta suele estar altamente

automatizada y opera a toda su capacidad. El éxito de este sistema depende totalmente del plan de producción.

En este tipo de producción resaltan las siguientes características:

- Se producen grandes volúmenes de productos.
- Cada producto es procesado a través de un método idéntico.
- El grado de automatización y mecanización es alto.
- Predominan los inventarios de materia prima y producto terminado, ya que los inventarios de materiales en proceso suelen ser mínimos.
- Las actividades de mantenimiento de planta y distribución física del producto adquieren una importancia decisiva.

Este tipo de proceso es utilizado en industrias azucareras, de papel, petróleo y electricidad, donde los productos son líquidos o semisólidos y pueden ser bombeados y fluir de una operación a otra.

1.5. Productividad

La relación entre producto e insumo es un indicador cotidiano para la medición de la productividad de una empresa; siendo los insumos, factores o elementos que intervienen en el proceso de fabricación de los productos.

1.5.1. Definición

La productividad se define como la cantidad de bienes o servicios producidos para cada factor utilizado, durante un período de tiempo determinado. También se conoce como, el incremento de la producción por horas de trabajo.

Este puede ser analizado por medio de un estudio de tiempos o medición del trabajo, diseño del trabajo, pago de salarios, entre otras formas.

Los factores que afectan la productividad pueden ser clasificados como, factores internos y externos. Los factores internos, son aquellos que están ligados con el concepto de productividad. Entre estos se encuentran: el producto, el proceso, el inventario, el recurso humano y la calidad.

Por otra parte, los factores externos incluyen regulaciones del gobierno, la demanda y la competencia, es decir, factores que no están bajo el control de la compañía.

Para que se pueda lograr un nivel de productividad apto, la organización debe garantizar que todos los recursos están siendo aprovechados de manera que se logre aumentar este factor. Existen tres formas de incrementarlo:

- Reducir el insumo y mantener la misma cantidad de producto producida
- Aumentar la cantidad de producto producida y mantener el mismo insumo
- Aumentar el producto y reducir el insumo simultánea y proporcionalmente

Existe una gran variedad de parámetros que afectan la productividad entre ellos se encuentran: los materiales, los métodos, la mano de obra y el dinero.

1.5.2. Tipos de productividad

Existen tres diferentes tipos de productividad: la productividad parcial, la productividad de factor total y la productividad parcial.

1.5.2.1. Productividad parcial

La productividad parcial es la relación que existe entre la cantidad producida y un solo insumo utilizado para producir.

Este tipo de productividad tiene tanto ventajas, como desventajas al momento de su aplicación:

Tabla I. **Ventajas y desventajas de la productividad parcial**

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Fácil de obtener y comprender para un departamento.• Buena herramienta de diagnóstico para señalar áreas de mejoramiento en la productividad.	<ul style="list-style-type: none">• No permite analizar a nivel general.

Fuente: elaboración propia.

1.5.2.2. Productividad de factor total

La productividad de factor total es la relación entre la producción neta y los insumos asociados a la mano de obra y capital. Esta abarca la producción total, sin tomar en cuenta los servicios y bienes intermedios adquiridos.

1.5.2.3. Productividad total

La productividad total comprende la razón entre la producción total y la suma de todos los factores de insumo utilizados para producir. Refleja el impacto que tienen todos los insumos durante la producción.

Este tipo de productividad tiene las siguientes ventajas y desventajas al momento de su aplicación:

Tabla II. **Ventajas y desventajas de la productividad total**

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Considera todos los insumos.• Es un dato más acertado de cómo se encuentra la empresa.• Controlar la utilidad a través de este índice puede ser de gran beneficio.	<ul style="list-style-type: none">• Existe una desventaja al intentar desglosar esta información a nivel cliente y producción, a no ser de tener un sistema definido.

Fuente: elaboración propia.

1.6. Mantenimiento

Por medio del mantenimiento se espera incrementar la confiabilidad del sistema de producción. Las funciones del mantenimiento van más allá que solamente la reparación, esto involucra planear, ejecutar y controlar métodos de conservación de los equipos.

Para una producción eficiente es esencial la conservación de la planta y del equipo en buen estado. El costo de una avería en una máquina suele ser muy elevado tanto económicamente, como con la relación con los clientes y los empleados; es por eso, que el mantenimiento debe asegurar la disponibilidad apropiada para la producción.

1.6.1. Tipos de mantenimiento

Es difícil determinar el tiempo real y el trabajo requerido para llevar a cabo una tarea de mantenimiento. Existen diferentes tipos de mantenimiento, los cuales buscan reducir los costos, por eso para seleccionarlos se debe examinar la política de mantenimiento más satisfactoria.

1.6.1.1. Mantenimiento preventivo

Las políticas del mantenimiento preventivo son aquellas que se aplican antes de existir una falla o avería. Estas se pueden clasificar en dos versiones, una que se ejecuta cada período de tiempo y, la segunda, que se basa en la condición de desgaste del equipo. La primera versión, conduce a un mantenimiento preventivo sistemático, mientras que la segunda, es un mantenimiento condicional. Ambos métodos funcionan bajo la permanente inspección y un análisis crítico de las condiciones del equipo.

Un plan de mantenimiento preventivo correctamente diseñado puede reducir la necesidad de paros y mantenimientos de emergencia. Estos planes, deben abarcar por lo menos doce meses e involucrar todas las políticas de la conservación. La eficiencia en la producción no se basa en las reparaciones de emergencia realizadas, sino en su ausencia.

El mantenimiento preventivo es la realización de un sistema de inspecciones programadas sobre el activo fijo de la planta. Estas inspecciones se realizan con el fin de detectar condiciones inadecuadas, que en un plazo de tiempo pueden causar paros en producción o un grave deterioro en la maquinaria, equipos o instalaciones. Para elaborar un plan de mantenimiento preventivo, se han de seguir estos pasos:

- Elaborar una lista de todas las actividades que se exigen por parte de las autoridades. Dentro de estas actividades se incluyen: la limpieza de toda la infraestructura y una inspección detallada donde, si es necesario se realiza mantenimiento por una persona competente. Se deben inspeccionar los montacargas, todas las partes y mecanismos de cada máquina, accesorios, extinguidores y equipo contra incendios, equipos auxiliares, básculas, entre otras.
- Después de establecer una lista, se establece la frecuencia requerida para cada actividad. Para esto deben verificarse manuales del fabricante y, posteriormente, verificar los registros de rendimientos y averías de cada una de las máquinas y equipos.
- Posteriormente, se preparan instrucciones para llevar a cabo cada concepto listado anteriormente. En las instrucciones se debe detallar, también, la frecuencia del mantenimiento.
- Con la lista y las instrucciones establecidas, se genera un plan de trabajo enfocado, como mínimo, para doce meses.
- Se instruye al recurso humano y se hace un registro de cada actividad que ya ha sido elaborada.

- Finalmente, se realizan auditorías para analizar las diversas tareas y obtener información adicional para cambios a futuro.

1.6.1.2. Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento consiste en la reparación de la falla de manera más rápida. Se considera que el mantenimiento correctivo debe estar enfocado a corto plazo. Las tareas de este tipo de mantenimiento se realizan con el fin de recuperar la funcionalidad del equipo. Para dar solución a una falla por el medio correctivo, se pueden aplicar dos tareas diferentes:

- Reparar el equipo de manera inmediata para retornarlo a su condición de trabajo, pero sin que este se vuelva a encontrar en sus condiciones estándar. Esta tarea se aplica cuando es de urgencia realizar una reparación y no es posible detener la producción.
- Aplicar una reparación correctamente. Esta se lleva a cabo cuando se han tenido experiencias previas similares y se conocen los motivos de la falla, regresando a la máquina a sus condiciones estándar de producción y de mantenimiento.

Una tarea de mantenimiento consta de diferentes actividades: la detección de la falla, la localización de la misma, el desmontaje del equipo, la recuperación o sustitución de piezas que han causado la falla, el montaje, las pruebas de funcionamiento y la verificación.

1.6.1.3. Mantenimiento predictivo

Por medio del mantenimiento predictivo se estudia la evolución de ciertos parámetros, para luego asociarlos con la ocurrencia de fallas. Este estudio se realiza con el propósito de determinar en qué momento estas situaciones pueden causar escenarios fuera de los estándares y establecer todas las tareas para evitarlo con tiempo suficiente y que esa avería no cause consecuencias graves ni paros inesperados. Por medio del estudio de las variables internas y externas al proceso de producción, se logran alargar los períodos de funcionalidad de los equipos y, por tanto, la vida útil total.

Para predecir el comportamiento de los equipos se suelen utilizar diferentes herramientas matemáticas, estadísticas, entre otras. Estas herramientas son importantes ya que, utilizándolas, no se altera el funcionamiento normal de la planta. De esta manera se pueden medir diferentes variables que, con un correcto control, se determinarán la utilización del mantenimiento predictivo.

La aplicación del mantenimiento predictivo conlleva una variedad de ventajas:

- Permite seguir la evolución del defecto a través del tiempo.
- Se reducen los tiempos de paros al conocer exactamente la falla.
- Maneja un registro de información histórica vital para tomar decisiones técnicas en los equipos.
- Facilita la compra de nuevos equipos o modificaciones en la producción.

Para la ejecución del mantenimiento preventivo es necesaria la inversión económica. Esto se debe a que en cada máquina deben existir equipos de

medición de parámetros. Aunque también se trabajan las inspecciones visuales, acústicas y al tacto de los componentes accesibles e inaccesibles.

1.6.2. Definición

El mantenimiento es cualquier tipo de actividad dirigida a mantener la producción de una planta de forma correcta, segura, económica y conservando la buena calidad del servicio o producto; utilizando los recursos humanos y las técnicas necesarias. Esto implica, tomar en cuenta la viabilidad de los distintos programas de mantenimiento.

Generalmente, todo el mantenimiento es realizado por un solo departamento. Es muy funcional que, el área de mantenimiento de la institución pertenezca al área de producción, ya que el enfoque primordial es conservar los activos físicos que contribuyen a la elaboración del producto. Los deberes de mantenimiento incluyen el cuidado de la planta en general, esto incluye la infraestructura y el equipo, también la instalación de maquinaria nueva.

Pueden identificarse diferentes actividades pertenecientes al área de mantenimiento y para tener el control de todas estas, debe de existir un punto central de control que supervise la correcta realización de las actividades. Además, el personal de producción no debe realizar trabajo de mantenimiento para el cual no ha sido capacitado, exceptuando los casos de emergencia. Es de vital importancia el inventario de mantenimiento, ya que no puede haber inexistencias de piezas que son vitales para la reparación de los activos. Finalmente, deben llevarse registros de todos los trabajos realizados y los materiales que se requieren.

1.7. Automatización de procesos

La automatización del proceso de mezcla de agente explosivo ANFO permitirá que, las actividades para la obtención del producto se realicen mediante máquinas programadas las cuales permitirán disminución de tiempos de trabajo, reducción de merma e intervención de la mano de obra; obteniendo, como resultado, una mayor eficiencia en el proceso y reducción de costos de producción.

1.7.1. Definición

Se denomina automatización de procesos cuando la producción, el movimiento y la inspección en el proceso se realiza por medio de máquinas que se operan a sí mismas sin la necesidad de la intervención del ser humano. La automatización es uno de los aspectos más importantes en la evolución de la industria.

1.7.2. Niveles de automatización

La integración de tecnologías clásicas con tecnologías de la actualidad es representada por medio de una pirámide que representa los cinco niveles tecnológicos que se pueden encontrar dentro de una industria. Estos niveles son: de campo, control, supervisión, planificación y gestión.

1.7.2.1. Nivel de campo

Este primer nivel, incluye los dispositivos físicos existentes en las industrias. Estos pueden ser actuadores, sensores, entre otros.

1.7.2.2. Nivel de control

En este nivel se utilizan dispositivos programables, estos pueden tener una flexibilidad muy diferente: siendo métodos de control que requieren de mucho esfuerzo para reprogramar las actividades o, solamente aquellos que implican un cambio de software. Estos dispositivos pueden ser ordenadores, PLC, entre otros.

Un controlador lógico programable o mejor conocido por sus siglas en inglés PLC, se trata de una computadora que es utilizada en la automatización industrial para tener el control de la maquinaria de la fábrica. Estos dispositivos utilizan una memoria programable para guardar instrucciones que le permiten desarrollar determinadas funciones, estas pueden ser: operaciones lógicas, especificaciones temporales, secuencias de acciones y cálculos para el control.

El enfoque de este controlador a la industria le permite recibir múltiples señales de entrada y de salida, soporta altos rangos de temperatura, tiene inmunidad al ruido eléctrico, resistencia vibraciones y al impacto. Estos dispositivos son flexibles y se pueden adaptar a diferentes tareas. Existen diferentes tipos de PLC, los cuales se pueden clasificar de la siguiente manera:

- PLC compactos: incorporan su CPU, PS y sus módulos de entrada y salida en un único paquete.
- PLC modular: es el más potente y tiene más funciones. Su CPU, PS y sus módulos se encuentran en paquetes separados.
- PLC de montaje en rack: tienen las mismas capacidades y funciones que un PLC modular.

- PLC con panel operador y controlador lógico programable: posee una interfaz para su funcionamiento y por medio de este se pueden monitorear las actividades del proceso.

1.7.2.3. Nivel de supervisión

Este nivel corresponde a los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA). Este sistema fue diseñado especialmente para funcionar sobre ordenadores destinados a controlar la producción por medio de sensores y otros elementos que permiten el control absoluto. Permite llevar un control de todos los dispositivos en tiempo real y, también, crear alarmas para corregir posibles desviaciones. Este sistema posee las siguientes características:

- Es capaz de adquirir, procesar y almacenar una gran cantidad de datos dentro del proceso productivo.
- Pueden representar gráficamente todo el proceso para facilitar el control de las diferentes variables.
- Por medio de este, se puede modificar la evolución de todo el proceso industrial.
- La supervisión se puede llevar a cabo mediante un sistema de pantallas y dispositivos.

1.7.2.4. Nivel de planificación

Este cuarto nivel corresponde a los sistemas de la ejecución de la producción (MES). Este es un sistema que monitorea el trabajo en proceso, recibiendo datos a tiempo real tanto de los equipos y el proceso, como del recurso humano. El objetivo de este sistema es, mejorar la productividad y reducir tiempos de ciclo.

El sistema MES gestiona todo el inventario de material de forma automática, permitiendo conocer cuánto producto se puede producir, si hay materia prima y cuánta materia prima se debe de ordenar. Además, gestiona las órdenes de producción e instrucciones de trabajo, permitiendo monitorear si la producción se encuentra dentro de lo planeado. Por medio de la utilización de MES se pueden obtener los siguientes beneficios:

- Se reducen los desperdicios en producción
- Existe un incremento en el tiempo operativo
- Se reacciona más pronto a los mercados cambiantes
- Mejoras en calidad y rendimiento
- Reducción de costos de inventario

1.7.2.5. Nivel de gestión

Finalmente, este nivel lo componen sistemas de gestión integral de la empresa (ERP). Este es un software que integra todos los elementos de una empresa en una sola base de datos, unificando y centralizando todos los datos que se deseen sin importar las distancias físicas. Entre los procesos cotidianos que se integran resultan: el área de compras, ventas, área financiera, almacenes, recurso humano, producción y otras áreas dependiendo a qué se dedique la empresa.

Estos sistemas funcionan en todo tipo de empresas, sirven para mejorar la capacidad de gestión y colaboración entre los empleados y los distintos departamentos de las organizaciones. También ofrece información exacta en tiempo real, funcionando como un método de análisis de los datos ingresados al sistema. Existen dos tipos de software ERP:

- ERP a medida, es un software diseñado exclusivamente para las actividades de una empresa en específico, es decir, que se diseña desde cero y bajo las especificaciones de la institución que lo utilizará.
- ERP estándar o modular, proviene de un programa prediseñado al cual solamente se le realizarán modificaciones dependiendo del negocio al cual este sea aplicado.

Además, la utilización de un sistema de gestión integral trae muchos beneficios para la empresa, estos son unos de ellos:

- Personalización en base a las necesidades de la empresa.
- Acceso e intercambio de información entre departamentos, mejorando la comunicación entre los empleados.
- Ahorro económico.
- Aumento del rendimiento y mejora en la productividad, disminuyendo posibles errores.
- Evita la duplicación de datos y se tiene un mayor control y trazabilidad.
- Mejora la relación con los clientes.

1.8. Producción de agente explosivo (ANFO)

Para producir agente explosivo ANFO, se mezcla el nitrato de amonio y el combustible fósil, en este caso diésel, inyectando el diésel en una cámara de mezclado donde se encuentra el nitrato de amonio. Mezclándolos uniformemente, se obtiene una mezcla con el 95 % de nitrato de amonio y 5 % de diésel a la cual se le conoce como ANFO.

1.8.1. Características técnicas

Las características son las propiedades físicas y químicas que los explosivos tienen. Unas de estas determinan si pueden ser utilizados con seguridad según las condiciones del medio ambiente, otras determinan su aspecto físico. Finalmente, otras determinan el rendimiento del explosivo en su aplicación en voladura. Los productos explosivos suelen tener características tanto ambientales, como de desempeño.

- Características ambientales de los explosivos

Un explosivo debe ser confiable y capaz de funcionar de manera segura bajo las condiciones ambientales donde este vaya a ser utilizado. Antes de realizar una voladura, se debe seleccionar qué explosivo es el adecuado para las condiciones ambientales y las características que se adapten a la economía del proyecto a ejecutar. Existen cinco principales características ambientales de los explosivos que son tomadas en cuenta para su selección: resistencia a la temperatura, flamabilidad, vapores, resistencia al agua y la sensibilidad.

- Resistencia a la temperatura

El desempeño de los productos explosivos puede ser afectado si estos son expuestos a temperaturas extremas. El almacenamiento de agentes explosivos de nitrato de amonio a ciertas temperaturas puede provocar el cambio de cristalización, a lo cual se le conoce como ciclado, lo que provocaría un cambio en el desempeño y en la seguridad del producto. Los agentes ANFO tienen una buena resistencia a la temperatura, si esta oscila entre los $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $32,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

El fenómeno de ciclado puede afectar el desempeño y el almacenamiento de cualquier agente que contenga nitrato de amonio. Los cristales del nitrato de amonio son pseudo tetragonales, cuando la temperatura sobrepasa los 32,2 °C, los cristales del nitrato de amonio se rompen en cristales orto-rómbicos más pequeños y, si la temperatura baja nuevamente, vuelven a tener una forma pseudo tetragonal provocando un aumento en su densidad; convirtiendo al producto a un agente más sensitivo.

Tabla III. **Resistencia a la temperatura**

Tipo	Entre -18°C y 38°C
ANFO cargado neumáticamente	Mala arriba de 32,2 °C
ANFO vaciado	Mala arriba de 32,2 °C
ANFO empacado	Mala arriba de 32,2° C
ANFO pesado	Mala debajo de 4,5 °C

Fuente: KONYA, Calvin; ALBARRÁN, Enrique. *Diseño de voladuras*. p. 28.

- **Flamabilidad**

La flamabilidad es muy importante para el almacenamiento, transporte y uso de los explosivos. Esta característica define la facilidad que los explosivos tienen para iniciar la reacción a partir de una chispa, flama o fuego. Algunos explosivos son más sensibles a esto explotando debido a una chispa, mientras que otros pueden ser quemados y no detonan.

Durante el paso del tiempo, los explosivos se han vuelto menos flamables. Esto se debe a que los usuarios pueden considerar que la flamabilidad no es un problema, haciéndolos tener un falso sentido de seguridad y, provocando

accidentes. Por eso, todos los explosivos deben ser tratados como materiales altamente flamables, tomando en cuenta las precauciones que corresponden.

- Vapores

Los vapores en un explosivo se miden por la cantidad de gases tóxicos que producen durante la detonación. Los que se consideran principales en la catalogación de vapores son el monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno. Estos gases siempre se generan durante la voladura y por eso actualmente buscan reducir la cantidad de vapores generados realizando un balance de oxígeno.

El agente explosivo ANFO tiene una buena calidad de vapor, que puede llegar a ser mala solamente en condiciones adversas.

Tabla IV. **Calidad de vapores**

Tipo	Calidad
ANFO cargado neumáticamente	Buena. Puede ser mala bajo condiciones adversas.
ANFO vaciado	Buena. Puede ser mala bajo condiciones adversas.
ANFO encartuchado	Buena a muy buena.
ANFO pesado	Buena. Puede ser mala bajo condiciones adversas.

Fuente: KONYA, Calvin; ALBARRÁN, Enrique. *Diseño de voladuras*. p. 27.

- Resistencia al agua

Esta característica define la habilidad del explosivo de ser expuesto al agua sin sufrir deterioro en su desempeño. La resistencia al agua de estos productos puede clasificarse en dos: resistencia al agua interna y externa. La resistencia al agua interna depende de la composición del producto. Por otro lado, la resistencia externa depende del empaque en el cual se contiene el material.

El agente ANFO no tiene resistencia interna al agua, pero si este se mantiene en un cartucho, se mantendrá seco y se comportará con normalidad.

El efecto que tiene el agua en los explosivos es que, esta los puede llegar a enfriar a tal grado que los productos ideales de la detonación no se formarán, además que puede disolver algunos de sus ingredientes. Se puede detectar el deterioro de un explosivo debido al agua, si la emisión de vapores es café rojiza o amarilla durante la voladura. La resistencia al agua en los explosivos se puede clasificar con términos como excelente, buena, regular o mala; o con números.

Tabla V. **Resistencia al agua**

Tipo	Resistencia
ANFO cargado neumáticamente	Mala
ANFO vaciado	Mala
ANFO empacado	Muy buena. Se vuelve mala si el empaque se rompe.
ANFO pesado	Mala a muy buena.

Fuente: KONYA, Calvin; ALBARRÁN, Enrique. *Diseño de voladuras*. p. 24.

- Sensibilidad

La sensibilidad es utilizada para conocer el diámetro mínimo en el cual el explosivo detonará confiablemente, a este diámetro se le conoce como diámetro crítico. Esta es la característica que tiene un producto explosivo para propagar la reacción a lo largo de toda la carga.

- Características de desempeño de los explosivos

Para la selección de un explosivo, después de considerar las condiciones ambientales se debe considerar las características de desempeño de los explosivos. Las principales características son: cohesividad, potencia, densidad, velocidad de detonación y sensibilidad.

- Cohesividad

A esta característica se le define como la habilidad que tiene un explosivo de mantener su forma original. Dependiendo de las circunstancias donde el producto será detonado, se puede necesitar un explosivo que se mantenga en su forma original o uno que fluya libremente al ser detonado.

- Potencia

El término potencia define la medida de la fuerza que el producto puede desarrollar y su habilidad para hacer un trabajo.

- Densidad

La densidad es la característica que determina el peso de explosivo que puede cargarse dentro de un diámetro específico de barreno, esta se expresa como gravedad específica; la cual es la relación de la densidad del explosivo y la densidad del agua. La densidad en un explosivo es importante porque se comparan, almacenan y utilizan sobre la base del peso.

Esta característica se utiliza para calcular la potencia y los parámetros de diseño entre explosivos de diferentes fabricantes. Es decir que, a mayor densidad, mayor energía en el producto. Una medida de la densidad que se utiliza en la voladura, es la densidad de carga. Este término indica el peso del explosivo por longitud de carga para un diámetro dado y se utiliza para conocer el total de kilogramos de explosivo que se deben utilizar.

Tabla VI. **Densidad**

Tipo	Densidad (g/cm³)
ANFO cargado neumáticamente	0,8-1,0
ANFO vaciado	0,8-0,9
ANFO encartuchado	1,1-1,2
ANFO pesado	1,1-1,4

Fuente: KONYA, Calvin; ALBARRÁN, Enrique. *Diseño de voladuras*. p. 36.

- Presión de detonación

Cuando se inicia un explosivo con otro, la presión de choque del explosivo primario se utiliza para iniciar el explosivo secundario. La presión de detonación está relacionada con la densidad del explosivo y la velocidad de la reacción.

Tabla VII. **Presión de detonación**

Tipo	Presión de detonación (Kbar)
ANFO vaciado	7-45
ANFO encartuchado	20-60
ANFO pesado	20-90

Fuente: KONYA, Calvin; ALBARRÁN, Enrique. *Diseño de voladuras*. p. 35.

- Velocidad de detonación

Esta característica define la velocidad a la cual la reacción se mueve a lo largo de la columna de explosivo. La velocidad de detonación puede ser utilizada para medir la eficiencia de una reacción explosiva.

- Sensitibilidad

La sensitibilidad se define como el requerimiento mínimo de energía que un explosivo necesita para detonar confiablemente.

1.8.2. Definición

El agente explosivo ANFO es una mezcla de nitrato de amonio y aceite combustible. El nitrato de amonio es un ingrediente esencial en casi todos los explosivos comerciales. Sin embargo, la forma en la cual es más utilizado es en una pequeña esfera porosa llamada “prill”, que es mezclada con aceite combustible.

Los productos ANFO se pueden encontrar tanto a granel, encartuchados o en bolsas de varias capas. Estos son los explosivos más utilizados hoy en día. A este producto se le conoce como agente explosivo seco ya que, no se utiliza agua en su formulación.

- Agentes explosivos encartuchados

Este tipo de explosivo se hace moliendo aproximadamente el veinte por ciento de las perlas de ANFO y agregándolas de nuevo a la mezcla normal. En ocasiones se le agrega compuestos de hierro para incrementar la densidad dentro del cartucho y así, poderlo sumergir en el agua.

- ANFO a granel

El ANFO a granel consta de perlas de nitrato de amonio y diésel. Este tipo de explosivo puede colocarse por medios neumáticos o mecánicos.

1.9. Aplicaciones de los explosivos

Los explosivos tienen diferentes aplicaciones, entre ellas están: la perforación, minería, exploración sísmica, construcción, voladura submarina, voladura controlada, voladura de zanjas, entre otras.

1.9.1. Definición legal

- **Minería**

Las canteras y minas producen gran cantidad de rocas y minerales. En una cantera se consume todo el material que tenga un tamaño aprovechable, mientras que en una mina se obtienen tanto minerales como material desechable. Las canteras y las minas en el área de voladura se trabajan de la misma forma en general.

La extracción de carbón se ha convertido en el método predominante de recuperación. Debido a la amplia demanda del carbón, se necesitan constantemente equipos de perforación, excavación, transporte y explosivos a bajo costo.

- **Exploración sísmica**

Se utiliza para determinar qué se encuentra debajo de la superficie terrestre. Sin importar la necesidad por la cual se desee investigar, se debe involucrar la perforación y una o más herramientas y métodos. Esta información puede ser recolectada utilizando explosivos. Para esto se detona una carga en la superficie de la tierra, generando ondas sísmicas hacia adentro de la tierra. A continuación, se registran las vibraciones y utilizando la información recolectada se puede

determinar: la profundidad de cada estrato, su estructura y hasta los tipos de rocas presentes en las áreas.

- Construcción de autopista

La finalidad de la construcción y rehabilitación de las autopistas es permitir la fluidez del transporte y hacerlo de forma más segura. Para su construcción se deben realizar cortes en el entorno donde estas se van a construir. Existen tres tipos de cortes para la construcción de carreteras:

- Cortes transversales, son excavaciones que se realizan a través de una colina que dejan pendientes a ambos lados.
- Cortes al lado de la colina, estas son excavaciones que tienen una pendiente en un solo lado.
- Cortes descendentes.

- Voladura de zanja

La voladura de zanja puede dividirse en tuberías a campo abierto y tuberías urbanas. Las tuberías a campo abierto implican instalar grandes longitudes de oleoductos a campo abierto. Por otro lado, las tuberías urbanas, también llamadas proyectos de zanjado, se trabajan en distancias cortas y cercanas a la población y a estructuras.

- Construcción de túneles para obras civiles

A diferencia de la minería, donde se obtiene mineral de la roca volada; en la perforación de túneles este material solo se utiliza como desecho. Los túneles varían de tamaño dependiendo para qué serán utilizados. Existen túneles

utilizados para alcantarillas y servicios públicos subterráneos, túneles para vehículos, vías férreas y para el servicio de agua potable. La perforación y voladura es el método más utilizado para la realización de túneles más cortos.

- Voladura submarina

Esta voladura es necesaria cuando se debe realizar una excavación en un área donde el agua que se encuentra sobre la superficie, no se puede retirar. Para este tipo de actividad se requiere de más cuidado, con condiciones más exigentes y con personal con mayor experiencia. Algunos ejemplos de estos trabajos son: expansión de canales, construcción de puertos, excavaciones para instalar pilares de puentes y trabajos de demolición.

1.10. Medidores de nivel

Los medidores de nivel dentro de la planta de producción de agente ANFO, permitirán conocer si las tolvas se encuentran vacías o si se está sobrepasando la capacidad de almacenaje que estas tienen y, de esta forma, poder llenar nuevamente las tolvas o, detener el proceso si existe un exceso de producto terminado almacenado dentro de la tolva.

1.10.1. Definición técnica

La función de un medidor de nivel es medir la altura del material contenido en un objeto.

En la industria la medición del nivel es muy importante, ya que permite el correcto funcionamiento del proceso, además del balance adecuado de materias primas y producto terminado.

1.10.2. División de los medidores de nivel

Los medidores de nivel pueden dividirse en dos grupos principales. Aquellos que son utilizados para medir el nivel de los líquidos contenidos y, los que se emplean para medir el nivel de sólidos que existen.

1.10.2.1. Medidores de nivel en líquidos

Estos trabajan midiendo directamente la altura del líquido, utilizando una línea de referencia.

1.10.2.1.1. Tipos de medidores de nivel

Los medidores de nivel en líquidos pueden basarse en diferentes características de los líquidos para realizar una correcta medición. Estas características pueden ser: el desplazamiento del líquido, la presión hidrostática o por sus características eléctricas.

1.10.2.1.2. Medida directa

Estos medidores son aquellos que basan su medición en la altura del líquido. Pueden ser mecánicos o manuales y existen diferentes tipos.

- Medidores de sonda
 - Varilla

Consiste en una regla graduada, para determinar el nivel se lee la longitud mojada por el líquido. Para la lectura del nivel, es necesario que el depósito esté abierto a la presión atmosférica.

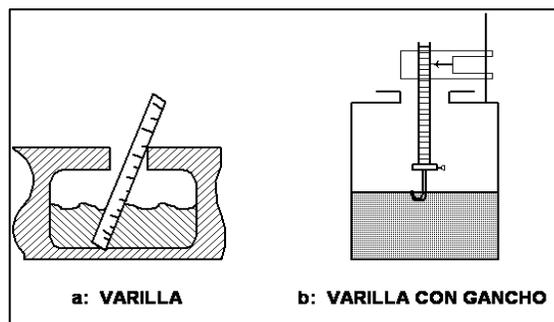
- Varilla con gancho

Consiste en una varilla graduada con un gancho el cual debe ser sumergido y se levanta hasta que rompe la superficie del líquido por medir. La distancia entre esa superficie y la parte superior del tanque, indica el nivel del líquido.

- Cinta y plomada

Este tipo de medidor consiste en una cinta graduada que se sumerge en el líquido y al ser extraída, se puede conocer la longitud mojada por el líquido. Su función es similar a la de la varilla, pero se utiliza en ocasiones donde la varilla no puede sumergirse en su totalidad.

Figura 2. **Medidor de varilla y varilla con gancho**



Fuente: *Mediciones Industriales*. <http://cicunexpo-mediciones1.blogspot.com/>. Consulta: 9 de mayo de 2019.

- Nivel de cristal

Contiene dos válvulas, una en el nivel superior y la otra en el nivel inferior, las cuales va colocado un tubo de vidrio o plástico transparente, por medio del cual se puede observar la altura del líquido. Además de estas dos válvulas, contiene una válvula de purga.

Figura 3. **Nivel de cristal**



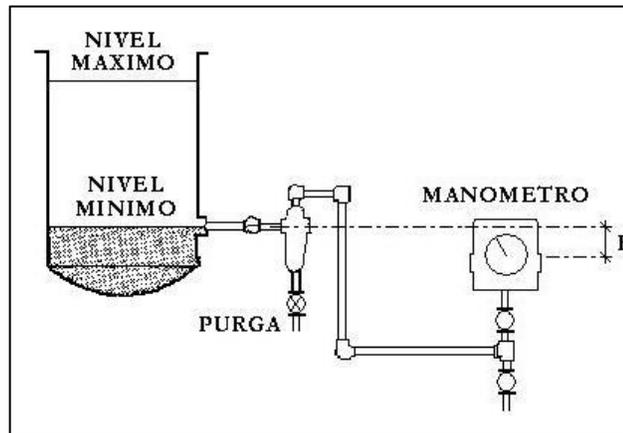
Fuente: Wika. *Nivel de cristal*. https://www.wika.co/lgg_es_es.WIKA. Consulta: 9 de mayo de 2019.

1.10.2.1.3. Presión hidrostática

- Medidor manométrico

Consiste en un manómetro conectado a la parte inferior del tanque. Mide la presión debido a la altura del líquido que existe entre el nivel del tanque y el eje del instrumento.

Figura 4. **Medidor manométrico**



Fuente: *Instrumentación industrial*.

<http://instrumentacionindustrial.blogspot.com/2007/06/medicion-por-presion-diferencial.html>.

Consulta: 9 de mayo de 2019.

- Medidor tipo burbujeo

Este medidor utiliza un tubo sumergido en el líquido en el cual se hace burbujear aire. La presión de aire en la tubería equivale al nivel de líquido. Este nivel se mide mediante un manómetro de fuelles.

- Medidor de diafragma o presión diferencial

Consiste en un diafragma que se encuentra en contacto con el líquido del tanque, por el cual se mide la presión hidrostática en un punto del fondo del tanque. Utilizando:

$$P: h \gamma$$

Donde:

P es la presión hidrostática

h es la altura del líquido

γ es la densidad

g es la gravedad

1.10.2.1.4. Fuerza de empuje del líquido

- Instrumentos de flotador

Estos instrumentos consisten en un flotador en el líquido, el cual está conectado al exterior del tanque e indica directamente el nivel. Existen cuatro tipos de flotadores.

- Flotador de conexión directa

Este es el modelo más antiguo de flotadores y el más utilizado en tanques de gran capacidad. Consiste en un flotador que está conectado directamente al tanque, unido por medio de un cable que desliza por medio de poleas a un índice exterior, indicando el nivel del líquido sobre una escala. Este tipo de medidor no puede estar expuesto a presión.

- Flotador de acoplamiento magnético

Este flotador se desliza mediante un tubo guía sellado, situado verticalmente dentro del tanque. Dentro de este tubo existe una pieza magnética que sigue al flotador en su movimiento y mediante un juego de cable y poleas arrastra un índice que indica el nivel, en la parte superior del tanque.

- Flotador transmisor de nivel

Utilizado en tanques pequeños. Puede adaptarse para actuar magnéticamente sobre un transmisor neumático o eléctrico en el exterior del tanque.

- Acoplamiento hidráulico

Actúa su movimiento sobre un fuelle, haciendo que varíe la presión de un circuito hidráulico y señala la distancia en el receptor de nivel correspondiente.

1.10.2.1.5. Características eléctricas del líquido

- Medidor de nivel conductivo

Se utiliza para controlar el nivel alto y bajo. Utiliza relés eléctricos con buena conductividad y relés electrónicos para líquidos con baja conductividad.

- Medidor de capacidad

Mide la capacidad del condensador formado por el electrodo sumergido y las paredes del tanque. Esta capacidad depende linealmente del nivel del líquido.

- Transductor ultrasónico de nivel

Se basa de la emisión de un pulso ultrasónico a una superficie reflectante, el retardo de la captación del eco depende del nivel del tanque.

1.10.2.2. Medición de nivel en sólidos

Son instrumentos capaces de medir el nivel de los sólidos contenidos en puntos fijos o en forma continua. En la industria se utilizan principalmente en tanques o silos que contengan materia prima o producto terminado.

1.10.2.2.1. Tipos de medidores de nivel

Existen dos principales tipos de medidores de nivel en sólidos. Los medidores de punto fijo y los medidores de nivel continuos.

Los medidores de punto fijo proporcionan una medida en uno o varios puntos fijos determinados. Por otro lado, los medidores continuos proporcionan una medida continua del nivel de los sólidos desde el punto más bajo, al punto más alto del contenedor.

1.10.2.2.2. Punto fijo

- Medidor de diafragma

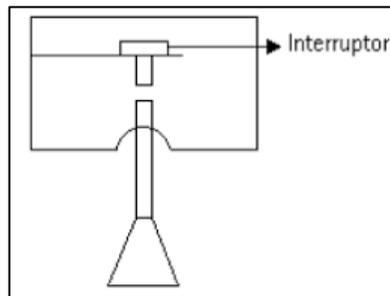
Utilizado en tanques cerrados a baja presión o vacío, no admite materiales granulares superiores a 80 mm de diámetro. Su temperatura máxima es 60 °C. Consiste en una membrana flexible que está conectada a un grupo de palancas con contrapeso que actúan sobre un micro ruptor.

- Medidor de cono suspendido

Consiste un micro ruptor y una varilla suspendida que al final tiene un cono. Cuando el nivel de sólidos alcanza el cono el interruptor es excitado.

Este medidor es utilizado únicamente en tanques abiertos. A temperatura máxima de 60 °C. Su principal aplicación es en carbón, granos y caliza.

Figura 5. **Medidor de cono suspendido**



Fuente: *Medición de variables de procesos industriales.*

<http://medirvariables.blogspot.com/2010/04/medicion-de-nivel.html>. Consulta: 9 de mayo de 2019.

- Varilla flexible

Se utiliza como alarma de alto nivel en tanques abiertos. Consiste en una varilla de acero, conectada a un diafragma de latón donde está contenido el interruptor. Cuando los sólidos tocan levemente la varilla, el interruptor se cierra y se activa la alarma.

- Medidor de paletas rotativas

Este medidor es utilizado en tanques abiertos o a baja presión. Consta de un eje vertical con paletas que giran continuamente. Cuando el producto llega hasta las paletas, este las detiene. Cuando el producto baja de nivel, las paletas comienzan a girar y la alarma se desactiva.

Figura 6. **Paletas rotativas**



Fuente: Direct Industry, <https://www.directindustry.es/prod/binmaster/product-30027-390244.html>, mayo 2019.

1.10.2.2.3. Continuos

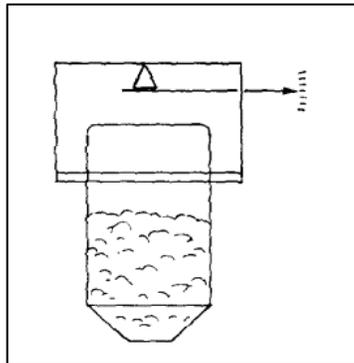
- Sondeo electromecánico

Consiste en un pequeño peso móvil sostenido por un cable mediante poleas. El peso baja hasta encontrarse con los sólidos, donde cambia de dirección hasta llegar a la parte superior del tanque. Un indicador señala la parte donde el movimiento fue invertido, indicando así, el nivel de los sólidos.

- Medidor de nivel de báscula

Mide el nivel del sólido utilizando el peso del material. Puede trabajar a altas presiones y a altas temperaturas.

Figura 7. **Medidor de nivel de báscula**



Fuente: Medida de nivel de sólidos, <http://electroprofesor.blogspot.com/2013/11/medida-de-nivel-de-solidos.html>, mayo 2019.

- Medidor de nivel capacitivo

Mide la capacidad del condensador formado por el electrodo sumergido y las paredes del tanque. Esta capacidad depende linealmente del nivel del sólido.

- Medidor de presión diferencial

Contiene dos orificios de purga de aire situados debajo y encima del lecho. La presión diferencial depende del nivel del sólido que fluya. Este tipo de medidor posee una respuesta rápida.

- Medidor de nivel ultrasónico

Emite ultrasonidos para captar el rebote del material sólido, conociendo así el nivel de material contenido.

- Medidor de nivel de radiación

Consiste en una fuente radiactiva de rayos gamma en la parte superior e inferior del tanque. El grado de radiación percibida depende del espesor de los sólidos.

1.11. Sistema de tierras físicas

Se desea implementar el sistema de tierras físicas dentro de las instalaciones de la planta de mezclado de agente explosivo ANFO como una medida de seguridad. La fabricación de agentes explosivos conlleva la utilización de materiales inflamables y, de esta forma, se evitará que existan daños materiales y humanos debido a incendios provocados por cargas eléctricas. Además, conservarán la integridad de los equipos que se utilizan dentro de las instalaciones.

1.11.1. Definición

Un sistema de tierras físicas es una conexión de seguridad que debe ser instalada en centros de trabajos donde existan instalaciones eléctricas o electrónicas. Todos estos sistemas eléctricos generan cargas que deben ser liberadas para no dañar los equipos o a las personas. Estas cargas pueden ser tanto naturales, rayos, o artificiales, sobrecargas, interferencias o errores humanos.

La función de un sistema de tierras físicas es drenar al terreno las intensidades de corriente nocivas que puedan ser generadas por corto circuito, inducción o algún fenómeno natural. Para esto se debe realizar una conexión de los equipos a tierra, utilizando un cable que se dirige al terreno donde se

encuentra una pieza de metal llamada electrodo de tierra. Esta instalación se realiza en el mismo terreno donde se encuentran los equipos.

1.11.2. Componentes de la instalación

Existen varios factores que deben ser considerados al momento de instalar un sistema de tierras físicas. Entre estos se encuentra la correcta selección de los componentes utilizados al momento de la instalación.

1.11.2.1. Electrodo de tierra

El electrodo es uno de los componentes de la puesta a tierra, consiste en una pieza de metal que, la mayoría de veces, suele ser de cobre debido a la resistencia que debe tener a las sales de la tierra. El electrodo va enterrado en la tierra a una profundidad variable, disparando la corriente a tierra en caso de una sobrecarga, un rayo o alguna falla en la instalación.

Existen diferentes tipos de electrodos que pueden ser utilizados en un sistema de tierras físicas:

- Varilla, este electrodo se forma por un perfil de acero galvanizado que puede tener forma de cruz, t o ángulo recto.
- Rehilete, son dos placas de cobre soldadas. Estos electrodos se utilizan en lugares donde existe dificultad de excavar, porque tienen un área mayor de contacto.
- Placa, tiene una gran área de contacto y se utiliza en terrenos con alta resistividad.

- Electrodo en estrella, la longitud de su cable obtiene un valor de resistencia menor.
- Malla, esta se logra armando una red de conductores de cobre desnudos y se mejora con algunos electrodos.
- Electrodo de anillos, es un espiral de cable de cobre desnudo.
- Placa estrellada, esta placa contiene varias puntas en sus contornos, logrando disipar la energía a través de ellas.
- Electrodo de varilla de hierro o acero, son varillas que deben tener como mínimo 16 mm de diámetro.
- Electrodo de tubo metálico, este electrodo está formado de acero o hierro y debe contener una cubierta de otro metal para ser protegido de la corrosión.
- Electrodo de aluminio, son los menos recomendados debida a que el aluminio se corroe al estar en tierra.
- Electrodo empotrado en concreto, deben colocarse cimentaciones enterradas.
- Electrodo horizontal, este se entierra de forma horizontal y consiste en un conductor de cobre desnudo.
- Electrodo profundo, se utiliza donde hay mucha roca, haciendo una excavación más profunda para encontrar una capa húmeda de tierra, ya que la humedad aumenta la conductividad.

- Electrodo químico, consta de un electrodo al cual se le agrega una sustancia química con el fin de aumentar su conductividad.

1.11.2.2. Línea de enlace con tierra

Estas líneas están formadas por conductores que parten del punto de puesta a tierra y se conectan a las derivaciones necesarias para que la puesta a tierra a través de los conductores de protección.

1.11.2.3. Borne principal de puesta a tierra

Se le conoce como borne de puesta a tierra al punto de unión entre la toma de tierra y el circuito de puesta a tierra.

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne de puesta a tierra el cual debe unirse con los conductores de protección y los conductores de uniones equipotenciales.

1.11.2.4. Conductores de protección

La función de estos es unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos para asegurar la protección contra contactos indirectos. Es decir, que estos unen las masas a la línea principal de tierra.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Departamento de producción

El departamento de producción es el encargado de realizar las operaciones necesarias para transformar la materia prima en el producto terminado, buscando usar la menor cantidad de insumos necesarios y producir la mayor cantidad de unidades para tener un alto nivel de productividad dentro de las instalaciones. En Equipsa, el departamento de producción cuenta únicamente con una línea y seis trabajadores, los cuales trabajan para transformar el diésel y el nitrato de amonio en un agente explosivo ANFO.

2.1.1. Actividades que desarrolla

El departamento de producción, actualmente, depende del Departamento de Contabilidad y el Gerente de Proyectos para iniciar sus funciones. El gerente de proyectos es el encargado de programar la cantidad de producto que será necesario producir, según las necesidades que se tienen en los proyectos que la empresa está actualmente trabajando y en los clientes que están solicitando el producto. A continuación, el departamento de contabilidad es el encargado de costear el nitrato de amonio que será importado cada dos meses de Corea y Francia, el diésel necesario para la producción y el material de empaque.

Posteriormente, el departamento de producción es el encargado de supervisar que el proceso se lleve a cabo adecuadamente. Teniendo el control del personal involucrado en el mismo y el correcto uso de la materia prima a utilizar. Se produce un promedio de 2 500 sacos de 25 kg de agente explosivo

ANFO al mes, los cuales contienen 95 % de Nitrato de Amonio y 5 % de diésel, en peso.

Tabla VIII. **Cantidad de materia prima utilizada**

Producto		Cantidad	
Producto terminado		25 kg	
Nitrato de amonio	De 95 % de nitrato de amonio	23,75 kg	
	Total de producto al mes	2 400 sacos de 25 kg	
Diésel	1 galón de diésel	3,20 kg	
	5 % de diésel	1,25 kg	0,39 gal
	Total de producto al mes	976,56 gal	

Fuente: elaboración propia.

Al finalizar la producción programada, el departamento de producción es el encargado de tomar un saco por lote producido, para control de calidad. Para este proceso, utiliza un ANFO Test Kit, el cual funciona con un químico llamado MERPOL el cual, mediante agitación, se encarga de separar el nitrato de amonio del diésel; corroborando la proporción de los ingredientes la cual se debe encontrar entre 94,5-4,5 % y 95-5 %.

Finalmente, el producto es ingresado a producto terminado usando notas de recepción de bodega, las cuales son cargadas al sistema contable.

2.1.2. Recurso humano

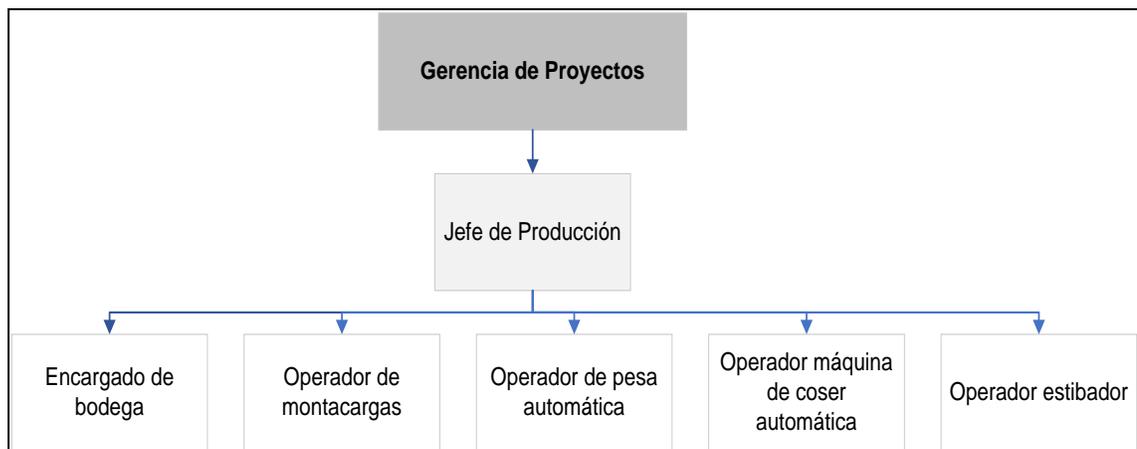
El departamento de producción actualmente cuenta con seis personas dentro de la planta.

- Jefe de producción
- Encargado de bodega
- Operador de montacargas
- Operador de pesa automática
- Operador de máquina de coser automática
- Operador estibador

2.1.2.1. Puestos y funciones

Los puestos y funciones de la estructura jerárquica del área de producción se muestran en la figura 8.

Figura 8. Estructura jerárquica área de producción



Fuente: elaboración propia.

- Jefe de producción

Su función es, junto con el encargado de bodega, llenar el tanque del generador eléctrico, revisar los niveles y encenderlo. Cuando todo se encuentra listo y se dará inicio al proceso, es el encargado de supervisar que el personal se encuentre en sus posiciones de trabajo y con su respectivo equipo de seguridad. Posteriormente, acciona el botón de encendido dando inicio al proceso.

Durante el proceso, se encarga de supervisar el correcto funcionamiento del recurso humano y la materia prima. Finalmente, junto con el encargado de bodega, se encargan de realizar análisis de control de calidad al producto terminado.

- Encargado de bodega

Junto con el jefe de producción, se encarga de llenar el tanque del generador eléctrico, revisar los niveles y encenderlo. Analiza la calidad del producto por medio del “ANFO Test Kit”.

En la bodega de producto terminado, se encarga de ingresar al sistema contable el producto terminado, utilizando notas de recepción de bodega.

- Operador de montacargas

Su función es llenar la tolva de alimentación. Esta tolva tiene una capacidad de 300 kg, mientras que el tanque puede almacenar 370 galones de diésel. Por esto, para cumplir con la capacidad del tanque, se necesita llenar la tolva 75 veces.

- Operador de pesa automática

Se encarga de llenar el tanque de diésel, el cual tiene una capacidad de 370 galones o 902 sacos de 25 kg. Posteriormente, cuando el agente explosivo ya se encuentra en la tolva de producto terminado, coloca sacos vacíos con su liner en la pesa. Llena el saco desde la tolva de producto terminado, libera el saco de 25 kg y lo desplaza hacia la máquina de coser.

- Operador de máquina de coser automática

Junto con el operador de la pesa automática, se encarga de llenar el tanque de diésel. Cuando el saco ha sido llenado por la pesa automática es desplazado hacia la máquina de coser, donde este operario recibe el saco abierto, lo introduce dentro de la cosedora y procede a sellarlo.

- Operario estibador

Su función es recibir los sacos ya cosidos y estibarlos en una tarima de madera. Las tarimas contienen un máximo de 55 sacos de 25 kg.

2.2. Área de mantenimiento

El área de mantenimiento de una organización se encarga de la conservación de los equipos de la fábrica. En este caso, el área de mantenimiento de la empresa debe cerciorarse de que las tolvas, el tornillo sinfín, el tanque de combustible, la báscula dosificadora, la cosedora de sacos y la banda transportadora se encuentren en un buen estado y evitar paros en la producción, mediante mantenimientos preventivos y predictivos.

2.2.1. Actividades que desarrolla

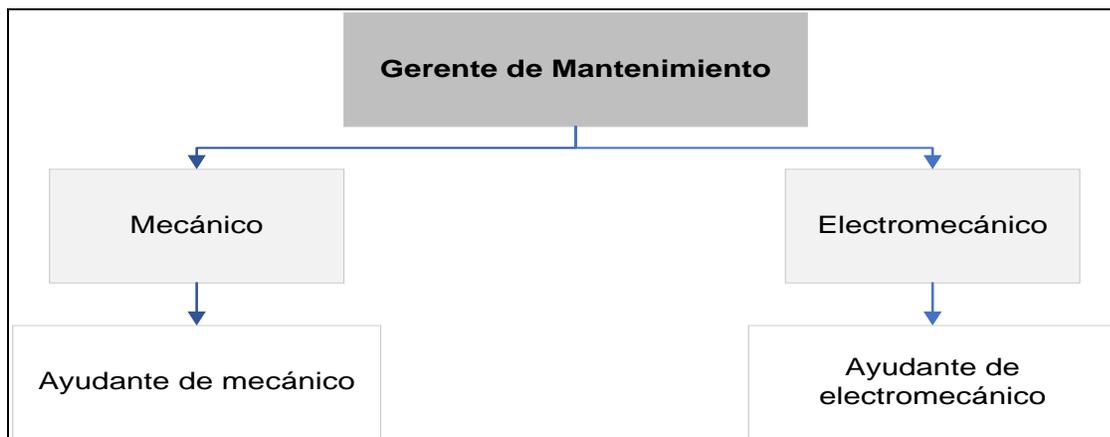
Actualmente, la empresa enfoca su área de mantenimiento a la conservación de los vehículos y herramientas utilizados en el ámbito de la construcción. Los mecánicos se encargan de mantener en buen estado los taladros, perforadoras, vehículos para el transporte de explosivos, entre otros equipos.

Debido a que la planta ha sido recientemente instalada, las actividades de mantenimiento dentro de ella no han sido establecidas adecuadamente, el área de mantenimiento ha trabajado en la instalación de los equipos.

2.2.2. Recurso humano

Departamento que organiza y maximiza el desempeño en la empresa con el fin de aumentar su productividad.

Figura 9. Estructura jerárquica área de mantenimiento



Fuente: elaboración propia.

2.2.2.1. Funciones técnicas

- Gerente de mantenimiento

El gerente de mantenimiento es el encargado de establecer, distribuir y supervisar las actividades para la conservación de los equipos utilizados en la construcción; seleccionar los equipos adecuados para el montaje de la planta mezcladora y supervisar su correcta instalación. Además, gestiona el recurso humano de esta área.

- Mecánico y electromecánico

Su función dentro de la organización es encargarse del mantenimiento de los vehículos y herramientas, ya sea para mantener su correcto funcionamiento o, si se tienen desperfectos. Reparar situaciones inconformes dentro de la planta de producción y mantener la maquinaria en correcto funcionamiento.

- Ayudante de mecánico y electromecánico

Su función es ayudar a los mecánicos en las reparaciones, herramientas, el monitoreo de los equipos.

2.3. Materia prima actual

Para el proceso de mezclado de agente explosivo ANFO son necesarios dos materiales como materia prima, estos deben ser mezclados en las cantidades correctas para su futuro funcionamiento. Estos materiales son el nitrato de amonio y el combustible diésel.

2.3.1. Nitrato de amonio

El nitrato de amonio (NA) es un ingrediente esencial en casi todos los explosivos comerciales. La producción de los prills de nitrato de amonio, las cuales son unas pequeñas esferas porosas que posteriormente se mezclan con combustible, es un proceso que contiene múltiples pasos.

El proceso inicia con gas natural y aire. El punto final de este proceso incluye rociar una solución concentrada de nitrato de amonio a través de placas perforadas haciendo que, al salir la solución, se formen gotitas líquidas de nitrato de amonio. Estas gotitas se cristalizan al caer en caída libre, obteniendo forma de prills esféricos.

2.3.1.1. Aplicación en el proceso de mezcla

El nitrato de amonio en el proceso de mezcla cumple el papel más importante. El producto terminado, contiene un 95 % de su peso de nitrato de amonio.

El NA como materia prima, es importado de Corea y Francia. Su importación, fabricación, almacenamiento, traslado, entre otros, requiere permiso del Ministerio de la Defensa Nacional debido a que este es, una especie estancada. Una especie estancada es cualquier material susceptible de ser utilizado para la fabricación de artefactos explosivos. Además, que para su traslado dentro del país son necesarias custodias militares.

Después de su correcto traslado, este es almacenado en la bodega de materia prima de donde, el operario de montacargas carga el nitrato de amonio en la tolva de alimentación, cada vez que esto es necesario. Este viaja a través

de un tornillo sinfín donde es rociado con la cantidad necesaria de diésel. Formando de esta forma, el agente explosivo ANFO.

2.3.1.2. Características industriales

El nitrato de amonio tiene diferentes aplicaciones industriales. Existen prills de NA que son utilizados para la agricultura, sin embargo, los prills utilizados para uso explosivo suelen ser menos densos y más porosos. El hecho de que se necesiten prills menos densos y más porosos, es para cumplir con las siguientes funciones:

- Permitir al prill absorber y retener el aceite combustible de manera uniforme
- Mejorar la sensibilidad al actuar como puntos de iniciación

2.3.2. Combustible diésel

El combustible diésel es un aceite pesado elaborado a base de petróleo e hidrocarburos. Se obtiene de la destilación del petróleo y es un líquido denso.

El diésel tiene una mayor eficiencia en comparación a otros subproductos del petróleo, esto se debe a que contiene a una mayor densidad energética. Además, es más económico ya que tiene un menor proceso de refinación.

2.3.2.1. Función en producción

El combustible diésel tiene una de las funciones principales en el proceso de mezcla del agente explosivo ANFO.

Actualmente, Equipsa cuenta con un tanque de 370 galones de capacidad donde se encuentra el combustible diésel. Este tanque alimenta el proceso y envía el diésel al tornillo sinfín donde ya fue depositado el nitrato de amonio. El diésel pasa por una por una válvula que regula la cantidad necesaria de diésel para lograr una fórmula de 95 % de nitrato de amonio y 5 % de diésel en peso. Al mezclar estos dos materiales, se obtiene el producto terminado el cual deberá ser correctamente empacado y almacenado.

2.3.2.2. Características industriales

El combustible diésel es un compuesto blanquecino o verdoso que tiene una densidad de 850 kg/m^3 y presenta un poder calorífico de $8\ 800 \text{ kcal/kg}$. Es un aceite pesado y su elaboración se basa en petróleo y otros hidrocarburos, no se mezcla con etanol y un aproximado del 86,1 % de la composición, es carbono. Algunas de sus características son:

- Los hidrocarburos que componen el diésel son poco volátiles.
- Se caracteriza por ser aceitoso.
- El índice que sirve para identificar al diésel determina la facilidad de inflamación y volatilidad del combustible.

2.4. Descripción del equipo

La planta de la empresa Equipos y Demoliciones S.A. ha sido instalada con el fin de mezclar prills de nitrato de amonio y diésel, para obtener agente explosivo ANFO como producto final. Para esto son necesarios diferentes equipos, los cuales cumplen diferentes funciones. Entre estos equipos se encuentran:

- Tolva de alimentación
- Tanque de alimentación de combustible diésel
- Tornillo sinfín
- Tolva de producto terminado
- Báscula dosificadora
- Cosedora de sacos
- Banda transportadora

2.4.1. Tolva de alimentación

La planta cuenta con una tolva de alimentación con capacidad de almacenar 300 kg de materia prima, con medidas 88" x 59" x 57". Esta tolva es llenada por un operador de montacargas y para lograr producir la totalidad de diésel contenido en el tanque, es necesario llenarla 75 veces.

La función de la tolva de alimentación en el proceso es almacenar y alimentar la cantidad de nitrato de amonio necesario para obtener una mezcla adecuada.

2.4.2. Tanque de alimentación de diésel

El tanque de alimentación de diésel, tiene la capacidad de contener 1 400 litros. Este tanque fue fabricado de acero dulce calibre 10 y tiene dimensiones de 1,1 m de ancho x 0,75 m de profundidad x 1,75 m de altura. Cuenta con una tapa de llenado de 2" en la parte superior y una válvula de descarga de 1,25".

La función del tanque de alimentación de diésel es almacenar el combustible y alimentar a las válvulas que rocían el nitrato de amonio mediante el tornillo sinfín.

2.4.3. Tornillo sinfín

Este es un tornillo helicoidal que gira sobre su eje, el cual efectúa el desplazamiento del nitrato de amonio. Este es adecuado para este tipo de materiales húmedos, ya que pueden llegar a pegarse y, además, minimiza el retroceso de los productos a transportar.

Las funciones del tornillo sinfín son elevar el nitrato de amonio que es alimentado por la tolva. Mientras este es elevado, el diésel es rociado en el nitrato y finalmente, el tornillo deposita el producto, ya mezclado, a la tolva de producto terminado.

Figura 10. **Tornillo sinfín**



Fuente: *Interempresas*. <https://www.interempresas.net/Agricola/FeriaVirtual/Producto-Elevadores-sinfin-Envasef-ESF01-140561.html>. Consulta: 11 de mayo de 2019.

2.4.4. Tolva de producto terminado

La tolva de producto terminado tiene dimensiones de 144" x48"x 44". Esta tolva recibe el producto proveniente del tornillo sinfín y lo almacena para luego, ser empacado. Para empacarlo, es necesario la intervención de la báscula dosificadora, la cual permitirá retirar la cantidad necesaria de producto terminado contenido en la tolva.

2.4.5. Báscula dosificadora

Esta báscula ha sido diseñada para manejar de 10 kg a 50 kg de producto. Pesajes en un rango de 5 a 6 sacos por minuto y una precisión de +/- 100 g en cualquier producto. Esta se encuentra en una posición en la cual se logre tener el menor contacto posible con las vibraciones de la maquinaria ya que, esto puede afectar su precisión.

Para manejarla, es necesario colocar un saco vacío en el surtidor y deslizar la palanca hasta que su escala se encuentre en cero. La velocidad de llenado nunca debe sobrepasar los 5 kg por segundo. Para el agente explosivo ANFO, se llenan sacos de 25 kg.

Figura 11. **Báscula dosificadora**



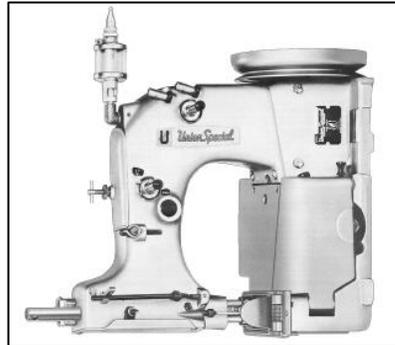
Fuente: *JEM International Inc.* <https://www.jembaggingsscales.com/gross-weigh-mechanical-scale/>. Consulta: 11 de mayo de 2019.

2.4.6. Cosedora de sacos

Es una máquina de coser de alto rendimiento, utilizada para cerrar bolsas y sacos hechos de yute, algodón, papel, plástico, entre otros materiales. La cosedora posee un pedestal que le permite funcionar automáticamente.

Su función es cerrar los sacos que contienen los 25 kg, para que estos puedan ser almacenados correctamente.

Figura 12. **Cosedora de sacos**



Fuente: *Union Special*. http://www.amarkpackaging.com/sew_80800.html. Consulta: 11 de mayo de 2019.

2.4.7. **Banda transportadora**

La banda transportadora se encarga, como su nombre lo dice, transportar los sacos de producto terminado hacia donde se encuentra un operario encargado de estibar el producto para su almacenaje.

Figura 13. **Banda transportadora**



Fuente: *Ultimation*. <https://www.ultimationinc.com/replacement-parts/buy-belt-conveyors/usbs100b-20-11-conveyor/>. Consulta: 12 de mayo de 2019.

2.5. Descripción del proceso

El proceso de producción de agente explosivo ANFO, consta de un área de carga de materia prima, un área de mezcla, un área de producto terminado y, finalmente, el área de ensacado.

2.5.1. Área de carga de materia prima

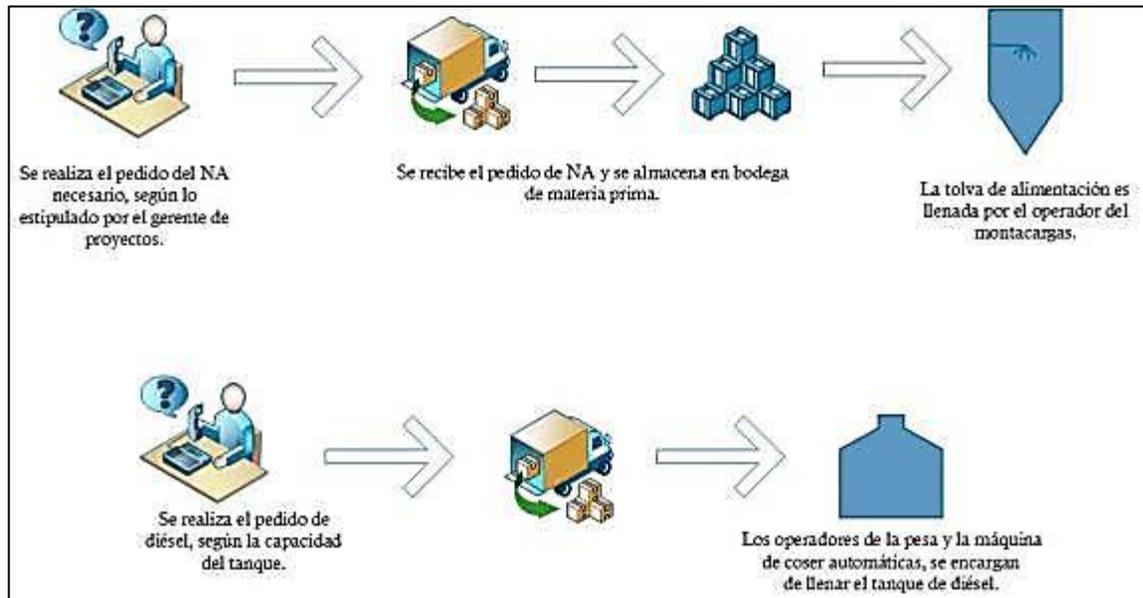
El área de carga de materia prima consta de dos actividades: la carga del nitrato de amonio y la carga del combustible diésel. Ambos procesos son realizados de forma manual.

Para la carga del nitrato de amonio, es necesario un operador de montacargas que transporte el material desde la bodega de materia prima, hasta la planta y que, a continuación, llene la tolva de alimentación la cual debe ser supervisada para ser llenada las veces necesarias durante la producción.

Por otro lado, para la carga del combustible diésel, los encargados de llenar el tanque son los operadores de la pesa automática y la máquina de coser automática quienes, actualmente, no están autorizados en llenar el tanque en su totalidad, sino dependiendo de la cantidad por producir.

En esta área únicamente están involucrados la tolva de alimentación el tanque de alimentación de combustible diésel, como equipos principales.

Figura 14. Diagrama área de carga de materia prima



Fuente: elaboración propia.

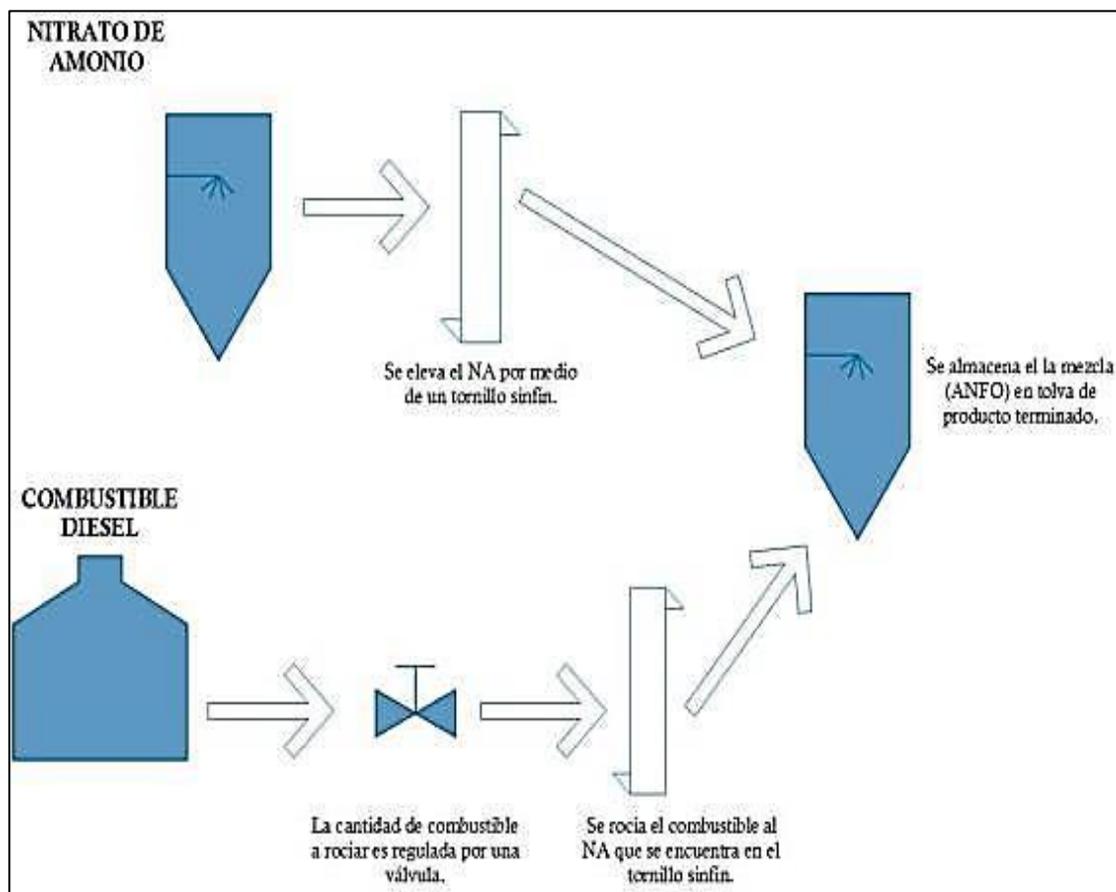
2.5.2. Área de mezcla

En el área de mezcla, se alimenta el tornillo sinfín por medio de la tolva, el cual se encarga de elevar el material. Simultáneamente, se están alimentando válvulas encargadas de rociar el combustible al producto transportado en el tornillo sinfín. El combustible por rociar ha sido graduado mediante una válvula, para que pueda ser agregada la cantidad correcta al nitrato de amonio.

Después ser rociado, el combustible y el nitrato de amonio son mezclados por el movimiento helicoidal del tornillo y son elevados como un único producto a la tolva de producto terminado.

Por medio de este proceso, se logra obtener una mezcla de nitrato de amonio y diésel de entre 94,4 % NA y 5,5 % FO a 95 % NA y 5 % FO.

Figura 15. Diagrama área de mezcla



Fuente: elaboración propia.

2.5.3. Área de producto terminado

En esta área, se almacena la mezcla de nitrato de amonio y combustible diésel en una tolva. Esta tolva reparte el producto mediante una báscula dosificadora, la cual debe ser activada manualmente.

2.5.4. Área de ensacado

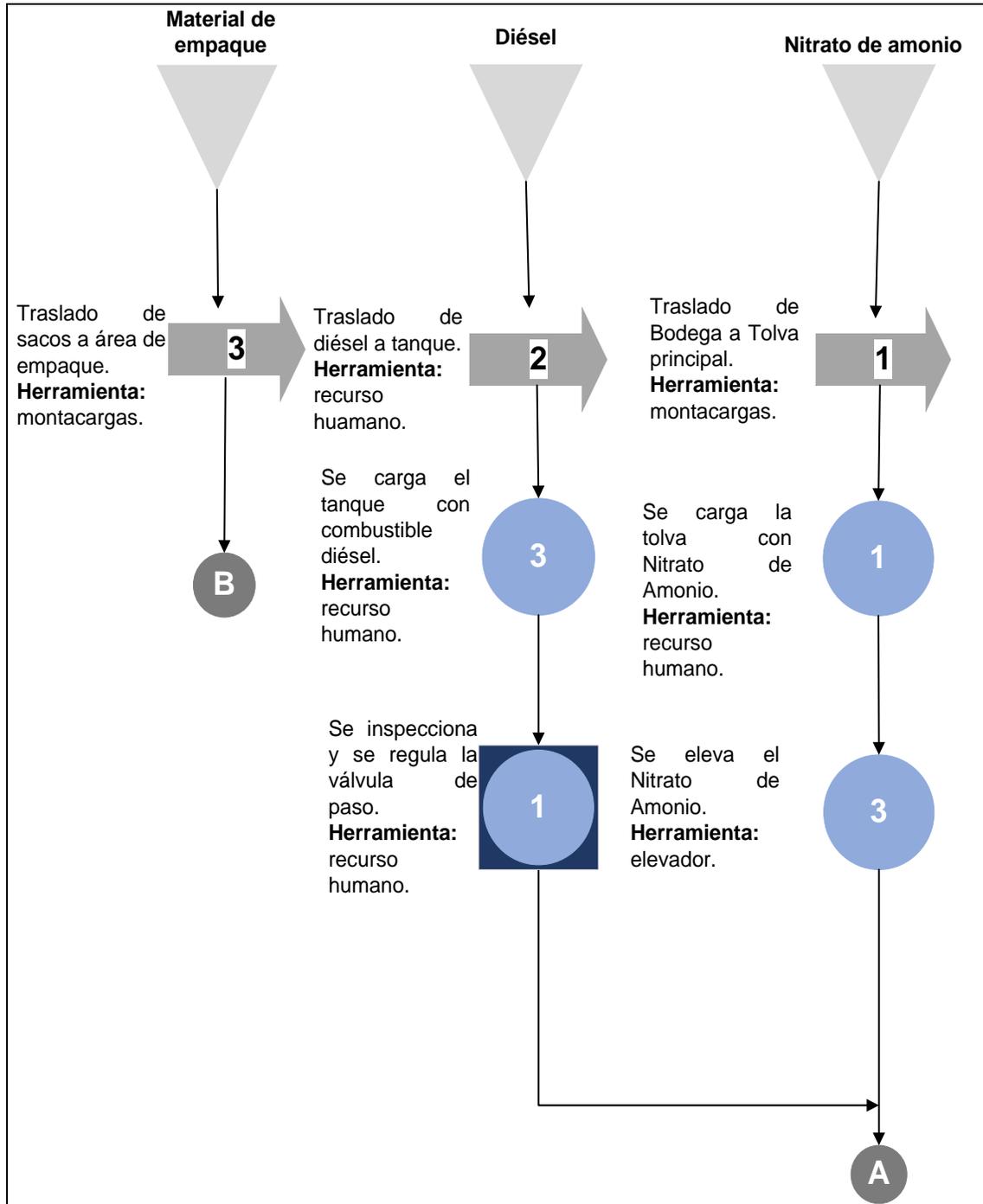
Esta área inicia con la báscula dosificadora y el personal encargado de la misma. Se coloca un saco abierto con capacidad de 25 kg en la boquilla de la báscula y se acciona la palanca, esta báscula llenará el saco con la cantidad de producto adecuada y se cerrará automáticamente.

A continuación, se envía el saco por medio de una banda transportadora, a la máquina de coser automática donde se encuentra otro operador encargado de este procedimiento. Se coloca el saco, este es sellado y se corta el hilo sobrante. Finalmente, el producto es transportado hacia el personal encargado de estibar los sacos que, posteriormente, son transportados a la bodega de producto terminado mediante un montacargas.

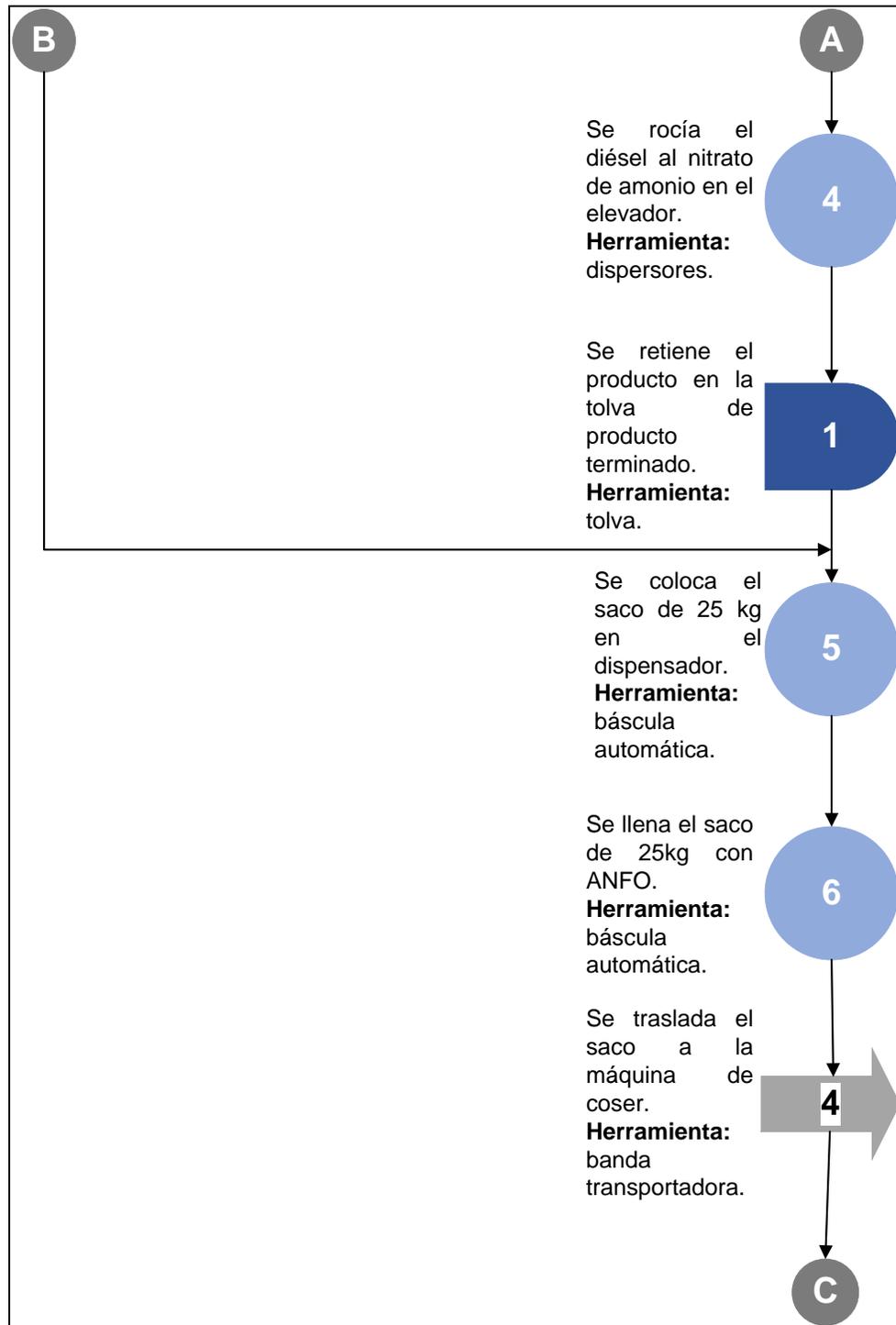
2.5.5. Diagrama de flujo de proceso

En la figura 16 se muestra el diagrama de flujo de proceso actual.

Figura 16. Diagrama de flujo de proceso actual



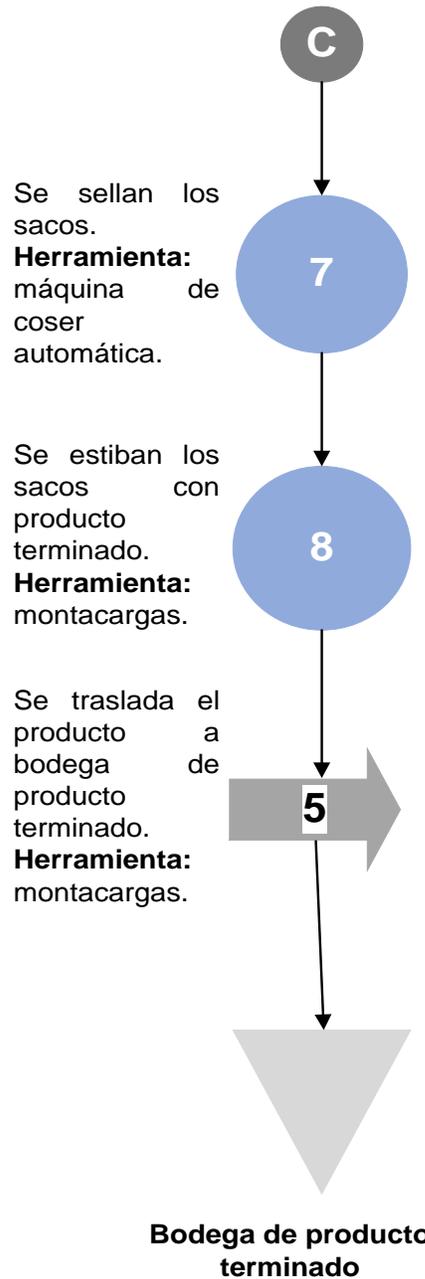
Continuación de la figura 16.



Continuación de la figura 16.

Observación: para completar la capacidad del tanque de diésel durante el proceso, es necesario volver a llenar la tolva 75 veces. Provocando demoras en la producción.

RESUMEN		
Símbolo	Actividad	Cantidad
	Operación	8
	Transporte	5
	Combinada	1
	Demora	1
	Almacenaje	4
Total		19

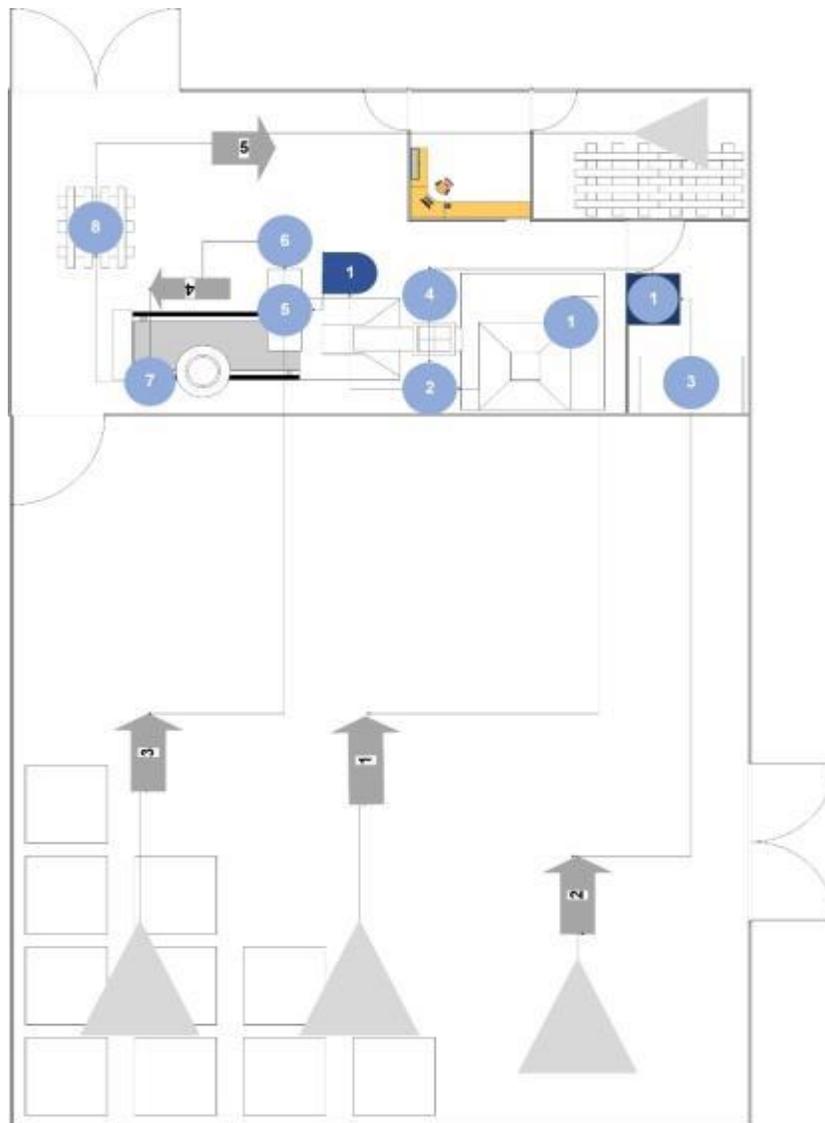


Fuente: elaboración propia.

2.5.6. Diagrama de recorrido

En la figura 17 se muestra el diagrama de flujo de recorrido de la planta ANFO.

Figura 17. Diagrama de recorrido planta ANFO



Fuente: elaboración propia.

2.6. Análisis de desempeño

Mediante un análisis de desempeño, se analizará cómo se están realizando las actividades de producción actualmente. Esto permitirá saber, cuál es la capacidad de las máquinas que está siendo aprovechada y compararla con la capacidad para la cual las máquinas fueron diseñadas, además de conocer la eficiencia y eficacia con la cual se están llevando a cabo las actividades. Para la posterior toma de decisiones.

2.6.1. Capacidad usada

La capacidad usada de la planta indica cuánto se logra producir de forma real dentro de las instalaciones. La planta produce un promedio de 2 400 sacos al mes. Estos sacos tienen una capacidad de 25 kg cada uno. Con estos valores, se obtiene la cantidad de kilogramos al mes que se están logrando fabricar con las condiciones actuales.

$$\text{Capacidad usada} = \text{sacos producidos por mes} * \text{capacidad de un saco}$$

Donde:

- Sacos producidos por mes: 2 400 sacos
- Capacidad de un saco (kg): 25 kg

$$\text{Capacidad usada} = 2\,400 \frac{\text{sacos}}{\text{mes}} * 25 \text{ kg}$$

$$\text{Capacidad usada} = 60\,000 \text{ kg/mes}$$

La empresa Equipsa, tiene una capacidad usada de 60 000 kg de ANFO al mes.

- Capacidad diseñada

La capacidad diseñada de una planta es aquella cantidad que es capaz de producir según los datos del fabricante. En este indicador no se ven considerados los retrasos por causa del recurso humano, la maquinaria, mermas en producción, entre otros.

Actualmente, se cuenta con una línea de producción que tiene una capacidad de producir un promedio de 5 460 kg de ANFO por hora.

Debido a que la producción de agente ANFO se trabaja bajo pedido de los clientes y las necesidades que se tengan en proyectos de la empresa, la cantidad de días trabajados al mes suele variar. Se realizó un promedio de días de 2019 con el cual se trabajó. Estos días son trabajados en una sola jornada diaria.

$$\text{Capacidad diseñada} = \text{no. líneas} * \text{estándar} * \text{días trabajados} * \text{horas}$$

Donde:

- No. líneas de producción: 1 línea.
- Estándar (kg/h): 5 460 kg/h
- Días trabajados: 10 días trabajados al mes
- Horas trabajadas: 8 horas trabajadas al día

$$\text{Capacidad diseñada} = 1 \text{ línea} * 5\,460 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 10 \frac{\text{días}}{\text{mes}} * 8 \frac{\text{h}}{\text{día}}$$

$$\text{Capacidad diseñada} = 436\ 800 \frac{\text{kg}}{\text{mes}}$$

La cantidad de kilogramos de ANFO que la planta debería producir según el fabricante es de 436 800 kg/mes.

- Capacidad efectiva

La capacidad efectiva toma en cuenta los datos proporcionados por el fabricante y, los tiempos de ocio del recurso humano y maquinaria. Para obtener este índice, se establece una eficiencia en producción, mediante un análisis de tiempos. Esta eficiencia es multiplicada por la capacidad diseñada, obteniendo un valor más real de cuánto se debería producir.

$$\text{Capacidad efectiva} = \text{capacidad diseñada} * \text{eficiencia}$$

Tomando en cuenta las pausas que se realizan durante la producción por parte del recurso humano o la maquinaria. Se trabajará con una eficiencia del 85 %, el cual nos indica cuál es la capacidad efectiva de la planta al mes.

Donde:

- Capacidad diseñada (kg/mes): 436 800 kg/mes
- Eficiencia (%): 85 %

$$\text{Capacidad efectiva} = 436\ 800 \frac{\text{kg}}{\text{mes}} * 0,85$$

$$\text{Capacidad efectiva} = 371\ 280 \frac{\text{kg}}{\text{mes}}$$

La capacidad efectiva de la planta es de 371 280 kg de ANFO al mes.

2.6.2. Índice de eficiencia

La eficiencia es aquella que busca alcanzar un objetivo utilizando el mínimo de recursos posibles.

El índice de eficiencia toma en cuenta el valor de la capacidad real que se tiene en la planta de producción y la capacidad efectiva de la misma.

$$\text{Índice de eficiencia} = \left(\frac{\text{Capacidad usada} \left(\frac{kg}{mes} \right)}{\text{Capacidad efectiva} \left(\frac{kg}{mes} \right)} \right) * 100 \%$$

Donde:

- Capacidad usada (kg/mes): 60 000 kg/mes
- Capacidad efectiva (kg/mes): 371 280 kg/mes

$$\text{Índice de eficiencia} = \left(\frac{60\,000 \left(\frac{kg}{mes} \right)}{371\,280 \left(\frac{kg}{mes} \right)} \right) * 100 \%$$

$$\text{Índice de eficiencia} = 16,00 \%$$

La empresa tiene un índice de eficiencia muy bajo debido a dos principales razones. La tolva de alimentación actual tiene una capacidad menor a la de los demás equipos en el proceso, causando un cuello de botella. Por esta razón,

actualmente, la producción se trabaja bajo pedido, lo cual no permite que la maquinaria produzca la capacidad que esta tiene.

2.6.3. Índice de eficacia

La eficacia busca alcanzar un objetivo, sin tomar en cuenta la cantidad de recursos necesarios para lograrlo.

El índice de eficacia es la razón que existe entre la capacidad usada y la capacidad diseñada.

$$\text{Índice de eficacia} = \left(\frac{\text{Capacidad usada } \left(\frac{kg}{mes} \right)}{\text{Capacidad diseñada } \left(\frac{kg}{mes} \right)} \right) * 100 \%$$

Donde:

- Capacidad usada (kg/mes): 60 000 kg/mes
- Capacidad diseñada (kg/mes): 436 800 kg/mes

$$\text{Índice de eficacia} = \left(\frac{60\,000 \left(\frac{kg}{mes} \right)}{436\,800 \left(\frac{kg}{mes} \right)} \right) * 100 \%$$

$$\text{Índice de eficacia} = 13,74 \%$$

El índice de eficacia es menor, debido a que en este no se toman en cuenta los tiempos de ocio, retrasos y otros.

3. PROPUESTA PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DE MEJORAMIENTO DEL PROCESO PRODUCTIVO

3.1. Departamento de producción

Con una nueva tolva de alimentación y equipo automatizado, el departamento de producción podrá tener un mejor control de las actividades de transformación de la materia prima, alcanzará un mejor desempeño y, por ende, mejores resultados. Para esto, deberá reorganizar sus actividades, tomando en cuenta el equipo que se propone implementar y la redistribución de su recurso humano.

3.1.1. Actividades por desempeñar

El departamento de producción, para alcanzar el mejoramiento del proceso de mezcla; debe reorganizar y redistribuir a su recurso humano en las nuevas actividades a establecerse. Además, deberá encargarse de la programación de la producción, aprovechando la capacidad de la nueva tolva propuesta.

3.1.1.1. Asignación de recurso humano a nuevas actividades

Actividades:

- Llenado de nueva tolva de alimentación por medio de montacargas: cargar los sacos de NA y trasladarlos con el montacargas. Verter el contenido de los sacos dentro de la nueva tolva, la cual alimentará de forma continua la

tolva de 300 kg, eliminando los tiempos muertos obtenidos al cargar múltiples veces la tolva de menor capacidad.

- Llenado de tanque de diésel: actualmente, se llena el tanque de diésel adecuándose a las necesidades de producción. Con la propuesta de la nueva tolva de alimentación, se cargará el tanque de diésel en su totalidad para permitir que su paso sea continuo.
- Llenado de tanque de generador eléctrico: se continuará trabajando de la misma manera. Se llenará el tanque del generador eléctrico, cuando se tenga la necesidad.
- Supervisión de válvula reguladora de diésel: es necesaria la supervisión de esta válvula y del paso de diésel ya que, de estos depende la calidad del producto terminado, es decir, de que el porcentaje 95 % NA y 5 % diésel, se encuentre correctamente distribuido.
- Inicio de la producción: para comenzar con la producción, el personal encargado deberá supervisar que cada uno de los operadores se encuentre en sus estaciones de trabajo y utilizando su equipo de protección personal. Deberá chequearse mediante el programa controlador, que las tolvas se encuentren llenas, al igual que el tanque. Posteriormente, se dará inicio al proceso y se supervisará el trabajo de los operadores.
- Supervisión de programa controlador de tolvas: se deberá supervisar que los medidores de nivel estén funcionando adecuadamente y que el programa esté dirigiendo correctamente la producción.

- Llenado de sacos: se deben colocar los sacos en el dispensador que se encuentra en la tolva de producto terminado y llenarlos.
- Sellado de sacos: después de transportar los sacos llenos, estos se colocan en la cosedora la cual, se encarga de sellarlos.
- Estibado de sacos de producto terminado: se estiban los sacos en tarimas de madera y se dirigen a bodega de producto terminado.

Tabla IX. **Asignación de actividades a personal**

Actividad	Recurso Humano
Llenado de nueva tolva de alimentación.	Operador de montacargas
Llenado de tanque de diésel.	Operadores de báscula y máquina de coser automáticas.
Llenado del tanque del generador eléctrico.	Operador estibador y encargado de bodega.
Supervisión de válvula reguladora de diésel.	Jefe de producción.
Inicio de producción.	Jefe de producción.
Supervisión de programa controlador de tolvas.	Jefe de producción.
Llenado de sacos.	Operador de báscula automática.
Sellado de sacos.	Operador de máquina de coser automática.
Estibado de sacos con producto terminado.	Operario estibador.

Fuente: elaboración propia.

Otras actividades:

- Control de calidad: se selecciona un saco de cada lote producido. Este saco es analizado mediante un químico llamado Merpol, el cual separa los componentes del ANFO y, utilizando un kit, se analiza si se tiene la proporción correcta de materia prima para un agente explosivo de buena calidad.
- Bodega: se ingresa la cantidad de producto terminado al sistema.

Tabla X. **Otras actividades por desempeñar**

Actividad	Recurso humano
Análisis de control de calidad	Jefe de producción y encargado de bodega.
Bodega	Encargado de bodega.

Fuente: elaboración propia.

3.1.1.2. Programación de la producción

Debido a que la empresa trabaja su producción mediante pedidos, garantizando su venta, su sistema de producción se ha vuelto intermitente.

Para la programación de la producción de agente explosivo ANFO, como primer paso, se deben analizar los requerimientos de producción. Estos se analizarán después que los pedidos han sido realizados por los clientes, tomando en cuenta que para la producción de un saco de agente explosivo ANFO con contenido de 25 kg se necesitan: 23,75 kg de Nitrato de Amonio y 1,25 kg (0,39 gal) de diésel.

Posteriormente, se deberán planear los requerimientos para la producción. Se debe solicitar la información de la bodega para conocer cuánta materia prima hay en existencia y cuál es la cantidad requerida a ordenar. Finalmente, estos materiales se compran y se produce. Para la programación se buscará minimizar el tiempo de inactividad de las máquinas y trabajadores y los inventarios de producto en proceso.

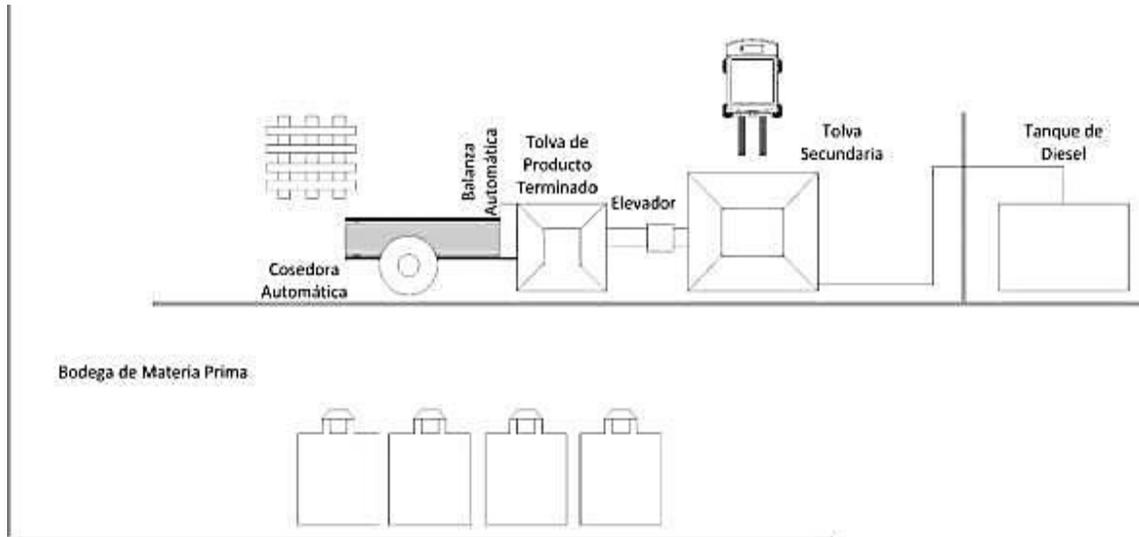
3.2. Planeación del proceso

Mediante la propuesta de instalación del nuevo equipo, se desea tener un mejor aprovechamiento del espacio, disminuir la manipulación de la materia prima, darle continuidad al proceso y, por ende, agilizar el proceso de carga de materia prima de la planta. Por esto se debe seleccionar el espacio adecuado para el montaje de la nueva maquinaria.

3.2.1. Área para la instalación

La planta, actualmente, tiene una deficiente utilización de espacio ya que, la bodega de materia prima se encuentra aislada mediante una pared del resto del proceso, esto genera distancias excesivas por recorrer y cuellos de botella en el área de carga de materia prima.

Figura 18. **Situación actual distribución de la planta**

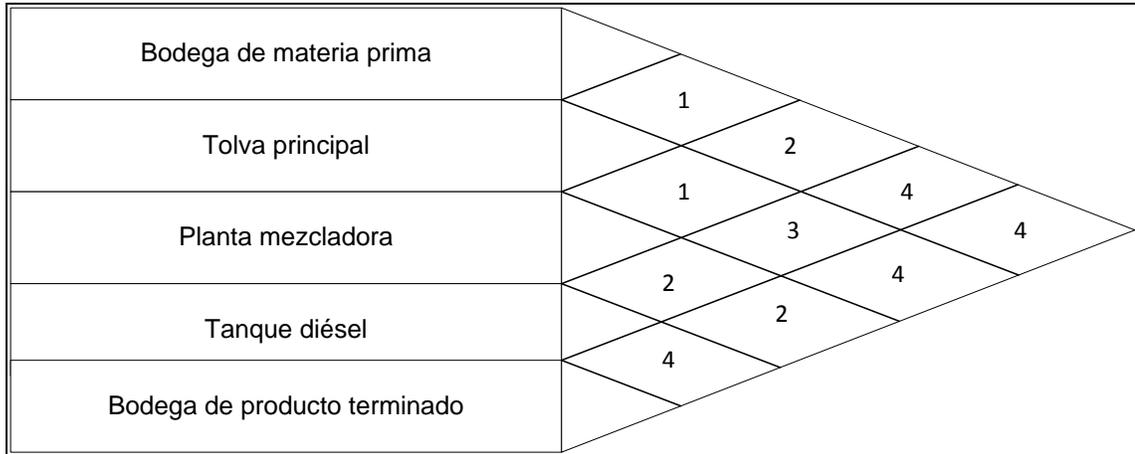


Fuente: elaboración propia.

El enfoque de una correcta distribución de los equipos es, disminuir los retrasos. Para seleccionar el área adecuada para la colocación de la tolva, se utilizará el método de *layout*, donde los criterios a utilizar son los siguientes:

- Cercanía indispensable (1)
- Cercanía deseada (2)
- Cercanía no deseada (3)
- No cercanía (4)

Figura 19. **Matriz de *layout* planta mezcladora**



Fuente: elaboración propia.

Mediante este método se determinó que es indispensable que la tolva por proponer se encuentre cercana a la planta mezcladora, donde se encuentra la tolva secundaria, y a la bodega de materia prima. Su relación de cercanía con el tanque de diésel y con la bodega de producto terminado es irrelevante.

Esta distribución logrará evitar que el recurso humano tenga que esperar con la materia prima o que, la maquinaria se quede sin material.

Seleccionando el espacio adecuado se lograrán reducir los tiempos en los cuales el personal transporta la materia prima a la tolva. Para esto es necesario acortar distancias entre la bodega de materia prima y la planta de producción, volviendo esto, en un espacio más accesible para el personal.

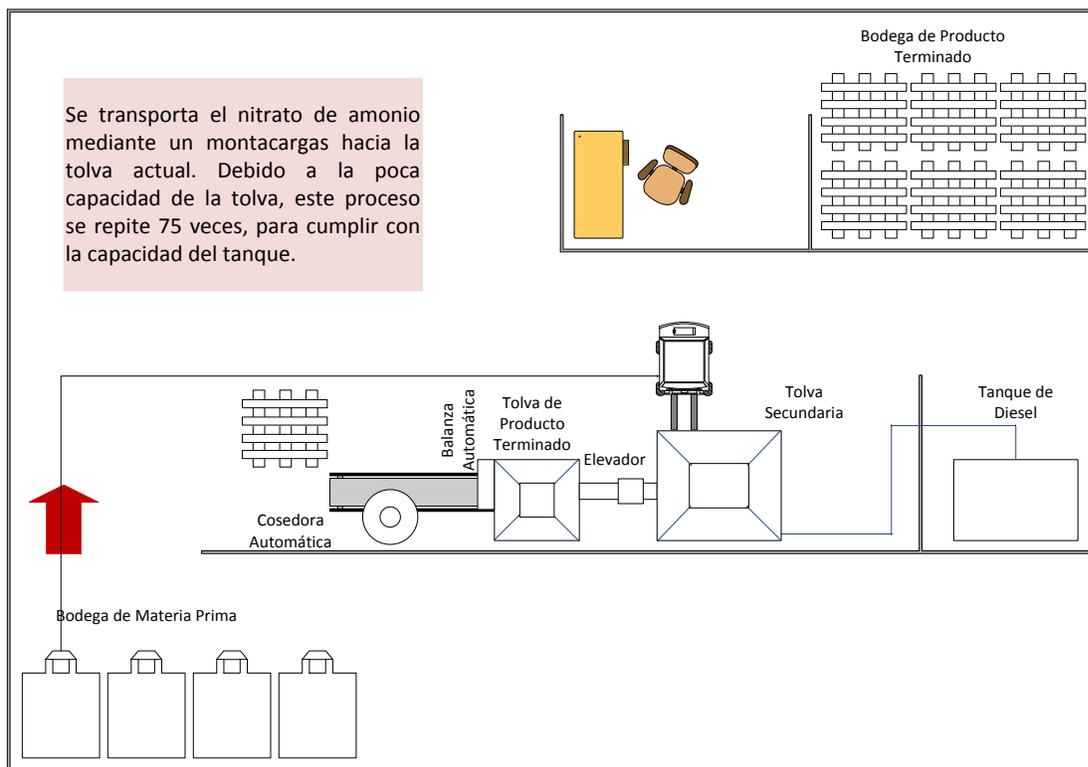
Es necesario comunicar ambas áreas creando un espacio en el cual el operador de montacargas pueda acceder fácilmente a la materia prima y a la tolva y que, la nueva tolva pueda comunicarse con el resto del proceso sin

ninguna dificultadora esta instalación, se requiere como mínimo un área de 2 metros de alto x 2 metros de ancho x 3 metros de largo.

3.2.2. Planificación de la secuencia del proceso

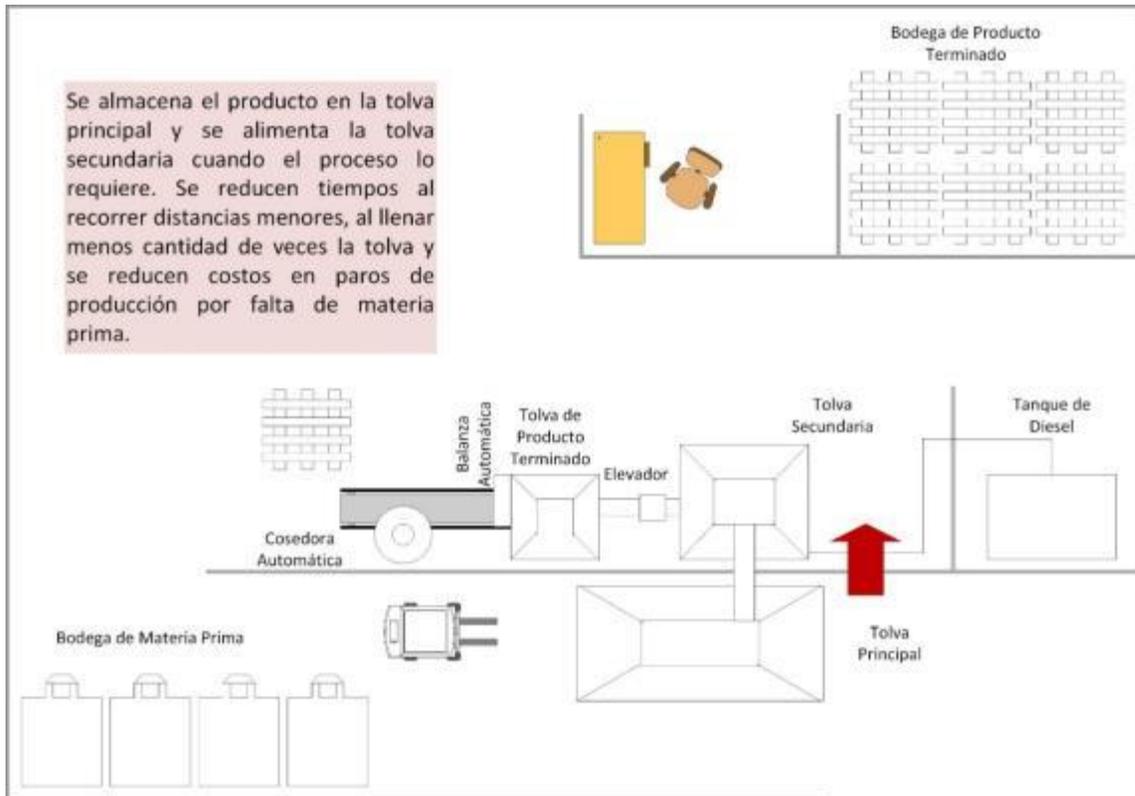
El fin de proponer la implementación de una tolva de alimentación, es eliminar la repetición de ciertas actividades en el área de carga de materia prima. Al implementar dicha tolva, la secuencia del proceso cambiará en comparación con la anterior secuencia.

Figura 20. **Secuencia del proceso de mezcla antes de la propuesta**



Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Secuencia del proceso de mezcla después de la propuesta**



Fuente: elaboración propia.

Mediante esta secuencia, se elimina la necesidad del llenado de la tolva en un 92 %, reduciendo el uso de combustible de montacargas, tiempo empleado por el recurso humano y tiempos muertos por falta de materia prima.

3.3. Tolva de alimentación

La función principal de la tolva a implementar es trabajar como un dispositivo de almacenaje que, por medio de medidores de nivel, pueda conocer la necesidad de materia prima de la tolva secundaria.

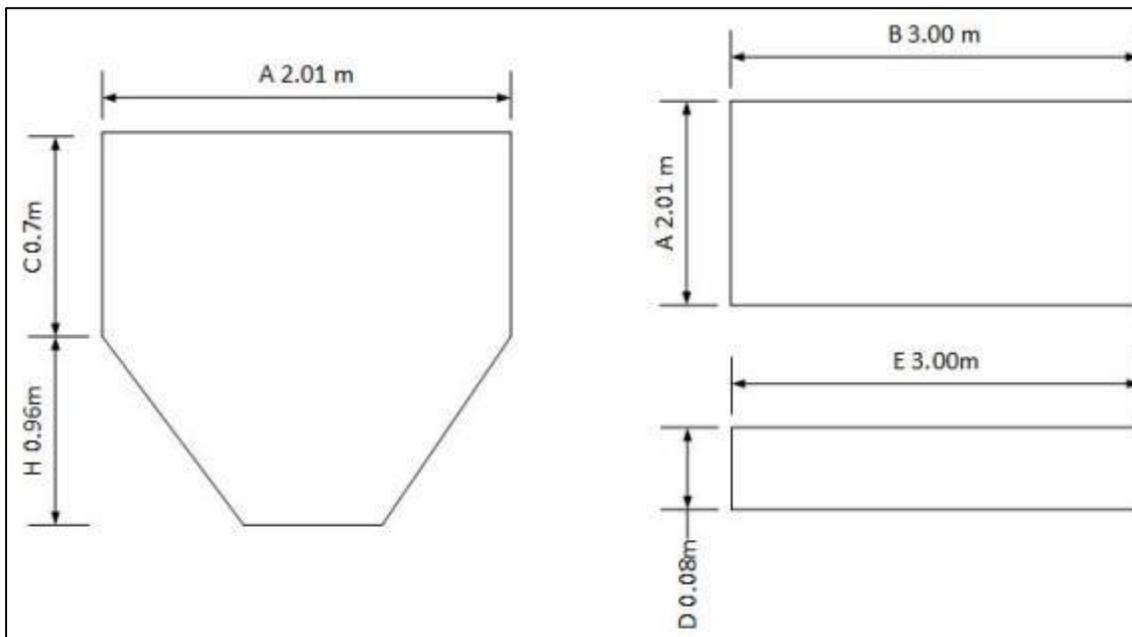
Para que su función se cumpla, se debe seleccionar el tamaño adecuado, los materiales correctos con los cuales esta debe ser fabricada y los mecanismos que se deben incluir para que pueda transportar el nitrato de amonio.

3.3.1. Diseño de tolva

- Dimensiones de la tolva

Se cuenta con un área de bodega de materia prima con dimensiones de 20 m de largo y 10 m de ancho, permitiendo que exista espacio suficiente para la instalación de la tolva que contará con las siguientes dimensiones:

Figura 22. Dimensiones de la tolva principal



Fuente: elaboración propia.

- De la materia prima almacenada

La materia prima almacenada a contener son prills de NA. Estas son pequeñas esferas porosas. Debido a su tamaño, pueden ser clasificadas como un material grueso. Sus propiedades varían según su porosidad, el material utilizado por Equipsa es el siguiente.

Para la selección de la capacidad de la tolva es necesario conocer la densidad del material contenido en ella, nitrato de amonio.

Densidad del nitrato de amonio en TM/m^3 :

$$\rho = 0,8 \text{ } TM/m^3$$

- Información de la tolva

La tolva que se instalará será una tolva de gruesos, con forma cuadrada y al final un cono piramidal. Se selecciona este tipo de tolva debido a que el diámetro de los prills no puede ser clasificado como un material fino.

Para el diseño de la tolva es necesario conocer el factor de espacios vacíos (FEV), el cual depende del tipo de material que será contenido, pudiendo ser este, fino o grueso. El valor estipulado del FEV, para una tolva de gruesos es del 40 %.

Fev tolva principal:

$$FEV = 40 \%$$

- Cálculo de la capacidad de la tolva

Datos:

$$a = 2,01 \text{ m}, b = 3,00 \text{ m}, c = 0,7 \text{ m}, d = 0,08 \text{ m}, e = 3,00 \text{ m}, h = 0,96 \text{ m}$$

$$\rho = 0,9 \text{ TM}/\text{m}^3$$

$$FEV = 40 \%$$

Por calcular:

Volumen total de la tolva (m^3):

$$V_{tolva} = a * b * c + \frac{1}{3} [h(A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 * A_2})]$$

$$A_1 = a * b$$

$$A_2 = d * e$$

Cálculo del volumen (m^3):

$$A_1 = 2,01 \text{ m} * 3,00 \text{ m}$$

$$A_1 = 6,03 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 0,08 \text{ m} * 3,00 \text{ m}$$

$$A_2 = 0,24 \text{ m}^2$$

$$V_{tolva} = 2,01 \text{ m} * 3,00 \text{ m} * 0,7 \text{ m}$$

$$+ \frac{1}{3} [0,96 \text{ m} (6,03 \text{ m}^2 + 0,24 \text{ m}^2 + \sqrt{6,03 \text{ m}^2 * 0,24 \text{ m}^2})]$$

$$V_{tolva} = 6,61 \text{ m}^3$$

Densidad corregida (TM/m³):

$$\rho_c = (1 - Fev) * \rho$$

Cálculo de densidad corregida (TM/m³):

$$\rho_c = (1 - 0,4) * 0,9 \text{ TM/m}^3$$

$$\rho_c = 0,54 \text{ TM/m}^3$$

Capacidad de la tolva (T):

$$T = V_{tolva}(\rho_c)$$

Cálculo de capacidad de la tolva (T):

$$T = (6,61 \text{ m}^3)(0,54 \text{ TM/m}^3)$$

$$T = 3,57 \text{ TM}$$

La capacidad teórica de la tolva por instalar es de 3,57 toneladas métricas.

3.3.1.1. Tipo de tolva

Se propondrá una tolva para gruesos de forma cuadrada en la parte superior y la parte inferior forma cónica piramidal. Esta será abastecida manualmente por el personal y un montacargas. Abastecerá a la tolva secundaria mediante un sistema de alimentación de un tornillo sinfín, el cual trabajará mediante un motor eléctrico.

Su principal función será de almacenaje, agilizando el proceso de carga de materia prima y reduciendo costos de producción.

3.3.1.2. Capacidad de almacenaje

La capacidad de almacenaje se muestra en la tabla XI.

Tabla XI. **Capacidad tolva actual frente a la tolva por instalar**

Tolva		Capacidad tanque de diésel (kg)	Cantidad de veces a llenar tolva
Capacidad tolva actual (kg)	300	22 550	75 veces
Capacidad tolva por instalar (kg)	3 750	22 550	6,3 veces

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Mecanismos para la alimentación

Para la dosificación de la materia prima, existen dos principales sistemas de alimentación: los sistemas de alimentación vibratorios y los sistemas mecánicos.

- Sistemas de alimentación vibratorios

Los sistemas de alimentación vibratorios trabajan con una base en la cual se encuentra montado un electroimán por medio del cual se aplica la vibración mediante torsión alrededor del eje vertical, logrando así, que los componentes se muevan.

- Sistemas de alimentación mecánicos

Los sistemas de alimentación mecánicos se basan en la utilización de mecanismos. Estos sistemas también funcionan para la dosificación y son más viables cuando se tiene un capital menor.

- Tolvas con dosificadora volumétrica

Este tipo de dosificadores trabajan mediante la medición del volumen específico del producto y se descarga generalmente mediante un rango variable.

- Tolvas con dosificador de pistón

Este tipo de dosificadores se usan en productos líquidos y semilíquidos. El producto es retirado por uno o más pistones.

- Tolvas con dosificador por gravedad

Este tipo de dosificador se emplea únicamente en productos líquidos. Se alimenta mediante una llave de paso.

- Tolvas con dosificador de tornillo sinfín

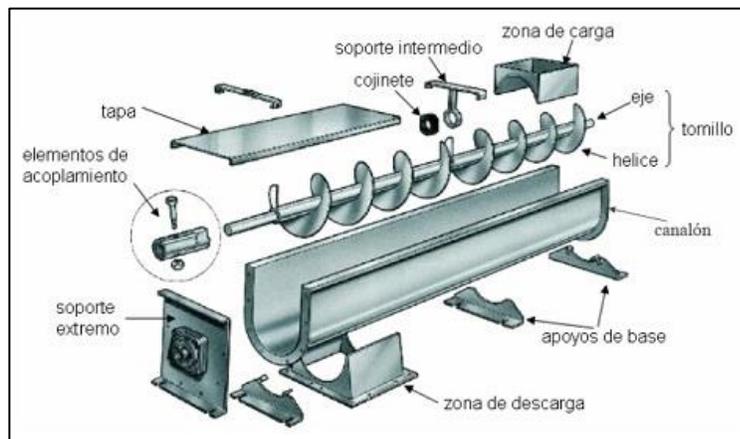
Un sistema de alimentación mediante un tornillo sinfín es un sistema de transporte continuo que, se basa principalmente en un motor reductor y el mecanismo de tornillo sinfín. El motor eléctrico genera energía mecánica que es transmitida al tornillo mediante su eje, el cual rota permitiendo movilizar el material que desea ser transportado.

Las ventajas de la aplicación de este sistema son las siguientes:

- El tornillo sinfín tiene propiedades de limpieza óptimas ya que, no existen juntas en su fabricación.
- Son compactos.
- Estos mecanismos son de fácil instalación.
- Soportan altas temperaturas.
- Se pueden tener varias zonas de carga y descarga.
- Estructuras de fácil diseño.

Debido a que se trabajará con un producto sólido y a las ventajas mencionadas anteriormente, se dosificará el nitrato de amonio mediante un sistema de alimentación mecánico, utilizando como mecanismo de alimentación un tornillo sinfín.

Figura 23. **Transportador de tornillo sinfín**

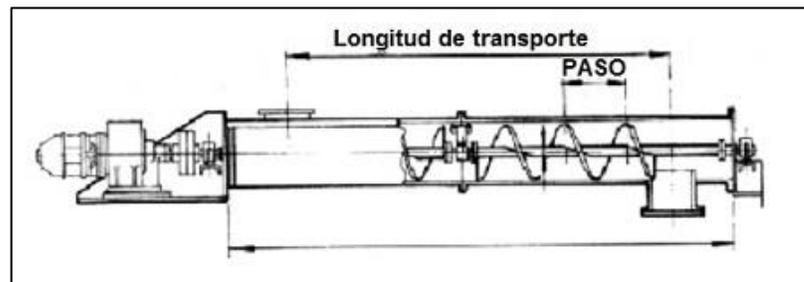


Fuente: *Cálculo de transportadores de tornillo sinfín.*

<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>. Consulta: 15 de mayo de 2019.

Existen diferentes tipos de hélices, las cuales se utilizan dependiendo del material a transportar y la aplicación que se requiera. Para comprender los tipos de hélices existentes, es necesario saber las partes del tornillo.

Figura 24. **Partes del tornillo**



Fuente: Cálculo de transportadores de tornillo sinfín.

<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>. Consulta: 15 de mayo de 2019.

- Hélice continua: esta es aquella en la cual la medida de su paso es igual a la de su diámetro. Se utiliza para transporte de sólidos en general.
- Hélice de gran paso: esta es aquella en la cual la medida de su paso es de 1,5 a 2 veces su diámetro y es utilizada en productos que fluyen muy bien.
- Hélice de pequeño paso: en esta normalmente, su paso es la mitad de su diámetro. Se utiliza en tornillos sinfín en los cuales se requiere un prolongado tiempo de permanencia del producto que está siendo transportado o, cuando el tornillo se encuentra inclinado unos 20 o 25°.
- Hélice de paso variable: esta hélice es utilizada para la compresión de productos.

- Hélice de diámetro variable: se utiliza como dosificador de sólidos en tolvas.
- Hélice de cinta: es adecuada para materiales que producen atascamiento.

Basándose en las descripciones anteriores, es conveniente trabajar un sistema de alimentación mecánico que se base en el funcionamiento de un tornillo sinfín con hélices de diámetro variable.

3.4. Automatización del proceso de mezcla

Mediante la automatización de este proceso se desea disminuir tiempos de ocio, eliminar paros por falta de materia prima y reducir la necesidad de mano de obra. Para alcanzar la automatización deseada, es necesario instalar medidores de alto y bajo nivel que indiquen cuando exista la necesidad de rellenar la tolva con materia prima sin que esta se quede vacía en ningún momento. Además de un dispositivo controlador del proceso, el cual accione los motores de alimentación cuando sea necesario y que, controle el correcto funcionamiento de los medidores.

3.4.1. Automatización de tolvas de alimentación

Para la automatización de las tolvas de alimentación, se propone implementar medidores de alto y bajo nivel, que, al trabajar con un sistema controlador, permitan saber si las tolvas se encuentran vacías o si se ha sobrepasado su nivel máximo de almacenamiento. De esta forma, no existirán paros en la producción por falta de materia prima y, se eliminarán las mermas por el rebalse de la tolva de producto terminado. Se obtendrán procedimientos más rápidos y eficientes, eliminando la mano de obra e incrementando el desempeño del proceso productivo.

3.4.1.1. Medidores de alto y bajo nivel

Con la aplicación de medidores de alto y bajo nivel se busca que, las tolvas no se encuentren en ningún momento fuera de funcionamiento debido a la falta de materia prima o, en caso contrario, que exista pérdida de materia prima por rebalse en las tolvas.

La materia prima que se encontrará almacenada en las tolvas es nitrato de amonio el cual, se presenta en un estado sólido en forma de pequeñas esferas llamadas prills, es por eso que es necesario trabajar con medidores de nivel de sólidos.

La finalidad de la implementación de los medidores de nivel es, conocer el nivel del nitrato de amonio en dos puntos en específico; un punto alto, donde no puede existir más materia prima o esta se rebalsará de la tolva y, un punto bajo, donde no puede existir menor cantidad de materia prima o será insuficiente para que la planta continúe trabajando. Por esto es conveniente trabajar con un tipo de medidor de nivel de sólidos de punto fijo.

Existen diferentes tipos de medidores de nivel de punto fijo los cuales tienen diferentes aplicaciones. (Ver inciso 1.10.)

Los medidores de paletas rotativas son utilizados en el control de nivel de sólidos en tanques, manteniendo el nivel entre los dos puntos donde estos medidores están situados; su aplicación es en materiales granulares y carbón, además existen modelos a prueba de explosión y los materiales de los cuales están fabricados permiten que se adapten a diversas condiciones dentro de la tolva.

Figura 25. **Medidor de nivel de paletas rotativas**



Fuente: *Genuine bindicator.*

<https://www.specialtyproducttechnologies.com/bindicator/products/point-level-measurement/roto-bin-dicator/>. Consulta: 15 de mayo de 2019.

Se planea trabajar con un medidor de nivel de sólidos de punto fijo de paletas rotativas, el cual se adapta mejor a las necesidades de la tolva, la materia prima y la aplicación que se tiene. Ambos deberán ser colocados en la tolva de alimentación secundaria, la cual cuando se quede sin materia prima deberá alertar por medio de estos medidores al motor de la tolva principal, la cual la abastecerá para continuar con el proceso. Además, será necesario colocar un medidor de bajo nivel en la tolva de alimentación principal, en caso esta se quede sin materia prima.

3.4.2. Automatización de tolva de producto terminado

La tolva de producto terminado almacena el nitrato de amonio y lo abastece a la báscula dispensadora de producto, el producto que llega a la tolva proviene del tornillo sinfín encargado de mezclarlo.

Es necesario que existan medidores de nivel en la tolva de producto terminado ya que, con la ausencia de estos, puede existir desperdicio de material

debido a un exceso en la capacidad de la tolva. Se deben implementar dos medidores, uno de alto nivel y uno de bajo nivel, los cuales detengan y pongan en funcionamiento la planta de mezclado.

Para esta tolva, también se utilizarán medidores de paletas rotativas ya que el producto terminado tiene el mismo tamaño y forma que la materia prima.

3.4.3. Dispositivo controlador del proceso

El dispositivo controlador del proceso es el encargado de indicar al sistema operativo cómo comunicarse con el hardware.

3.4.3.1. Tipos de controladores

El tipo de controlador por utilizar dentro de la planta dependerá del tipo de nivel de automatización que se desea aplicar. (Inciso 1.7.2.).

Se desea tener un nivel de control al realizar la automatización, esto se logrará utilizando un controlador lógico programable, logrando controlar todo el proceso de mezcla de materia prima. Utilizando un PLC en lugar de una computadora común, se logrará reducir costos en el mantenimiento, ya que estos tienen una mayor durabilidad y capacidad de funcionamiento.

3.5. Sistema de tierras físicas

Mediante la instalación de este sistema, se lograrán proteger todas las instalaciones eléctricas, de todas las cargas residuales que estos generan; y a las personas que se encuentren cerca de ellas y corran cierto riesgo.

3.5.1. Selección de componentes para la instalación

Para la instalación de sistema de tierras físicas, es necesario seleccionar material que se adecúe al proceso y su localización.

- Electrodo

El electrodo se considera como una mejor alternativa para el aterrizamiento eléctrico, este crea la conexión física requerida para disipar la corriente. Para la selección del electrodo por utilizar, se deben considerar los diferentes electrodos que existen y qué materiales los componen.

- Marco metálico de la edificación o estructura

Para la aplicación de este tipo deben encontrarse una de estas dos condiciones:

- Deben existir diez pies o más de un solo miembro metálico estructural en contacto directo con la tierra o en concreto directamente en contacto con la tierra.
- La utilización de pernos de sujeción, asegurando el acero estructural a un electrodo embebido en concreto y se encuentre en el pie de apoyo de los cimientos.

- Anillo de tierra

El anillo de tierra rodea la edificación o estructura, en contacto directo con la tierra. Este consiste en al menos veinte pies de conductor de cobre desnudo.

- Electrodo de placa

Recomendados para utilizarse en terrenos de alta resistividad. Resulta ser útil cuando existen terrenos rocosos.

- Electrodo de barra

Tomando en cuenta los tipos de electrodo anteriormente mencionados, para trabajar el sistema de puesta a tierra de este establecimiento, se seleccionará utilizar electrodos de barra.

Se trabajará con un electrodo de grafito, Terratec. Se constituye como una mejor alternativa para el aterrizaje eléctrico en la mayoría de las necesidades. Consiste en una cubierta de alta conductividad alrededor de una varilla de cobre.

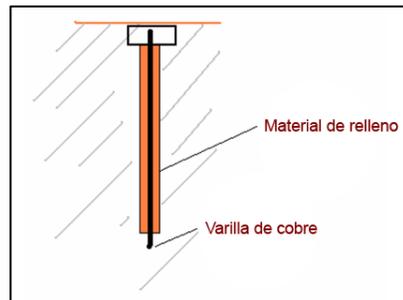
El electrodo de grafito contribuye a la disminución de la resistencia de tierra local. La cubierta de alta conductividad que contiene este electrodo tiene aditivos, contribuyendo a una gran eficacia.

Este electrodo, es un producto fácil de instalar. Es necesario colocarlo en una cavidad vertical y listo. Existen dos modelos:

- EG D4-1.2M, el cual es un electrodo de grafito de 1,10 m de largo
- EG D4-2.4M, el cual es un electrodo de grafito de 2,40 m de largo

La ventaja de este electrodo es que no requiere de ningún tipo de mantenimiento. Se garantiza su funcionamiento por un tiempo mínimo de 20 años.

Figura 26. **Electrodo Terratec**



Fuente: *Elecsol*. <http://www.electrosoluciones.com/terratec.shtml>. Consulta: 16 de mayo de 2019.

3.6. Departamento de mantenimiento

Será el encargado de la instalación, el arranque y la conservación de los nuevos equipos a implementar. Para cada una de estas actividades, se deberán tomar en cuenta sus respectivas medidas de seguridad, conocer cada uno de los componentes de los equipos y realizarles inspecciones periódicas para conocer su estado actual y como mantenerlos funcionando adecuadamente.

3.6.1. Actividades por desempeñar

El departamento de mantenimiento debe de desempeñar las siguientes actividades:

- Dirigir y supervisar la correcta instalación de la nueva maquinaria y sus componentes.
- Preservar la maquinaria, evitando su deterioro y asegurando la calidad de su servicio.
- Lograr la máxima disponibilidad de las máquinas.

- Minimizar los costos de mantenimiento.

Estas actividades se podrán alcanzar trabajando en las siguientes funciones, las cuales engloban el mantenimiento:

- Revisar las especificaciones estipuladas por la nueva maquinaria.
- Seleccionar y capacitar personal adecuado para cumplir con las actividades anteriormente descritas.
- Programar el mantenimiento de cada una de las máquinas.
- Escoger y proveer, el tiempo necesario, los repuestos para cada máquina y, cerciorarse que estos se encuentren en buen estado.
- Crear y sostener los programas de conservación.

Todo estará a cargo del gerente de mantenimiento, quien deberá supervisar que todas estas funciones se trabajen correctamente. Además, existirán responsabilidades para cada uno de los integrantes del equipo de mantenimiento:

- El mecánico, será encargado de instalar, mantener y reparar todo el equipo mecánico.
- El electromecánico, será el encargado de instalar, reparar y mantener todo el equipo eléctrico.
- Los ayudantes son los encargados de trasladar el material y las herramientas necesarias para cada una de las actividades, además de colaborar con algunos trabajos los cuales abarquen su conocimiento.
- Adicional a esto, existirán personas que presten un servicio tercerizado a la empresa, dependiendo de las necesidades. En este caso, existirán

personas capaces de instalar la maquinaria y el sistema de tierras físicas que ayudarán al gerente de mantenimiento en áreas donde su conocimiento sea débil y capacitarán al personal de mantenimiento para una correcta conservación de los equipos.

3.6.1.1. Instalación del equipo

El departamento de mantenimiento es el encargado de la instalación de la nueva maquinaria. Debido a que no existe personal suficiente para la instalación, será necesario tercerizar este trabajo. Se presentará personal de las empresas de las cuales se adquieran los equipos, ya que ellos estarán totalmente capacitados para una correcta instalación y capacitación para el personal de Equipsa.

Para la instalación, primero es necesario cerciorarse de que:

- Debe existir personal capacitado para la instalación, dependiendo del tipo de maquinaria.
- Todo el personal debe estar utilizando el equipo de protección adecuado para cada actividad.
- El lugar planeado para la instalación tenga la correcta iluminación, ventilación y exista espacio suficiente.
- Que, en el área de instalación, el suelo se encuentre correctamente nivelado.

- Se deben tener claras las especificaciones de instalación, uso y mantenimiento para cada componente.
- Es conveniente tener referencias de instituciones que utilicen el mismo equipo.

3.6.1.2. Conservación de la maquinaria y equipo

La conservación de la maquinaria se lleva a cabo mediante la aplicación de conocimientos del personal en el departamento de mantenimiento. Esta abarca dos grandes rasgos: la preservación y el mantenimiento. La preservación se enfoca en el estado físico de los equipos mientras que, el mantenimiento cuida el servicio que estos proporcionan.

Para una total conservación del equipo de la planta mezcladora, se debe atender tanto el estado físico como la calidad del servicio que la maquinaria está brindando.

El departamento de mantenimiento es el encargado de establecer y distribuir actividades de limpieza de equipo para preservarlo correctamente. Esto se debe trabajar mediante un *check list* que permita al colaborador encargado conocer las actividades que, conllevarán a una correcta preservación de cada equipo. Por otro lado, es de vital importancia que el equipo brinde los resultados esperados todo el tiempo en el que se encuentre en funcionamiento. Por eso se deberán crear planes de mantenimiento preventivos y correctivos para cada máquina.

Los planes preventivos se crearán con el fin de evitar que existan fallos inesperados debido a fallas que, como consecuencia no permitan al proceso

continuar y terminar el producto. Estos se basan en los manuales de fabricante de las máquinas y sus componentes.

Los planes correctivos se utilizarán como un plan de respaldo, en caso de que la maquinaria falle y necesite ser reparada para continuar brindando su servicio, este plan debe ser puesto en práctica solamente como última instancia ya que, el enfoque del mantenimiento es mantener el funcionamiento del equipo sin que existan paros inesperados y siempre reduciendo costos de la mayor forma posible.

3.6.1.2.1. Selección de personal capacitado

La empresa en la actualidad solamente tiene personal de mantenimiento dedicado a la conservación de la maquinaria y herramientas utilizadas en la perforación y voladura, es por eso que se desea seleccionar personal capaz de conservar correctamente el equipo que conforma la nueva planta mezcladora de agente ANFO.

Para seleccionar dicho personal, es necesario llevar a cabo un conjunto de pasos que aseguren que el personal que trabajará en esta área será capaz de mantener en correcto funcionamiento la planta.

Figura 27. Matriz de perfil de puesto de mecánico electricista

MATRIZ DE PERFIL DEL PUESTO	
	
I. IDENTIFICACIÓN DEL PUESTO	
Unidad orgánica:	Departamento de Mantenimiento
Nombre del puesto:	Mecánico Electricista
Dependencia Jerárquica:	Gerente de Mantenimiento
Puestos que supervisa:	Asistente de Electricista
II. MISIÓN DEL PUESTO	
Contribuir a la conservación de todo el equipo eléctrico perteneciente a la planta de producción.	
III. FUNCIONES	
FUNCIONES DEL PUESTO	
Colaborar en la instalación, reparación y mantenimiento eléctrico.	
Reparar y mantener circuitos eléctricos industriales.	
Mantener los sistemas electromecánicos.	
Realizar las actividades estipuladas para la conservación de los equipos eléctricos.	
Manipular herramientas especializadas para ensamblar y reparar equipos eléctricos industriales.	
Seguir los procedimientos y medidas de seguridad.	
V. FORMACIÓN ACADÉMICA	VI. CONOCIMIENTOS
a) Formación Académica	a) Conocimientos técnicos principales
Secundaria <input checked="" type="checkbox"/>	Técnico en electricidad
Técnica Básica (1 o 2 años) <input type="checkbox"/>	
Técnica Superior (3 o 4 años) <input checked="" type="checkbox"/>	b) especialización requerida
Universitario <input type="checkbox"/>	
VII. EXPERIENCIA	b) Experiencia específica
a) Experiencia general	Practicante <input checked="" type="checkbox"/> Auxiliar <input checked="" type="checkbox"/>
Tres años laborando	Analista/ Especialista <input type="checkbox"/> Supervisor <input type="checkbox"/>
	Jefe de área <input type="checkbox"/> Gerente/ Director <input type="checkbox"/>
IV. HABILIDADES	
HABILIDADES DEL CANDIDATO	
Análisis, para reconocer el por qué del mal funcionamiento del equipo.	
Comunicación Oral, fácil transmisión de ideas, información u opiniones; es receptivo a ideas externas.	
Cooperación, establecer relación con el resto del equipo de trabajo para mejores resultados.	
Iniciativa ante las situaciones de emergencia.	
Manejo de tiempo, poder priorizar tareas y responsabilidades.	

Fuente: elaboración propia.

- Reclutamiento

En esta etapa se recolectarán las hojas de vida de los postulantes, para elegir el personal más adecuado a los requerimientos establecidos. Para la convocatoria de los postulantes, se trabajará por medio de:

- Anuncios o avisos en redes sociales y medios de comunicación.
- Recomendaciones por parte del personal de la empresa o empresas externas.
- Promoción interna, personal apto para realizar las actividades establecidas y, que ya se encuentre trabajando dentro de la empresa.

- Evaluación

Después de la selección de los postulantes que han cumplido con las características del perfil del puesto realizado, se desea elegir a los más idóneos para el trabajo. Para esto se realizarán las siguientes actividades:

- Entrevista de selección inicial, en la cual se permitirá conocer si se debe continuar o no, con el proceso de reclutamiento de la persona evaluada.
- Pruebas de conceptos básicos, mostrará los conocimientos del postulante dependiendo del puesto que este desee ocupar.
- Prueba psicológica, mostrará la conducta del postulante.

- Investigación de referencias, permitirá verificar la veracidad del currículum del candidato mediante sus referencias o empleadores anteriores.
- Entrevista de selección a profundidad, se buscará llenar los vacíos de información que se tienen del solicitante. Conocer su personalidad e información de interés para conocer si es idóneo para el puesto.
- Selección y contratación

Una vez realizado el proceso de evaluación, se analizarán los resultados de cada uno de los candidatos y se seleccionará aquel que se adecúe más a las necesidades actuales de la empresa.

Si el candidato seleccionado sigue manifestando el deseo de ser contratado, se realiza una oferta de empleo y se contrata.

- Orientación

Los procesos anteriores son llevados de la mano con el área de recursos humanos, sin embargo, el proceso de orientación debe ser responsabilidad del departamento de mantenimiento.

Se deberá presentar al nuevo personal, orientarlos y ayudarlos a adaptarse a su grupo de trabajo. Esto permitirá que el personal no se sienta aislado, tenga temor de ser un empleado nuevo y pueda formar parte de la organización con mayor rapidez.

- Inducción

En esta etapa, el personal del departamento de mantenimiento deberá proveer a los nuevos colaboradores, información general sobre su rutina diaria de trabajo, un repaso de la historia de la organización, su finalidad y los productos y servicios que esta brinda. (Ver incisos 1.1 y 1.2).

Figura 28. Folleto informativo de la institución



Fuente: elaboración propia.

3.6.1.2.2. Supervisión de la ejecución de planes de mantenimiento

El gerente de mantenimiento será el encargado de la supervisión de la ejecución de los planes de mantenimiento. Una vez estos planes han sido establecidos, hay que realizar una serie de pasos que aseguren que el

mantenimiento se realizará correctamente y que ninguna de las actividades estipuladas en él, se dejarán de llevar a cabo.

Como primer punto, hay que asegurarse que todo lo indicado dentro del plan de mantenimiento está claro y es realizable. Esto se comprobará, dejando los rangos de medida que se entenderán como correctos, el tiempo exacto que conlleva realizar cada una de las actividades en específico, qué herramientas son necesarias para cada actividad y qué precauciones se deben de tener durante la actividad.

Posteriormente, se deberá planificar cuándo y quién realizará cada una de las actividades que componen el plan de mantenimiento. Las actividades de un plan de mantenimiento pueden ser realizadas a diario, semanal, mensual o anualmente. Las actividades mensuales y anuales deberán ser planificadas con un margen de maniobra en caso de emergencias. Una vez clasificadas las actividades según su repetitividad, se deberá fijar quiénes serán los responsables de realizarlas, asegurándose que en el momento no tengan que realizar otras actividades.

Finalmente, se deberán realizar informes tras la realización de las actividades. En este informe será necesario que se detallen cada una de las anomalías encontradas durante la puesta en marcha del plan de mantenimiento y, todas las reparaciones que se realizaron o que son necesarias. Unos ejemplos de este tipo de detalles pueden ser, fugas, vibraciones, ruidos y otras anomalías encontradas. Por medio de este reporte, se realizarán órdenes de trabajo que ayudarán a eliminar las anomalías encontradas, conservando el equipo e impidiendo paros en la producción por fallas de la maquinaria.

3.7. Mantenimiento de tolvas de alimentación

El objetivo principal de la planeación del mantenimiento de las tolvas es la reducción de costos. Con un plan de mantenimiento correctamente estructurado, se logrará mitigar las fallas en la maquinaria, paros de producción no programados, falta de repuestos en *stock*; además se logrará incrementar la calidad y la confiabilidad de la producción.

3.7.1. Mantenimiento preventivo

Se establecerá un programa de mantenimiento preventivo para las tolvas buscando conservar el equipo a un mínimo costo. Este plan de mantenimiento se debe realizar específicamente para la planta en la cual se está trabajando ya que, no existe ninguna planta con las mismas medidas, localización, tiempo trabajando, políticas de operación y con el mismo personal.

Para establecer el mantenimiento de las tolvas, hay que seguir los siguientes pasos:

- Inventario del equipo: se debe realizar una lista del equipo, incluyendo todas las piezas que este contiene. El fin de esta lista es lograr identificar cada una de las piezas existentes.
- Identificación del equipo: se debe identificar todo el equipo según su ubicación y descripción.

Tabla XII. **Inventario e identificación del equipo**

Identificación	Descripción	Ubicación
Tolva de alimentación principal		
1010	Tolva	Bodega MP
1011	Canalón y tapa	Bodega MP
1020	Tornillo dosificador	Bodega MP
1021	Eje tornillo	Bodega MP
1022	Hélice tornillo	Bodega MP
1030	Soporte	Bodega MP
1031	Soporte intermedio	Bodega MP
1032	Soporte extremo	Bodega MP
1033	Cojinetes	Bodega MP
1040	Motor del tornillo	Bodega MP
1050	Medidores de nivel	Bodega MP
1051	Medidor de alto nivel	Bodega MP
1052	Medidor de bajo nivel	Bodega MP
Tolva de alimentación secundaria		
2010	Tolva	Área de mezcla
2011	Zona de descarga	Área de mezcla
2020	Medidores de nivel	Área de mezcla
2021	Medidor de alto nivel	Área de mezcla
2022	Medidor de bajo nivel	Área de mezcla

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, debe aplicarse un programa de mantenimiento en específico para cada una de las piezas. En las cuales debe incluirse la asignación de tareas de mantenimiento a períodos de tiempo específicos. En este caso, se

enlistarán aplicaciones mensuales y semestrales. También se debe establecer qué personal es el responsable de la aplicación del programa y cerciorarse de que este no tenga tareas simultáneas.

- ¿Qué actividades se deben asignar?
 - Lubricación del equipo, se debe establecer una descripción del equipo, qué partes hay que lubricar, qué sistema de lubricación se utilizará, qué lubricante se utilizará y la frecuencia en la que será aplicado.
 - Mantenimiento mecánico, esta tarea cubre un campo muy extenso. Algunas de las tareas por programar para el mantenimiento mecánico son: inspección y evaluación, ajuste y calibración, lavado y limpieza, ensamble y desensamble, soldadura y metalización, entre otras actividades.
 - Mantenimiento eléctrico, se deberán revisar equipo de protección, la medición y el señalamiento, motores y transformadores.

Para decidir la frecuencia del mantenimiento, se deben tomar en cuenta varios factores. Es importante saber, que el exceso en la frecuencia lleva a la realización de gastos innecesarios y reemplazos prematuros de piezas. Otros factores que se deben tomar en cuenta son los siguientes:

- Cuántas horas de operación lleva el equipo
- Susceptibilidad del equipo de perder ajuste
- Susceptibilidad de desgaste o de averías
- Si existen requerimientos de seguridad
- Las condiciones en las que se encuentra el equipo

3.7.1.1. Aplicación mensual

Existen actividades dentro de la conservación que deben realizarse con mayor frecuencia, tales como las limpiezas internas y externas de la maquinaria, las inspecciones y las lubricaciones.

- Limpieza

Una correcta limpieza puede conseguir que la vida útil de la maquinaria se prolongue. Es necesario realizar limpieza al equipo ya que las partículas de polvo pueden llegar a afectar su funcionamiento.

Para la limpieza del equipo, es necesario tomar medidas de seguridad para que el personal encargado de limpiar no se encuentre en riesgo de sufrir algún tipo de accidente. Para esto se realiza el bloqueo y etiquetado del equipo.

El bloqueo y etiquetado del equipo consiste en que la máquina debe ser aislada de la fuente de energía y se bloquean y etiquetan para que no puedan ser operadas mientras exista un procedimiento de mantenimiento.

La limpieza del dosificador de la tolva se debe realizar semestralmente ya que no transporta material muy fino para que obstruya su funcionamiento muy rápidamente, pero se debe limpiar para conservar su funcionamiento original.

- Inspecciones

La inspección es una rutina que debe realizarse diariamente. Una inspección se trata de analizar el estado del equipo para detectar desgastes, falta

de lubricación, vibraciones, entre otros. Mediante las inspecciones se puede alcanzar a detectar problemas tempranamente.

Una inspección se puede realizar de manera visual, revisando niveles aceite, contaminación de los lubricantes, vibraciones excesivas, fajas y cadenas muy holgadas y otros desperfectos en el equipo. Por otro lado, se pueden realizar inspecciones de manera auditiva, el cual es un método más sensible que el visual, pero mediante el cual también se pueden detectar fallas tempranamente. Además, el olfato también es un sentido que puede ayudar en la conservación de la maquinaria. Mediante el olfato se puede detectar la contaminación de los lubricantes con combustibles, solventes, químicos, entre otros y, también se pueden detectar componentes sobrecalentados.

Finalmente, también se pueden llevar inspecciones con instrumentos especializados, como: inspecciones termográficas, análisis de vibraciones, entre otros. Este tipo de inspecciones no se realizan diariamente, pero es sugerible que se realicen con frecuencia para asegurar la vida útil del equipo.

- Lubricaciones

Gran parte de las averías mecánicas se debe a la incorrecta lubricación; falta de lubricación, exceso de lubricación, contaminación de los lubricantes, utilización de lubricantes inadecuados.

Se debe realizar un cálculo correcto de la cantidad de lubricante que se debe utilizar y la frecuencia de lubricación para evitar la falta o el exceso de lubricante. En el programa de mantenimiento preventivo se debe establecer cómo se realizan los procedimientos correctamente. La contaminación del lubricante ocurre, con regularidad, por una manipulación inadecuada del lubricante, una

mala práctica en el engrase o por un sellado del equipo inadecuado. Además, se debe dejar claro qué tipo de lubricante se debe utilizar en cada equipo.

Realizando estas actividades mensualmente, se logrará conservar el estado y el servicio de la maquinaria prolongando su vida útil y reduciendo costos de mantenimiento.

3.7.1.2. Aplicación semestral

Existen actividades de la conservación que no requieren que se realicen repetitivamente. En estas se encuentran algunas lubricaciones, cambio de piezas y calibraciones.

- Cambio de piezas, se realiza el cambio de piezas que se encuentran desgastadas o dañadas que, si no se cambian, puedan concurrir a una falla que repercuta en la producción y la economía del área.
- Calibraciones, se realizan calibraciones semestrales a ciertos equipos en los cuales se requieren valores exactos, como aquellos que miden volumen, peso, entre otros.

3.7.2. Mantenimiento correctivo

Existen dos formas de llevar a cabo un mantenimiento correctivo, mantenimiento programado y no programado. La decisión de reparar una máquina de manera programada o no programada depende de su importancia dentro del proceso productivo. La selección del tipo de mantenimiento correctivo por utilizar tiene represalias, principalmente, en la producción. Basar el mantenimiento de la planta, en mantenimiento correctivo no es recomendable ya

que la vida útil de los equipos se acorta y en ocasiones se deben asumir riesgos económicos importantes para la compañía.

Existen algunos equipos, como los aparatos electrónicos y otros, en los cuales el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto y en donde se puede basar su mantenimiento en mantenimiento correctivo.

La realización del mantenimiento preventivo nos garantiza reducir la cantidad de fallas en los equipos, pero en ocasiones, algunos equipos llegan a fallar; es en este momento en donde entra en juego el papel del mantenimiento correctivo. Para esto hay que tener un *stock* de repuestos importantes, el cual con regularidad se basa en experiencias anteriores o manuales de fabricantes; además que se debe de contar con personal técnico especializado.

Para la aplicación del mantenimiento correctivo dentro de la planta mezcladora de agente ANFO, se realizará un análisis de que repuestos de las tolvas se deben encontrar en *stock* en caso de una emergencia que pueda afectar en la productividad de la planta.

3.8. Capacitación de personal

Debido a la implementación de equipo nuevo el comportamiento del proceso actual cambiará. Para que el personal conozca cómo funciona el nuevo equipo, los cambios en el proceso, las nuevas tecnologías implementadas y que existan mejoras en su eficiencia es necesario que se le capacite.

Para llevar a cabo las capacitaciones del personal de la planta se deben realizar una serie de pasos:

- Detección de las necesidades del personal
- Elaboración del programa de capacitación
- Evaluación de resultados

3.8.1. Detección de necesidades

La detección de necesidades es la fase más importante en un proceso de capacitación. Existen diferentes métodos para la detección de las necesidades dentro de la planta de producción. Las más usuales suelen ser las siguientes:

- Encuesta, recopilación de información mediante un cuestionario previamente diseñado.
- Entrevista, obtener la información mediante un diálogo entre el entrevistador y el empleado.
- Observación, observación de la conducta de trabajo y la comparación con un patrón esperado.

Para la detección de las necesidades de capacitación de la planta mezcladora, se utilizará como método de obtención de información la encuesta, ya que esta permite puntualizar la información, haciendo las respuestas de los encuestados más concretas. Además, mediante las encuestas se podrá obtener la información en un tiempo más reducido en comparación a la entrevista y la observación.

- Encuesta

Esta permite obtener datos de modo rápido y eficaz. Para diseñar una encuesta correctamente, hay que tomar en cuenta siete elementos principales.

Figura 29. **Elementos para el diseño de una encuesta**



Fuente: QuestionPro. *Elementos para el diseño de una encuesta.*

<https://www.questionpro.com/blog/es/7-puntos-importantes-que-debe-considerar-en-el-diseno-de-encuestas/>. Consulta: 18 de mayo de 2019.

- Medio para recopilar datos: los más comunes son las encuestas de forma presencial, encuestas de forma telefónica o encuestas online. Cuando se realizan encuestas en persona o en forma telefónica, los encuestados y sus acciones tienen un gran impacto en el resultado. Por el otro lado, las encuestas *online*, es uno de los métodos más rentables y rápidos para la obtención de la información.
- Esfuerzo para responder: existen algunas preguntas que pueden dificultar al encuestado, haciendo difícil la recolección de información. Para evitar que esto suceda, es importante utilizar solamente uno o dos tipos de pregunta por encuesta, ya sea opción múltiple, escalas, cuadros de texto, entre otras. También es recomendable, no utilizar lenguaje demasiado técnico u obligar al encuestado a recordar hechos que ocurrieron mucho tiempo atrás.

- Redacción de las preguntas: es de gran importancia cuidar la redacción de las preguntas. Es necesario recordar que, si se realizará una encuesta *online*, no existirá la posibilidad de explicar las preguntas redactadas. Para esto, es necesario tomar en cuenta que no se deben utilizar conceptos abstractos, no se deben incluir dos preguntas en un mismo inciso, ni se debe redactar incitando al encuestado a responder algo en particular.
- Formato de preguntas: es necesario conocer qué nivel de detalle se requiere para obtener las necesidades de capacitación. Se pueden utilizar diferentes tipos de preguntas.
 - Preguntas de varias opciones (seleccionar una)
 - Preguntas de varias opciones (seleccionar varias)
 - Preguntas para desarrollo
 - Preguntas de nivel
- Precisión de la información: es importante saber que existen preguntas con las cuales los encuestados pueden sentirse incomodos o no desearán contestar. Hay que tomar en cuenta que se deben redactar las preguntas pensando en los encuestados y que estos se sientan en confianza de contestar lo más honesto posible.
- Presentación visual: una mala presentación puede funcionar como un factor de distracción para el entrevistado.
- Plan analítico: en este punto se debe conocer, qué se desea hacer con la información obtenida. Se pueden replicar los resultados analizados, darles seguimiento o crear un reporte de una vez.

3.8.2. Elaboración del programa

Una vez detectadas las necesidades de capacitación, se debe elaborar el programa que permitirá tener una frecuencia de capacitación adecuada, personal especializado para capacitar al personal y un espacio donde llevar a cabo las capacitaciones.

Con esto se logrará atacar las carencias dentro de la planta de producción, mostrando mejores resultados.

3.8.2.1. Cronograma de capacitaciones

Mediante el cronograma de actividades se podrán distribuir adecuadamente las actividades de capacitación, se estimará correctamente el tiempo de duración y permitirá llevar un control más detallado de las actividades.

Una forma práctica de realizar un cronograma es mediante un diagrama de Gantt. Este diagrama se muestra en un gráfico de barras horizontales ordenadas por actividades a realizar y su tiempo estimado de duración. Pueden existir actividades que ocurran de forma paralela, así como actividades que necesitan que concluya una, para iniciar la siguiente.

- Actividades por programar

Para realizar el cronograma, es necesario establecer qué actividades se van a realizar en la capacitación.

- Detección de las necesidades de capacitación
 - Formulación de una encuesta: formulación de preguntas que conformarán la encuesta y que permitirán contestar las preguntas de investigación.
 - Realización de encuestas a personal: el personal deberá contestar la encuesta en línea.
 - Análisis de resultados: se analizarán las estadísticas según lo contestado por el personal.

- Definición de los objetivos pedagógicos del programa
 - Definición de los objetivos para el área de producción
 - Definición de los objetivos para el área de mantenimiento

Estos objetivos deben ser específicos, medibles, alcanzables, relevantes para la empresa y se debe establecer un plazo de tiempo para alcanzarlos.

- Elaboración del programa de capacitación
 - Selección del tipo de capacitación que se desea brindar a los trabajadores.
 - Organización de las actividades a desempeñar durante la capacitación.
 - Incluir ejercicios prácticos que permitirán mejorar el índice de aprendizaje del personal.
 - Considerar un tiempo prudente para la realización de preguntas por parte del personal que está siendo capacitado.

- Selección del área adecuada a utilizar para las capacitaciones
- Selección de la frecuencia de capacitación
- Implementación del programa de capacitación
- Evaluación de resultados del programa
 - Evaluación de desempeño
 - Realización de encuestas

Una vez desglosadas las actividades por realizar para el plan de capacitación, deben ser plasmadas en el orden y la secuencia correcta que estas deben llevar.

3.8.2.2. Personal a cargo

La selección del personal a cargo de capacitar dependerá de las necesidades detectadas en la fase de identificación de necesidades. Debido a que parte de la capacitación se enfocará en la utilización de nuevas tecnologías y procedimientos, será necesario tener una persona especialista en la manipulación de estas y que pueda compartir su conocimiento con el recurso humano de la planta de producción. Por otro lado, existirán actividades que podrán ser instruidas por personal interno a la empresa que haya sido capacitado anteriormente en esas áreas en específico.

3.8.3. Evaluación de resultados

Según el modelo de evaluación de Kirkpatrick, existen cuatro niveles para evaluar el aprendizaje durante la capacitación. Los niveles son: el nivel de reacción, el de aprendizaje, el de conducta y el de resultados.

- Nivel de reacción

Mide cómo reaccionan los participantes ante la capacitación recibida. Esta reacción se suele medir mediante encuestas o formularios que se realizan al finalizar la capacitación.

- Nivel de aprendizaje

Este nivel indica el grado en el que los participantes adquieren conocimiento. Este modelo identifica el momento en que los participantes desarrollan su capacidad y mejoran sus habilidades.

Si se desea evaluar el aprendizaje, es necesario realizar una evaluación antes y después de la capacitación.

- Nivel de conducta

Para producir un cambio en el personal, no solamente se necesita ver como estos reaccionan ante la capacitación y qué tanto aprendieron, sino se debe esperar un tiempo prudente para analizar cómo se están desempeñando después de haber sido capacitados.

Para evaluar si ha existido un cambio en el desempeño en el personal, se debe dejar pasar un tiempo entre uno y dos meses y se debe observar el comportamiento actual de los participantes. Adicional a esto, se deben repetir las evaluaciones cuando sea necesario y entrevistar a la persona capacitada, a sus jefes, colaboradores u otras personas que sean capaces de observar su contexto.

- Nivel de resultados

Este nivel busca medir si la capacitación ha tenido un impacto efectivo y eficiente en la organización. Requiere de un período largo para la evaluación correcta y un seguimiento muy directo a cada uno de los empleados que fue capacitado.

Los resultados finales de este nivel pueden incluir: aumento en la producción, mejora en la calidad, disminución en los costos, reducción de frecuencia de accidentes, incremento en la productividad, entre otros. No siempre, según Kirkpatrick es posible medir los resultados en términos monetarios, en ocasiones los resultados deben medirse en términos no financieros.

Como se desea enfocar la capacitación a la utilización de nuevas tecnologías y procedimientos, entre otras cosas adicionales; se utilizarán el nivel de aprendizaje y el nivel de conducta para medir los resultados obtenidos. Se utilizarán evaluaciones antes, después de las capacitaciones y, eventualmente, durante el tiempo de trabajo de los colaboradores. Adicionalmente, se trabajará mediante observación y entrevistas a los colaboradores que rodean al personal que ha sido anteriormente capacitado.

3.9. Costos de aplicación de la propuesta

Dentro de los costos a contemplar en la propuesta, deben de tomarse en cuenta los costos de la maquinaria, los materiales y los tecnológicos, los cuales en este caso se involucrarán en los costos de instalación. Además, deben tomarse en cuenta los costos del recurso humano que, en este caso, al ser un proyecto de instalación, será necesario contratar personal externo a la

organización, con experiencia y conocimiento adecuado para el tipo de equipo que se va a utilizar.

3.9.1. Instalación

A continuación, se presenta el precio de cada uno de los equipos que forman parte de la propuesta y las unidades necesarias a utilizar.

Tabla XIII. **Gastos generales del equipo**

Generales				
Equipo	Justificación	Precio unitario	Unidades	Subtotal
Medidor de alto nivel	Reducción de costos	Q 10 010,72	3	Q 30 032,16
Medidor de bajo nivel	Reducción de costos	Q 10 010,72	3	Q 30 032,16
Tolva principal	Ampliación de capacidad	Q 178 000,00	1	Q 178 000,00
Sistema de Control	Reducción de costos	Q 23 871,70	1	Q 23 871,70
Electrodo de grafito	Seguridad	Q 1 800,00	3	Q 5 400,00
TOTAL				Q 267 336,02

Fuente: elaboración propia.

3.9.2. Recurso humano

- Asistencia técnica

Para la instalación de la tolva propuesta, el equipo de automatización y la puesta a tierra, es necesario que se involucre personal con conocimientos técnicos especializados. Por ello, entre los costos de la instalación, es necesario tomar en cuenta la mano de obra especializada.

Tabla XIV. **Asistencia técnica**

Asistencia técnica		
Recurso humano	Actividad	Sueldo
Ingeniero Eléctrico	Instalaciones eléctricas y puestas a tierra.	Paga por proyecto
Ingeniero Electrónico	Automatización del proceso.	Paga por proyecto
Técnico especialista	Dirección de instalación de tolva y pruebas.	Paga por proyecto

Fuente: elaboración propia.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Entidades responsables

Las entidades principales, que tendrán un papel dentro de la puesta en marcha de esta propuesta serán la Gerencia General, el departamento de producción y el área de mantenimiento. Cada uno de estos deberá de involucrarse para que esta pueda llevarse a cabo en su totalidad.

4.1.1. Gerencia General

Para la puesta en marcha de la propuesta, la Gerencia General será la encargada del análisis profundo y aprobación de la propuesta, estableciendo premisas para el presupuesto de inversión, priorizando las actividades por realizar y analizando las justificaciones de la realización de cada una de las actividades de las diferentes áreas de la organización.

4.1.2. Departamento de producción

El departamento de producción, al momento de llevar a cabo la propuesta, será el responsable de reprogramar la producción tomando en cuenta la nueva capacidad de la maquinaria, evaluar que el personal de producción se encuentre calificado, mediante las capacitaciones, para operar el nuevo equipo automatizado, realizar pruebas de calidad para conocer si el nuevo equipo no ha afectado los porcentajes aceptables de nitrato de amonio y diésel que debe tener cada saco de 25 kg y realizar las tareas inspección diaria de la maquinaria que se les sean asignadas.

4.1.3. Área de mantenimiento

El área de mantenimiento deberá presupuestar el proyecto propuesto, deberá dar seguimiento a las capacitaciones del personal dirigidas a un correcto control de mantenimiento preventivo y el uso de medidas de seguridad para cada tarea que desarrollen. Además, deberá supervisar todo el proceso de instalación, realizar las pruebas de funcionamiento de cada uno de los equipos y familiarizar al personal de producción con la nueva maquinaria.

4.2. Distribución del proceso

El proceso de carga de materia prima de la planta de mezclado de ANFO, funcionará de la siguiente forma:

La tolva de alimentación estará situada en el área de bodega de materia prima, permitiendo reducir las distancias en el traslado del nitrato de amonio hacia la misma. Para conectar la tolva con el resto del proceso, se utilizará un transportador de tornillo sinfín el cual se colocará a través de la pared que separa la bodega de la planta, con una inclinación de 30°. El resto del proceso mantendrá su localización inicial.

4.2.1. Selección del área para la instalación

La bodega de materia prima, donde se llevará a cabo la instalación, tiene un área de 200 m², 20 m de largo y 10 m de ancho.

Para determinar el área necesaria para la instalación de la tolva propuesta, se utilizará la siguiente fórmula:

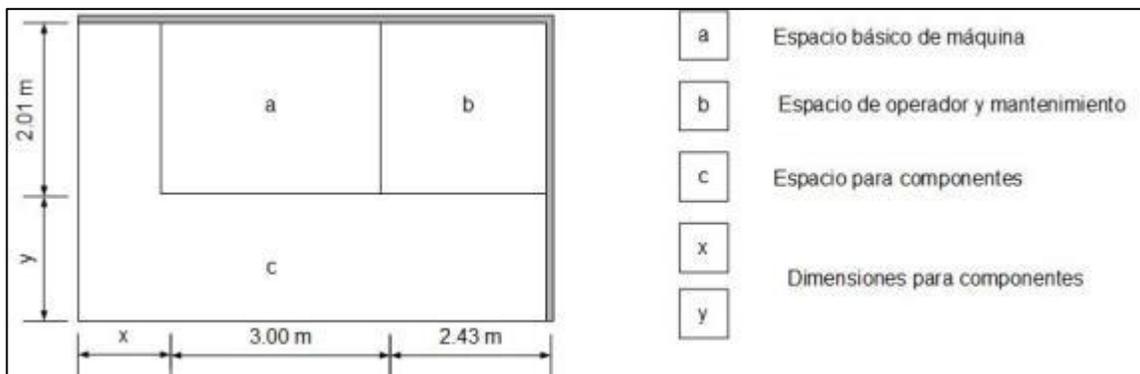
$$EM = EMB + EOM + EC$$

Donde:

- EM= espacio de máquina (m^2)
- EMB= espacio básico de máquina (m^2)
- EOM= espacio de operador y mantenimiento (m^2)
- EC= espacio para componentes (m^2)

La tolva ocupa un espacio total de $6,03 m^2$, a este espacio, se le añadirán $4,88 m^2$ entre la pared de la bodega y la máquina, para facilitar las actividades de carga, manipulación y mantenimiento. Adicional a esto, la tolva tendrá los demás espacios libres para componentes.

Figura 30. **Espacio total para la tolva**



Fuente: elaboración propia.

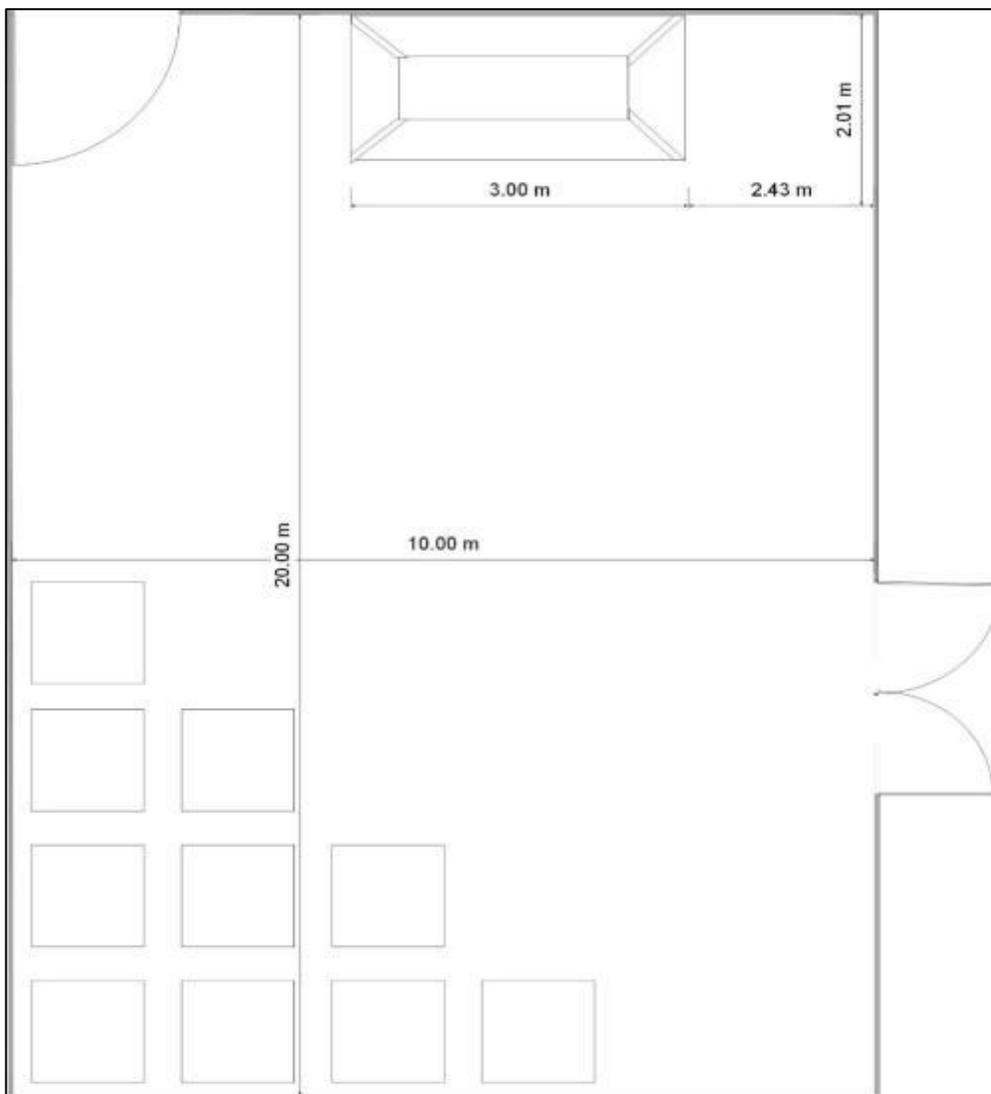
El espacio total que la tolva tendrá será el siguiente:

$$EM_{Tolva} = 6,03 m^2 + 4,88 m^2 + \text{espacios libres para componentes}$$

$$EM_{Tolva} = 10,91 \text{ m}^2$$

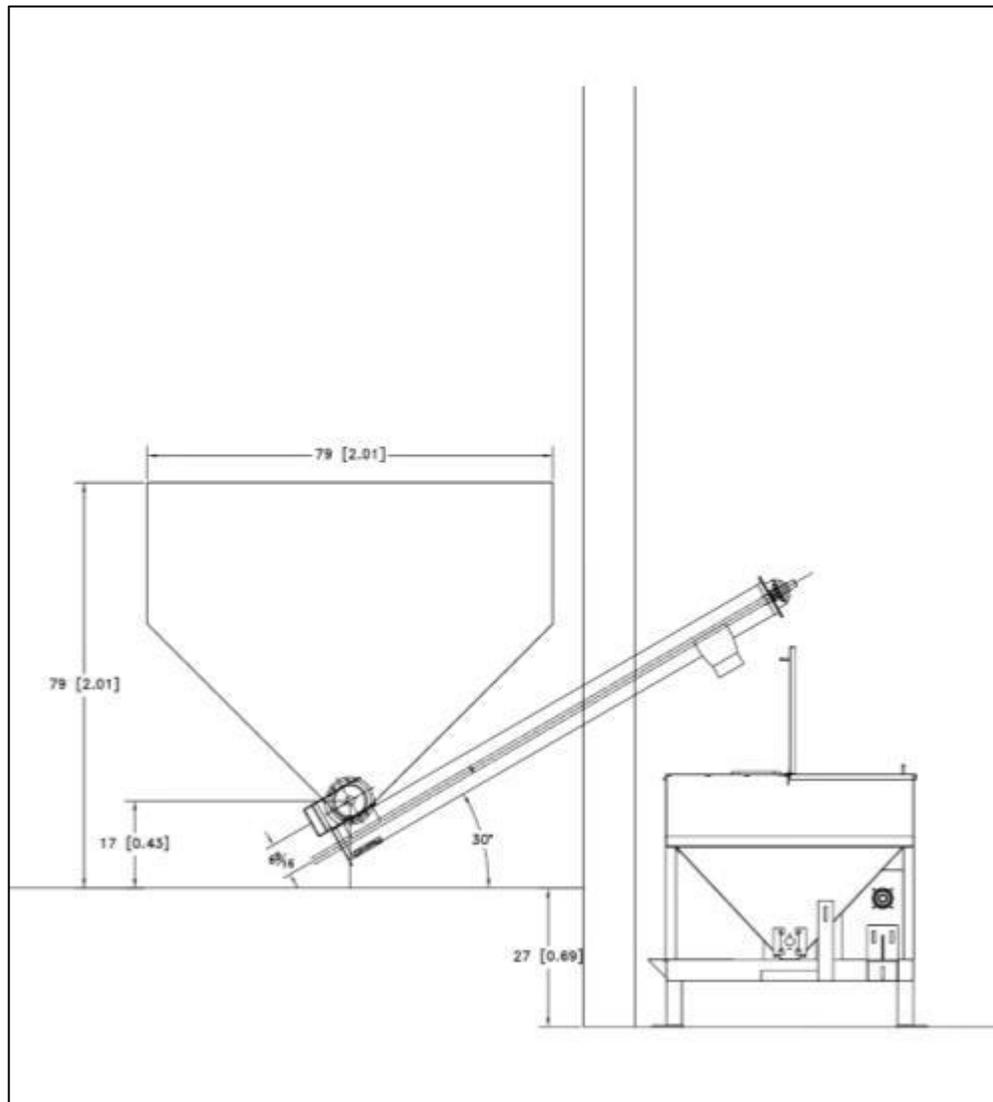
Donde también se tomará en cuenta el espacio adicional que existe a sus alrededores para la colocación de sus componentes.

Figura 31. **Espacio total para la tolva en bodega**



Fuente: elaboración propia.

Figura 32. **Comunicación tolva principal con tolva secundaria**

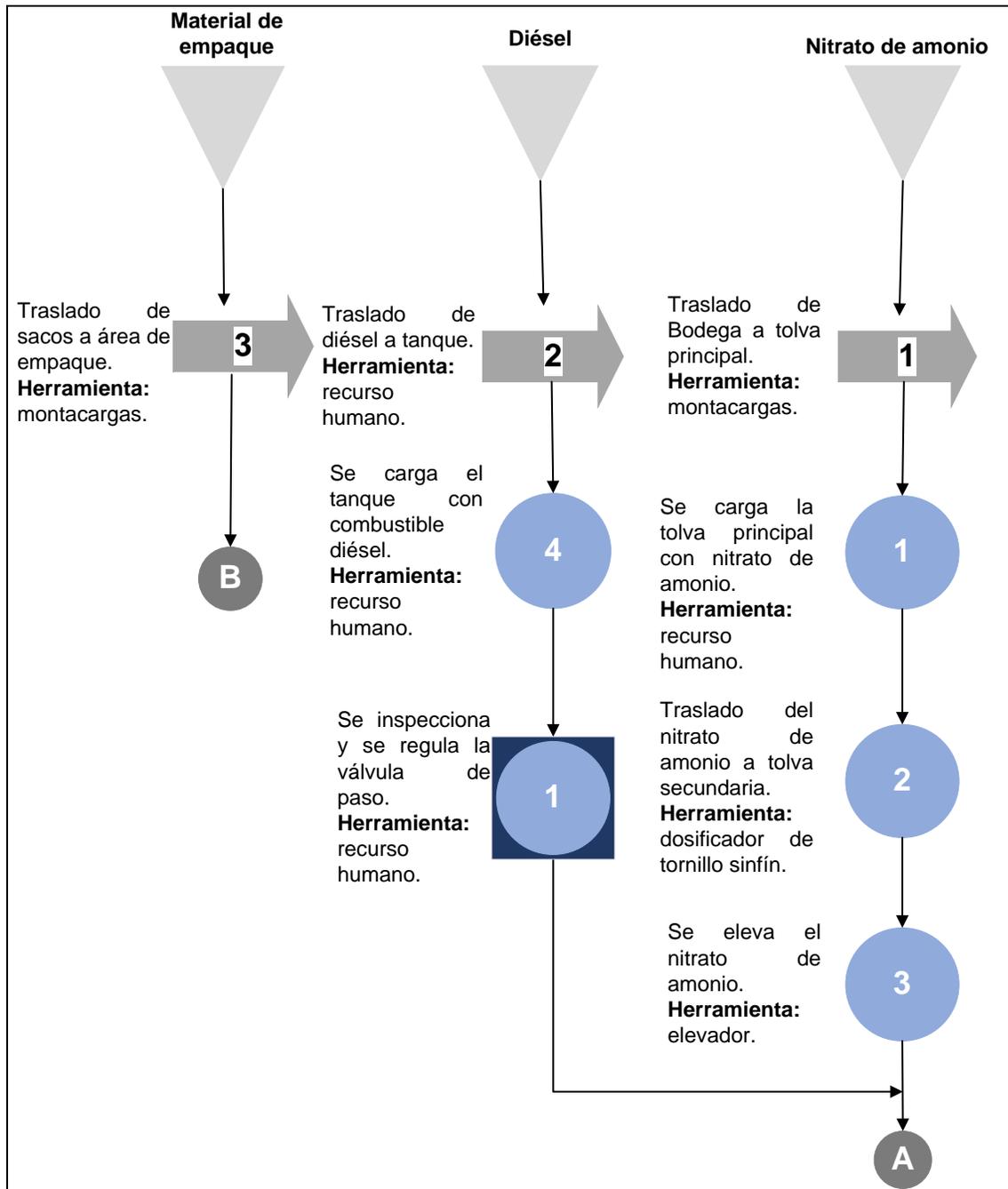


Fuente: elaboración propia.

4.2.2. **Diagrama de flujo de proceso**

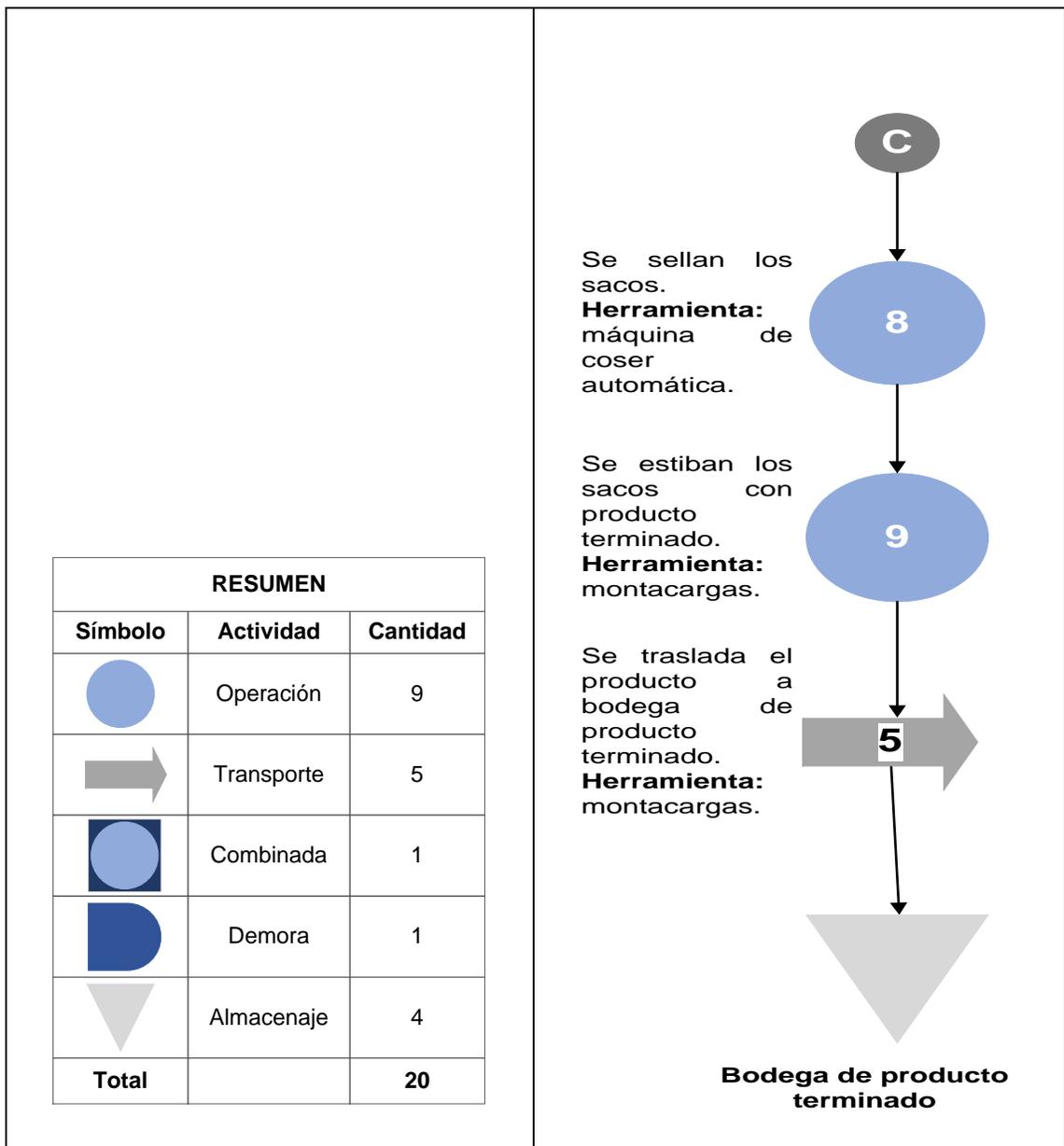
En la figura 33 se muestra el diagrama de flujo de proceso.

Figura 33. Diagrama de flujo de proceso con la propuesta



Continuación de la figura 33.

Continuación de la figura 33.



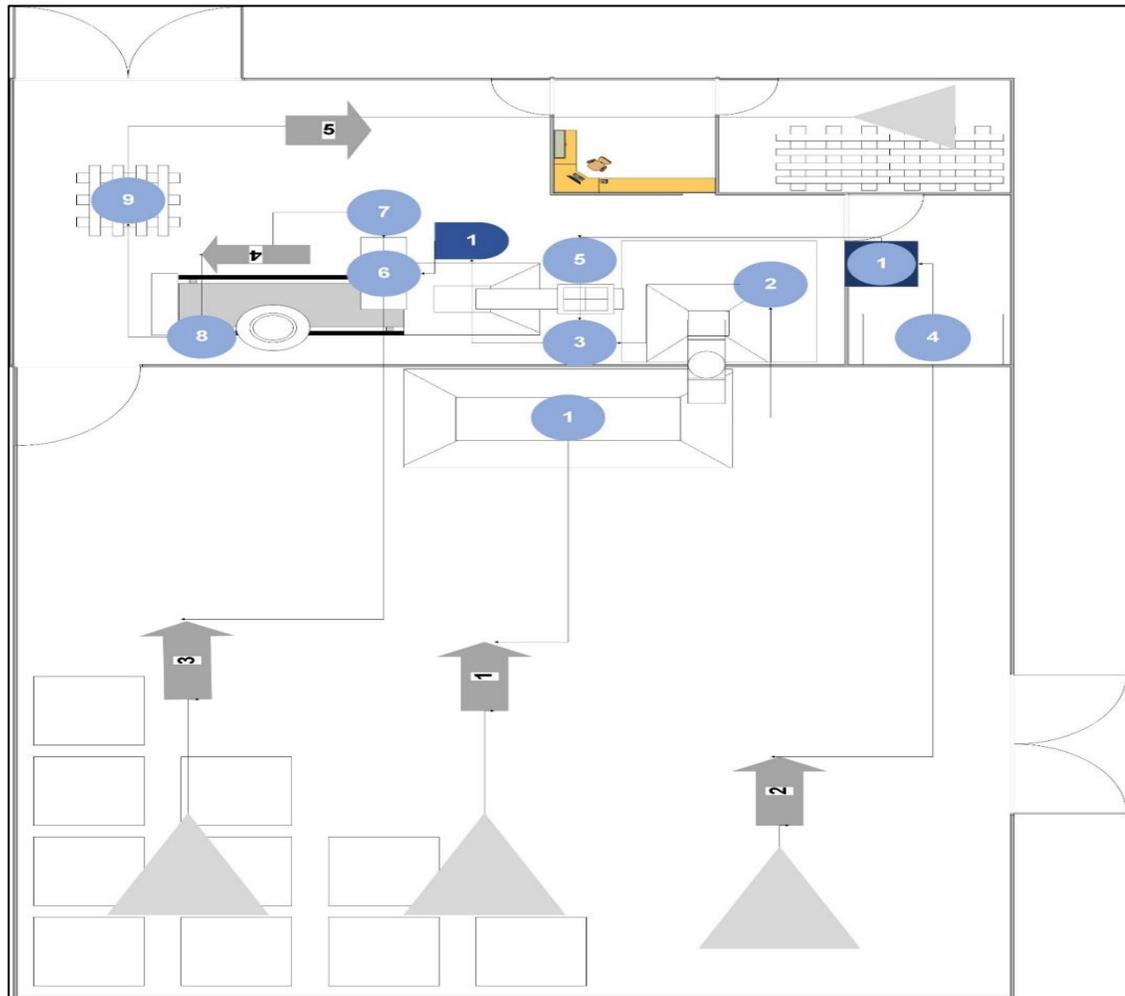
Fuente: elaboración propia.

4.2.3. Diagrama de recorrido

En la figura 34 se muestra el diagrama de recorrido con la propuesta.

Figura 34. **Diagrama de recorrido con la propuesta**

DIAGRAMA DE RECORRIDO DEL PROCESO	
Empresa: Equipsa	Proceso: mezclado de agente explosivo ANFO
Inicio: área de carga de materia prima	Termina: bodega de producto terminado



Fuente: elaboración propia.

4.3. Implementación de la tolva de alimentación

Para implementar la tolva, se deberá conocer qué tipo es más conveniente y se adapta mejor al proceso según su propósito, sus dimensiones, los materiales de fabricación, su capacidad y los mecanismos que ayudarán a su

funcionamiento. Una vez seleccionados estos factores, se procederá a conocer su proceso de fabricación y las medidas de seguridad que deben tomarse en cuenta.

4.3.1. Selección del tipo de tolva

Para la selección de la tolva a instalar, se tomó en cuenta el tipo de material a contener, la función que esta cumplirá dentro del proceso productivo, los mecanismos necesarios para un funcionamiento adecuado y qué tanta capacidad se necesitará para volver el proceso más eficiente, reduciendo los costos.

- Propósito de la tolva y el efecto que tendrán sus dimensiones

El propósito de la tolva es almacenar y dosificar los prills de nitrato de amonio que, básicamente, tienen forma de pequeñas esferas y no contienen ningún tipo de polvos o finos; por esta razón se trabajará con una tolva de gruesos.

La tolva propuesta será rectangular, con su parte inferior cónica piramidal de 2,01 m x 3,00 m, diseñada para almacenar polvos de grano grande. La tolva tendrá una altura de 1,66 m, más 0,35 m adicionales que los conforman su estructura de soporte, formando un total de 2,01 m de altura.

- Material de fabricación de la tolva

La tolva será fabricada de acero inoxidable 304, en todas las superficies donde exista contacto con el producto a contener, clasificado según la norma AISI-SAE, la cual clasifica cada grado, clase o tipo de acero dado por un número,

letras, símbolos; denotando su composición química, propiedades mecánicas, eléctricas, entre otras.

Este es un acero austenítico aleado con cromo, níquel y bajo contenido de carbono. Tiene una buena resistencia a la corrosión, al conformado en frío y a la soldabilidad y no requiere ningún tratamiento después de la soldadura. La resistencia de este acero permitirá que el nitrato de amonio contenido en la tolva no se contamine en el proceso de almacenamiento y afecte, a largo plazo, la calidad del producto terminado. Además de alargar la vida útil de la tolva y eliminar pérdidas de materia prima por corrosión y desgaste debido al constante roce que existe entre la misma y los prills de nitrato de amonio.

Los soportes de la tolva estarán fabricados con acero al carbono y recubiertos de pintura epóxica para su protección. Además, se colocará una rejilla de acero dulce en la parte superior de la tolva.

4.3.2. Capacidad de almacenaje por manejar

Se determinó la capacidad de almacenaje de la tolva, analizando el espacio disponible y las dimensiones de la estructura a establecer. La nueva tolva principal tendrá una capacidad de almacenar 3 570 kg de nitrato de amonio, siendo 12 veces mayor a la capacidad inicial. Esta tolva deberá ser llenada seis veces para completar la capacidad de almacenaje del tanque de combustible diésel y será colocada a una distancia cercana a la tolva secundaria y a la bodega de materia prima, para reducir distancias recorridas y tiempos perdidos del personal.

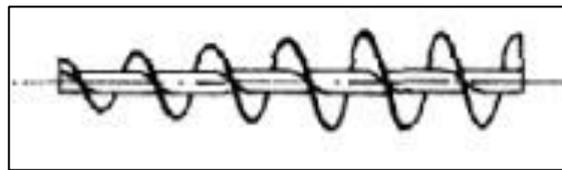
4.3.3. Selección de mecanismo para la alimentación

El tipo de instalación transportadora para el nitrato de amonio es un tornillo sinfín. Este se basa en el principio de funcionamiento del tornillo de Arquímedes. Está conformado por una hélice que gira alrededor de un eje longitudinal que transportará el nitrato de amonio en un plano de 30° de inclinación. Este es adecuado para este proceso, ya que se acopla al transporte en distancias cortas.

Los principales componentes de este tornillo sinfín son los siguientes:

- Carcasa.
- Hélice y eje: el diámetro de la hélice no debe permitir que esta toque las paredes cuando el eje del tornillo gire. La hélice va montada sobre el eje del tornillo, que se encuentra relacionado con un grupo motriz que permite su movimiento. Se trabajará con una hélice de diámetro variable, la cual es utilizada como extractor o dosificador de sólidos.

Figura 35. **Hélice de diámetro variable**



Fuente: *Cálculo de transportadores de tornillo sinfín.*

<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>. Consulta: 20 de mayo de 2019.

- Soportes intermedio y extremo: debido al peso de la hélice, se producen flexiones en el eje; para evitar que estas se produzcan es necesario colocar soportes intermedios. Cada uno de estos soportes trabajará con cojinetes que permitan reducir el rozamiento entre el eje

y los mismos. No se deben colocar soportes a distancias reducidas ya que estos ocasionan obstrucciones en el paso del material, es recomendable colocar uno cada 3 o 4 metros y utilizar un eje robusto, que soporte el peso de las hélices. Debido al largo del transportador de nitrato de amonio, se utilizará un solo soporte intermedio.

- Grupo motriz: para el accionamiento del giro del eje del tornillo, es necesario que se encuentre instalado un grupo motriz. Este grupo motriz lo conforma un motor-reductor, el reductor se une al eje mediante un acoplamiento. En este caso, el eje se accionará mediante un motor eléctrico de 5 hp de potencia, que trabajará con un voltaje de 440 V.

4.3.4. Instalación de la tolva de alimentación

Del área de instalación: para el área de instalación se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- Accesibilidad a la energía eléctrica, se seleccionó un área donde no fuera necesario incurrir en gastos innecesarios de instalaciones eléctricas y donde, se tuviera la potencia necesaria para satisfacer las necesidades de la tolva propuesta.
- Cercanía al proceso de mezcla, se propone la instalación en un área cercana a la tolva secundaria para la reducción de costos por transporte y la reducción de tiempos al cargar con materia prima, la tolva.
- Espacio suficiente para la instalación y manipulación de los materiales, la instalación de la tolva requiere un área de 5,80 m x 2,20 m para una cómoda instalación y, posteriormente, una adecuada manipulación del equipo y de la materia prima.

- Protección contra humedad y temperaturas elevadas, la tolva propuesta contendrá prills de nitrato de amonio, las cuales son porosas y deben protegerse de la humedad. Además, se debe proteger la maquinaria del medio ambiente para evitar corrosión o, que existan temperaturas que puedan afectar su funcionamiento o el de los lubricantes que esta contiene. Por eso se debe utilizar un techo termoacústico.

Tomando en cuenta estos factores, se instalará la tolva en bodega de materia prima en un área cercana a la línea de producción, donde el terreno se encuentra estable y apto para la colocación de la tolva y existe espacio suficiente para su correcto funcionamiento.

Figura 36. **Estructura de apoyo**

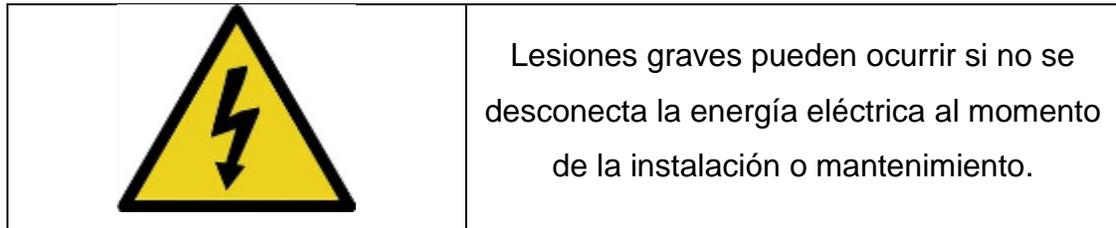
	<p>Exposición a radiaciones ultravioleta, luminosas e infrarrojas producidas por el arco de soldadura.</p>
---	--

Fuente: elaboración propia.

Su función es soportar las cargas verticales de la tolva. Esta estructura será fabricada de acero al carbono y pintada con epóxico para mayor protección y durabilidad. Se deberá colocar una viga perimetral en la parte superior de la tolva, para asegurar rigidez en el soporte. Además, esta viga permitirá unir las columnas que brindarán soporte contra fuerzas laterales, ya sean externas, como debidas a la carga de la tolva.

Se unen las columnas y las vigas mediante soldadura y se instalan en una superficie plana y libre de vibraciones.

Figura 37. **Tolva de alimentación**

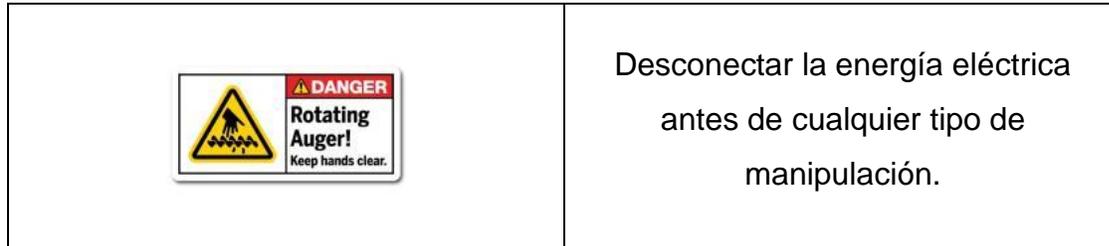


Fuente: elaboración propia.

Para la instalación de la tolva de alimentación se debe:

- Con una grúa, insertar la estructura de la tolva en la de apoyo.
- Por medio de soldadura, ajustar la tolva al soporte.
- Incorporar los mecanismos de alimentación que comprenden la tolva y colocar la rejilla de la parte superior.
- Colocar los medidores de nivel, en la altura que requiere el proceso.
- Realizar las instalaciones eléctricas y electrónicas de la tolva.
- Llevar a cabo pruebas de funcionamiento.

Figura 38. **Sistema de alimentación**



Fuente: elaboración propia.

- Conectar el canalón a la tolva de alimentación.
- Colocar el eje de transmisión en su soporte principal, conectado al motor-reductor.
- Instalar las hélices al eje de transmisión.
- Instalar un soporte adicional para asegurar la estabilidad del eje de transmisión.
- Colocar la tapa al canalón.
- Llevar a cabo las pruebas de funcionamiento.

4.4. Automatización del proceso de mezcla

Para la automatización del proceso de mezcla, se instalarán 6 medidores de nivel, tres medidores de bajo nivel y tres medidores de alto nivel. Los medidores de nivel serán instalados en las tolvas pertenecientes al proceso:

- La tolva de alimentación principal. Esta contendrá dos medidores de nivel, uno de bajo nivel y uno de alto nivel. En esta tolva el medidor con mayor importancia es el medidor de bajo nivel, este alertará al recurso humano si, en alguna ocasión, la tolva se encuentra escasa de nitrato de amonio; logrando que no exista falta de materia prima en el proceso.
- La tolva de alimentación secundaria. De igual manera, esta tolva contendrá dos medidores de nivel, uno de bajo y otro de alto nivel. El medidor de bajo nivel enviará señal al motor del tornillo sinfín de la tolva principal, exigiendo más materia prima, la cual será provista por este mismo; cuando la tolva secundaria se encuentre llena, el medidor de alto nivel enviará señal al motor del tornillo sinfín haciendo que este detenga su trabajo de alimentación.
- La tolva de producto terminado. Los medidores contenidos en esta tolva servirán para que no exista pérdida de producto. Si la tolva se encuentra llena, el medidor de alto nivel notificará al área de mezcal para que el proceso se detenga y no exista ningún desperdicio de producto terminado. Cuando sea necesario que el proceso de mezclado reinicie su función, el medidor de bajo nivel lo notificará.

Para que estas funciones de los medidores puedan cumplirse, es necesario que exista un dispositivo controlador del proceso. La función de este será recibir y enviar las múltiples señales de los medidores de nivel, para que el proceso trabaje adecuadamente.

4.4.1. Selección de tipo de medidores de nivel

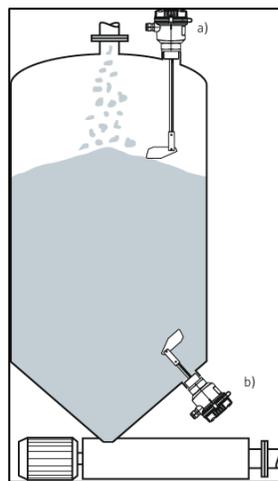
Se trabajará con medidores de nivel de paletas rotativas, instalando dos medidores en cada una de las tolvas. Estos son detectores de nivel adecuados para sólidos granulados.

Un medidor de nivel de paletas rotativas consta de un eje que contiene las paletas, este eje es impulsado por un motor. Cuando existe material, la paleta se detiene y el motor pasa de una posición de reposo a conmutación, activando los interruptores, los cuales detectan el nivel del nitrato de amonio y desconectan el motor.

- Ubicaciones de montaje

Estos medidores pueden ser instalados de forma vertical, horizontal e incluso en la base de la tolva.

Figura 39. **Ubicaciones de montaje para medidores de alto y bajo nivel**



Fuente: E-direct. *Ubicaciones de montaje para medidores de alto y bajo nivel*. <https://www.e-direct.endress.com/mx/es/fte20-nivel-paleta-rotativa>. Consulta: 21 de mayo de 2019.

4.4.2. Instalación de medidores de nivel

Para la instalación de los medidores de nivel de las tolvas existentes en la planta de mezclado de agente explosivo ANFO, se deben seguir los siguientes pasos:

- Establecer una base sobre la cual cada uno de los medidores será instalado. Esta base deberá contener una tubería o un área donde podrán pasar los cables que permitirán la conexión del medidor de nivel, sin que estos tengan contacto con la materia prima; además, se deberá contener una rosca donde se pueda insertar y roscar el medidor de nivel.
- Una vez establecida la base a utilizar, se debe roscar el medidor de nivel en su posición. Los medidores de nivel pueden ir colocados ya sea, horizontal o verticalmente, dependiendo de la aplicación que este deba tener.
- Una vez roscado el medidor en su posición, se debe desenroscar la tapa que cubre los conectores del medidor.
- Con los conectores del medidor descubiertos, se debe conectar el cableado al medidor de nivel. El medidor de nivel contendrá ranuras que servirán para guiar el cable por conectar y conectores a presión con los cuales se elimina la necesidad de herramientas.
- Finalmente, se debe enroscar nuevamente la tapa para proteger el cableado y realizar las pruebas necesarias para aprobar el funcionamiento del medidor instalado.

4.4.3. Selección de dispositivo controlador

Se trabajará con un PLC por sus siglas en inglés (*Programmable Logic Controller*). Es un dispositivo electrónico programable por el usuario que, permitirá controlar las máquinas y el proceso lógico que estas llevan a cabo.

Por medio de este programador, se podrá comandar los motores y equipos de las tolvas para hacer más eficiente el sistema de alimentación, se podrán manejar las alarmas de los medidores de alto y bajo nivel, se podrán detectar fallas en el proceso; reduciendo el cableado, espacios y costos.

4.4.4. Instalación de dispositivo controlador

Para la instalación del dispositivo encargado de controlar el proceso, se deberán seguir los siguientes pasos:

- Acondicionamiento de señales, en este proceso se deberán adquirir los datos necesarios mediante un acondicionador de señal y convertirlos a otro formato más fácil de leer y que tenga fines de control de una máquina. Debido a la diferente cantidad de sensores, es necesario convertir las señales a las de un proceso estándar.
- Programa de aplicación, se debe analizar y seleccionar el programa que será utilizado para el control del proceso productivo.
- Establecer las comunicaciones.
- Autodiagnóstico, se debe analizar el comportamiento del programa y corroborar que esté controlando el proceso como se desea.

4.5. Implementación del sistema de tierras físicas

Para la implementación del sistema de tierras físicas, se debe conocer cómo implementar los electrodos de grafito y por qué medio estos pueden ser conectados, para asegurar la protección de todas las instalaciones eléctricas en la planta.

4.5.1. Instalación de componentes para toma de tierra

- Instalación de electrodo de grafito

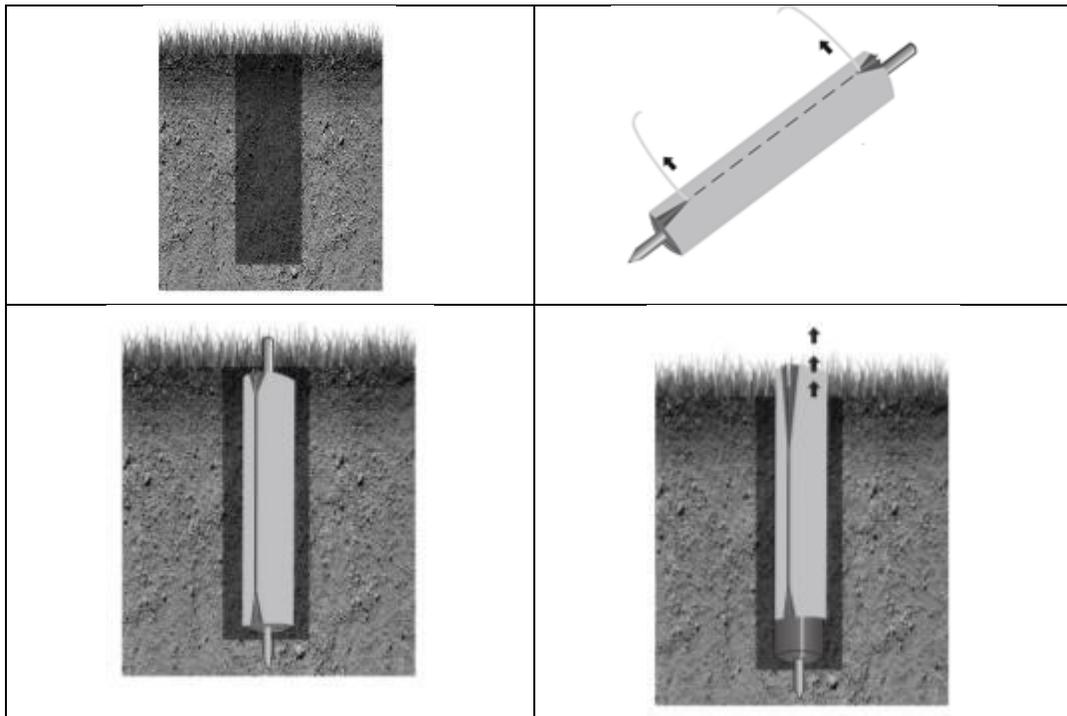
El electrodo por utilizar consiste en una cubierta de alta conductividad alrededor de la varilla de cobre, que permite la disminución de la resistencia. Este electrodo es un producto de fácil instalación, estos necesitan ser instalados a múltiples distancias y ser unidos entre sí, para formar un sistema de tierras múltiple.

Mientras más electrodos sean conectados entre sí, la lectura de la resistencia será aún más baja. Para la instalación de los electrodos de grafito, hay que seguir los siguientes pasos:

- Se debe cavar un agujero en el suelo de una longitud de 10 cm mayor a la longitud del electrodo y un diámetro de 8" o mayor.
- Retirar la envoltura del electrodo. Para esto existe un alambre que se encuentra a los extremos, se debe halar el alambre de manera en la cual se pueda cortar el tubo a lo largo.

- Introducir el electrodo en el agujero realizado en el suelo, con la punta hacia abajo. Se coloca tierra en la punta hasta que se llegue a la altura deseada.
- Al estar el electrodo en la posición deseada, se retira el tubo que lo envuelve. Paralelamente, se va rellenando el agujero con tierra, preferiblemente tierra negra. Se recomienda colocar bentonita en la base del electrodo, ya que ayuda a mantener la humedad.
- Se procede a terminar de rellenar el agujero.

Figura 40. **Instalación de electrodo de grafito**



Fuente: elaboración propia.

Los electrodos pueden conectarse mediante soldadura exotérmica.

- Soldadura exotérmica

Proceso químico que permite la unión de metales de manera perdurable. Este tipo de unión garantiza la conductividad eléctrica sin riesgo a que las uniones se deterioren con el paso del tiempo. Para la realización de la soldadura hay que seguir los siguientes pasos:

- Limpiar y retirar cualquier impureza de los conductores y del molde. Los conductores deben estar limpios y secos, para esto se puede utilizar un cepillo.
- Se debe calentar el molde. Se debe calentar el molde con un soplete, hasta alcanzar una temperatura de 120 °C. De esta manera se eliminará la humedad por completo, eliminando la posibilidad de una soldadura porosa por humedad.
- Colocar los conductores en el molde y colocar las pinzas. Asegurarse de que las pinzas se acoplen adecuadamente al molde.
- Colocar el número de tabletas necesarias en la tolva del molde.
- Cerrar la tapa del molde y colocar el iniciador electrónico.
- Colocar las bananas correctamente en el equipo de encendido, alejarse del molde e iniciar el equipo de encendido. Se tendrá lugar a la soldadura.

- Esperar 15 segundos después de la reacción y abrir el molde para asegurar la solidificación de lo fundido.
- Se debe limpiar el molde, eliminar la escoria y limpiar la tolva.

4.6. Pruebas de funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento permitirán detectar, anticipadamente, si existe algún error de instalación en algún componente y si el equipo se acopla a la necesidad que se tiene dentro de la planta. Se realizarán pruebas de funcionamiento a las tolvas, a los medidores de nivel y al dispositivo controlador del proceso.

4.6.1. Tolvas

Se deben realizar pruebas tanto a las tolvas de alimentación, como a la tolva de producto terminado. Estas tienen un papel importante en el proceso ya que con ellas inicia y concluye el proceso de mezcla.

4.6.1.1. Tolvas de alimentación

- Sistema mecánico

Posterior a su instalación, la maquinaria se pondrá a trabajar y se revisarán los diferentes sistemas, en este caso, el sistema mecánico. Se tomarán en cuenta el eje, el tornillo dosificador, el motor, el canalón, los rodamientos y las estructuras de soporte.

Tabla XV. **Prueba de funcionamiento sistema mecánico tolvas de alimentación**

Actividad	Componentes	Verificación
Arrancar a baja velocidad y sin carga.	Tornillo sinfín	No existe ningún contacto entre el tornillo y el canalón.
	Eje	El eje transmite movimiento al tornillo de forma adecuada.
	Motor-reductor	El motor trabaja sin problema.
	Canalón	No se está sufriendo ningún tipo de desgaste por parte del tornillo sinfín.
	Estructura de soporte	No existe ningún problema con las uniones soldadas.
	Rodamientos	Los rodamientos funcionan de forma normal.
Mantener la velocidad e incorporar la materia prima.	Tornillo sinfín	No existe contacto entre el tornillo y el canalón, la materia prima no obstruye el movimiento del tornillo.
	Eje	El eje transmite movimiento al tornillo sinfín adecuadamente.
	Motor-reductor	El motor-reductor trabaja adecuadamente.
	Canalón	No existe contacto con el tornillo sinfín, la materia prima no provoca ningún desgaste notorio.
	Estructura de soporte	No existe problema con las uniones soldadas.
	Rodamientos	Los rodamientos funcionan de forma normal.
Incrementar la velocidad y mantener el paso de materia prima.	Tornillo sinfín	No existe ningún ruido entre el tornillo, el canalón y la materia prima a pesar del aumento de velocidad.
	Eje	El eje transmite movimiento al tornillo.
	Motor-reductor	El motor- reductor trabaja de forma adecuada.
	Canalón	No hay contacto con el tornillo sinfín y no existen ruidos en la superficie del canalón.
	Estructura de soporte	No existen problemas en las uniones soldadas.
	Rodamientos	Los rodamientos funcionan de forma normal.
Apagar el motor.	Tornillo sinfín	El tornillo se detiene cuando se apaga el motor.
	Eje	El eje se detiene y mantiene sus propiedades.
	Motor-reductor	El motor-reductor se apaga normalmente.
	Canalón	No existen alteraciones en el canalón.
	Estructura de soporte	No existen fallas en la estructura.
	Rodamientos	Los rodamientos mantienen sus propiedades.

Fuente: elaboración propia.

4.6.1.2. Tolva de producto terminado

- Sistema mecánico

Para probar el funcionamiento mecánico de la tolva de producto terminado, únicamente hay que analizar el comportamiento de la estructura de la tolva respecto a la carga de producto terminado.

Tabla XVI. **Prueba de funcionamiento sistema mecánico tolva de producto terminado**

Actividad	Componentes	Verificación
Llenado de la tolva con el producto terminado.	Estructura de la tolva	No deben existir fugas del agente explosivo.
Vaciado de la tolva.	Estructura de la tolva	No deben existir abrasiones causadas por el material.

Fuente: elaboración propia.

4.6.2. Medidores de nivel en tolvas

Los medidores de nivel en las tolvas funcionarán adecuadamente cuando estas indiquen el nivel de material que existe y, notifiquen cuando se necesita más. Para su análisis se tomarán en cuenta los medidores de alto nivel, los medidores de bajo nivel y sus correspondientes interruptores.

Tabla XVII. **Prueba de funcionamiento medidores de nivel en tolvas**

Actividad	Componentes	Verificación
Llenado de la tolva	Medidor de alto nivel	Debe enviar una señal notificando que la tolva se encuentra llena.
	Medidor de bajo nivel	No debe enviar ninguna señal.
	Interruptores	Desconectan el motor del medidor del alto nivel.
Vaciado de la tolva	Medidor de alto nivel	No debe enviar ninguna señal.
	Medidor de bajo nivel	Debe enviar una señal notificando que la tolva se encuentra vacía.
	Interruptores	Deben conectar el motor del medidor de alto nivel.

Fuente: elaboración propia.

4.6.3. Dispositivo controlador del proceso

Para las pruebas del dispositivo PLC se deberá, en primera instancia, analizar cada uno de sus elementos y su comunicación en general. Posteriormente, se analizará el sistema funcionando íntegramente. Se hará de dos modos:

- Modo manual, en este caso el operador debe estar alerta para operar cada una de las necesidades de la planta.
- Modo automático, en este caso solo se activa el programa y todas las actividades se deberán realizar automáticamente.

4.7. Mantenimiento de tolvas de alimentación

El mantenimiento de las tolvas de alimentación alargará su vida útil y permitirá que estas trabajen en la totalidad de su capacidad, con el fin de la reducción de costos.

4.7.1. Plan de mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento preventivo permitirá a la institución eliminar problemas en la producción por causa de la maquinaria y, reducir costos de mantenimiento. Para un plan de mantenimiento preventivo se deben conocer los equipos por tomar en cuenta. A estos se les realizarán inspecciones rutinarias que permitirán detectar anomalías a simple vista y otras inspecciones más específicas según la actividad de cada equipo. Mediante las inspecciones, se lograrán detectar las necesidades de mantenimiento de cada máquina y se generarán órdenes de trabajo para solucionar los problemas actuales, reduciendo fallas a largo plazo.

4.7.1.1. Inspecciones del estado de la maquinaria y equipo

Se tomarán en cuenta todas las actividades que se pueden realizar a diario, estas pueden ser inspecciones de fugas, anomalías, tomas de datos y pequeños

trabajos de limpieza. En este caso, todo podrá ser realizado con los equipos en funcionamiento. Este tipo de actividades pueden ser asignadas tanto al personal de mantenimiento, como al personal de operaciones; ya que son tareas fáciles de ejecutar.

Figura 41. Plan de mantenimiento preventivo actividades diarias

 Plan de Mantenimiento Preventivo		Frecuencia: Diaria	
Inspección General Diaria		Fecha: 20/11/2019	
Operario: Nicolie Rabre Chacón			
Hora de inicio: 9:30 am		Hora final: 10:25	
Herramientas: Termómetro		Equipo de protección: Botas de seguridad Guantes Protección auditiva Chaleco reflectivo Protección visual	
Riesgos de trabajo Equipos Energizados Contacto con productos químicos Interacción con altas temperaturas Equipos cortantes o punzantes		Medidas preventivas Realizar trancado y etiquetado de equipo Utilización de guantes y conocimiento de fichas técnicas Utilización de guantes y precaución al trabajar Utilización de guantes, casco y botas de seguridad	
Equipo	Descripción	Tiempo	Observaciones
Tolva principal 1010	Inspección visual estado de canalón y tapa	1 min	Algunas instalaciones electricas a la vista.
	Inspección visual funcionamiento dosificador	2 min	
	Control visual conexión motor del dosificador	1 min	
	Inspección visual instalaciones eléctricas	1 min	No hay fugas ni vibraciones.
	Control visual de fugas en la tolva	5 min	
	Ausencia de ruidos y vibraciones extrañas	3 min	
	Temperatura motor del dosificador	3 min	
Tolva Secundaria 2010	Inspección visual estado de carcasa	1 min	Elevador necesita limpieza interna.
	Inspección visual funcionamiento elevador	3 min	
	Inspección visual conexión motor del elevador	1 min	No hay fugas ni vibraciones.
	Inspección visual instalaciones eléctricas	2 min	
	Control visual de fugas en la tolva	4 min	
	Ausencia de ruidos y vibraciones extrañas	3 min	
	Temperatura motor del elevador	3 min	
	Control visual de fugas de combustible diesel	5 min	
Tolva Producto Terminado 3010	Inspección visual estado de carcasa	1 min	No hay fugas ni vibraciones.
	Control visual de fugas en la tolva	3 min	
	Ausencia de ruidos y vibraciones extrañas	3 min	
	Inspección visual conexiones eléctricas	1 min	
Observaciones: Dado a que el equipo es nuevo, no existen problemas. La mezcla de nitrato de amonio y diésel provoca que sus restos de adhieran al tornillo sinfin del elevador, por lo cual es necesario realizar una limpieza interna para prevenir el desgaste por la fricción entre partes.			

Fuente: elaboración propia.

4.7.1.2. Aceites y lubricantes

Se describirán las acciones de lubricación que se deben realizar con determinada periodicidad, permitiendo conocer el tipo y la cantidad de lubricante a utilizar, qué parte de la maquinaria será lubricada y con qué frecuencia se realizará.

Figura 42. Formato de inspección de lubricación por equipo



Plan de Mantenimiento Preventivo					
Inspección de lubricación					
Máquina: Tornillo sinfín dosificador			Código: 1020		
Fabricante: Pemberton Fabricators Inc			Modelo:		
Clase de actividad: RN Revisar nivel RF Revisar flujo AA Aplicar aceite					
AG Aplicar grasa CA Cambio de aceite					

Frecuencia lubricación	Parte a lubricar	Tipo de lubricación	Actividad	Realizó	Observaciones
29/08/2019	Cojinetes	Grasa para bajas temperaturas, bajas velocidades.	RF	Nicolle Rabre	La grasa aún cumple su función.
20/11/2019	Cojinetes	Grasa para bajas temperaturas y bajas velocidades.	AG	Nicolle Rabre	

Fuente: elaboración propia.

Una vez realizadas las actividades de inspección y determinadas las necesidades de mantenimiento actuales, se prosigue a generar órdenes de trabajo. Una orden de trabajo es un formato que se utilizará para lograr la ejecución del programa de mantenimiento. En esta orden se deberán detallar los trabajos que se realizan en cada máquina, los materiales por utilizar, el tiempo requerido y quién realizó el trabajo.

Figura 43. **Orden de trabajo a personal de mantenimiento**

	ORDEN DE TRABAJO	
	Número de control:	01
Mantenimiento:	<input type="checkbox"/> Interno	<input checked="" type="checkbox"/> Externo
Tipo de servicio: Limpieza a tornillo sinfín elevador		
Asignado a: Mecánico		
Fecha de realización: 21/11/2019		
Trabajo Realizado:		
<p>Se paró el elevador y se trancó y etiquetó como medida de seguridad. Se eliminaron los restos de ANFO que se encontraban adheridos en las hélices del tornillo y se verificó que no exista desgaste o abolladuras. Se energizó nuevamente el equipo y se puso en marcha nuevamente para continuar con su funcionamiento.</p>		
Materiales utilizados:		
<p>Se utilizó equipo protector: casco, botas industriales, guantes y gafas protectoras. Para eliminar los residuos se utilizó una espátula.</p>		
Verificado por:	Fecha y firma:	
Nicolle Rabre Chacón	21/11/2019	
Aprobado por:	Fecha y firma:	
Nicolle Rabre Chacón	21/11/2019	

Fuente: elaboración propia.

4.7.2. Plan de mantenimiento correctivo

Cuando una máquina o equipo falla de forma inesperada, se debe aplicar el mantenimiento correctivo, siguiendo los pasos que a continuación se presentan:

- El operario detectará la falla y deberá ser notificada al jefe de mantenimiento.
- Deberá realizarse una inspección de la máquina por parte del equipo de mantenimiento para reconocer el por qué falló el equipo o componente, la cual deberá ser reportada.
- Posteriormente se realizará una solicitud de reparación la cual, al ser aprobada, permitirá que se programe el trabajo.
- Se realizará una orden de trabajo para los mecánicos o eléctricos, quienes repararán la máquina.
- Se deberán de realizar nuevamente pruebas de funcionamiento y posteriormente se pondrá en marcha.
- Se deberán documentar todos los trabajos de mantenimiento.

4.7.2.1. Selección de repuestos

Gran parte de las fallas de los equipos pueden ser reparados internamente, por ello, según la experiencia del lugar del trabajo, se pueden conocer las fallas frecuentes y seleccionar repuestos para encontrarse preparados ante cualquier necesidad.

Se determinó que las causas más frecuentes de paros por mantenimiento de mantenimiento correctivo son las siguientes:

- Fallas eléctricas/ electrónicas
- Falla en rodamientos
- Funcionamiento inadecuado de medidores de nivel
- Fugas en tolva
- Falla del eje de transmisión
- Falla en los soportes del eje
- Falla en el moto-reductor

4.7.2.2. Priorización de repuestos

Al tener varios materiales se generan altos valores de inventario los cuales afectan a la institución. Por ello, es necesario conocer la criticidad de estos en la producción y priorizar cuáles deben ser tomados con mayor importancia.

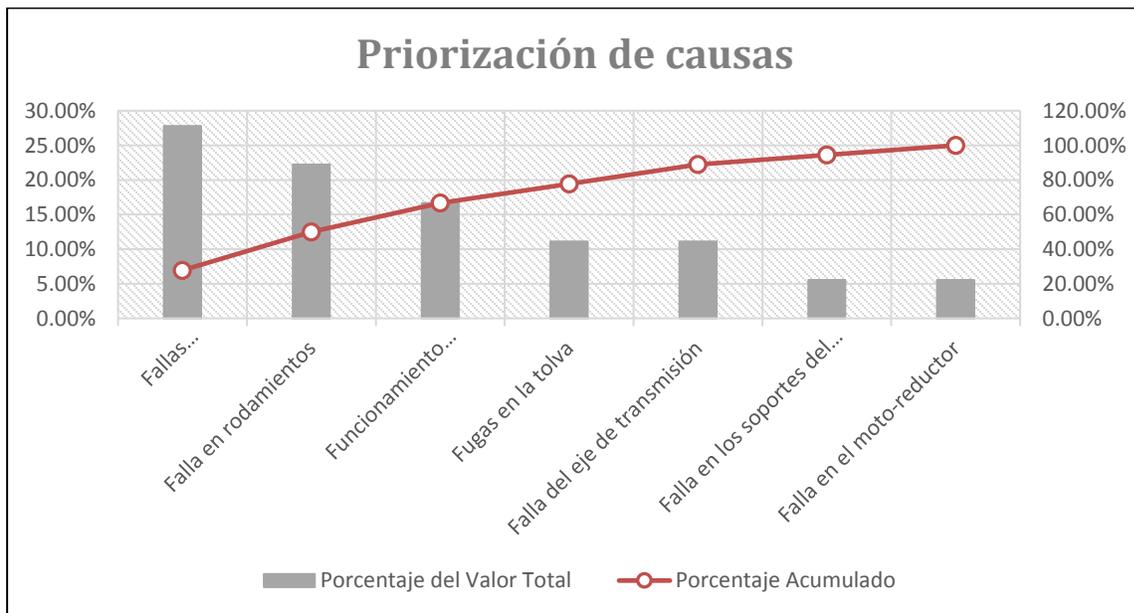
Para el análisis de cuáles repuestos se deben tomar en cuenta, se trabajó un diagrama de Pareto o ABC, seleccionando el 77,78 % de las causas, como las causas principales.

Tabla XVIII. Probables causas para la ejecución de mantenimiento correctivo

Probables causas para la ejecución del mantenimiento correctivo			
Causas	Datos	Porcentaje del valor total	Porcentaje acumulado
Fallas eléctricas/electrónicas	5	27,78 %	27,78 %
Falla en rodamientos	4	22,22 %	50,00 %
Funcionamiento inadecuado de medidores de nivel	3	16,67 %	66,67 %
Fugas en la tolva	2	11,11 %	77,78 %
Falla del eje de transmisión	2	11,11 %	88,89 %
Falla en los soportes del eje	1	5,56 %	94,44 %
Falla en el moto-reductor	1	5,56 %	100,00 %
Σ	18	100,00 %	

Fuente: elaboración propia.

Figura 44. Priorización de las causas de mantenimiento



Fuente: elaboración propia.

El 77,78 % de las fallas que causan la aplicación del mantenimiento correctivo, están conformadas por fallas eléctricas y electrónicas, fallas en los rodamientos, un funcionamiento inadecuado de los medidores de nivel y fugas en la tolva. Tomando en cuenta estas fallas, se determinará que los repuestos con más importancia son los siguientes:

- Componentes eléctricos/ electrónicos
- Rodamientos
- Medidores de nivel
- Equipo de soldadura

Tomar en cuenta estos materiales, agilizará el proceso de realización del mantenimiento correctivo.

4.8. Manuales de procedimientos

Por medio de los manuales de procedimientos, los colaboradores podrán comprender de mejor manera cómo realizar sus actividades de una forma correcta, segura y eficiente.

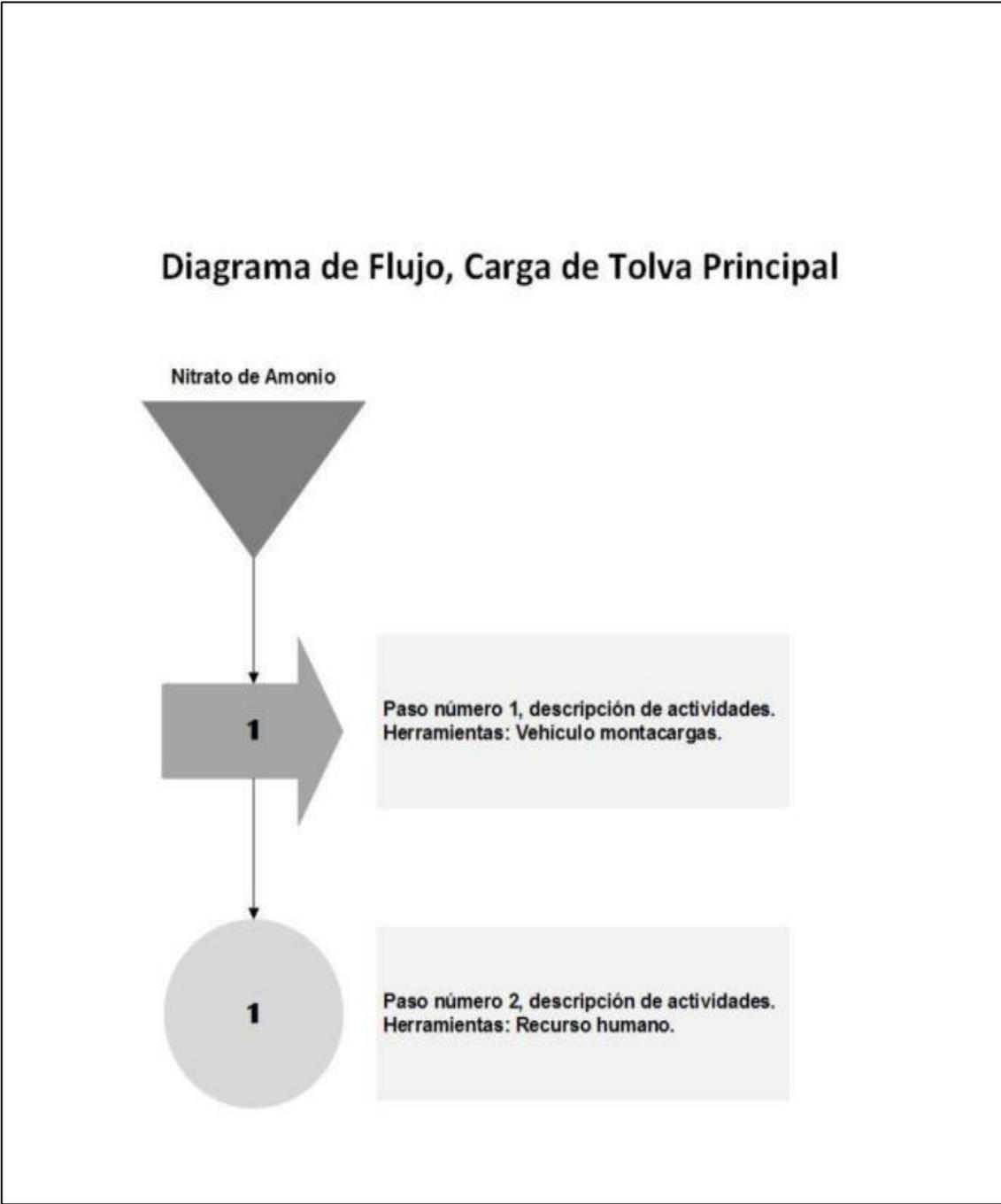
4.8.1. Uso de equipo automatizado

Mediante este manual el recurso humano podrá manejar con mayor facilidad el equipo nuevo, además de hacerlo de una forma segura y eficiente.

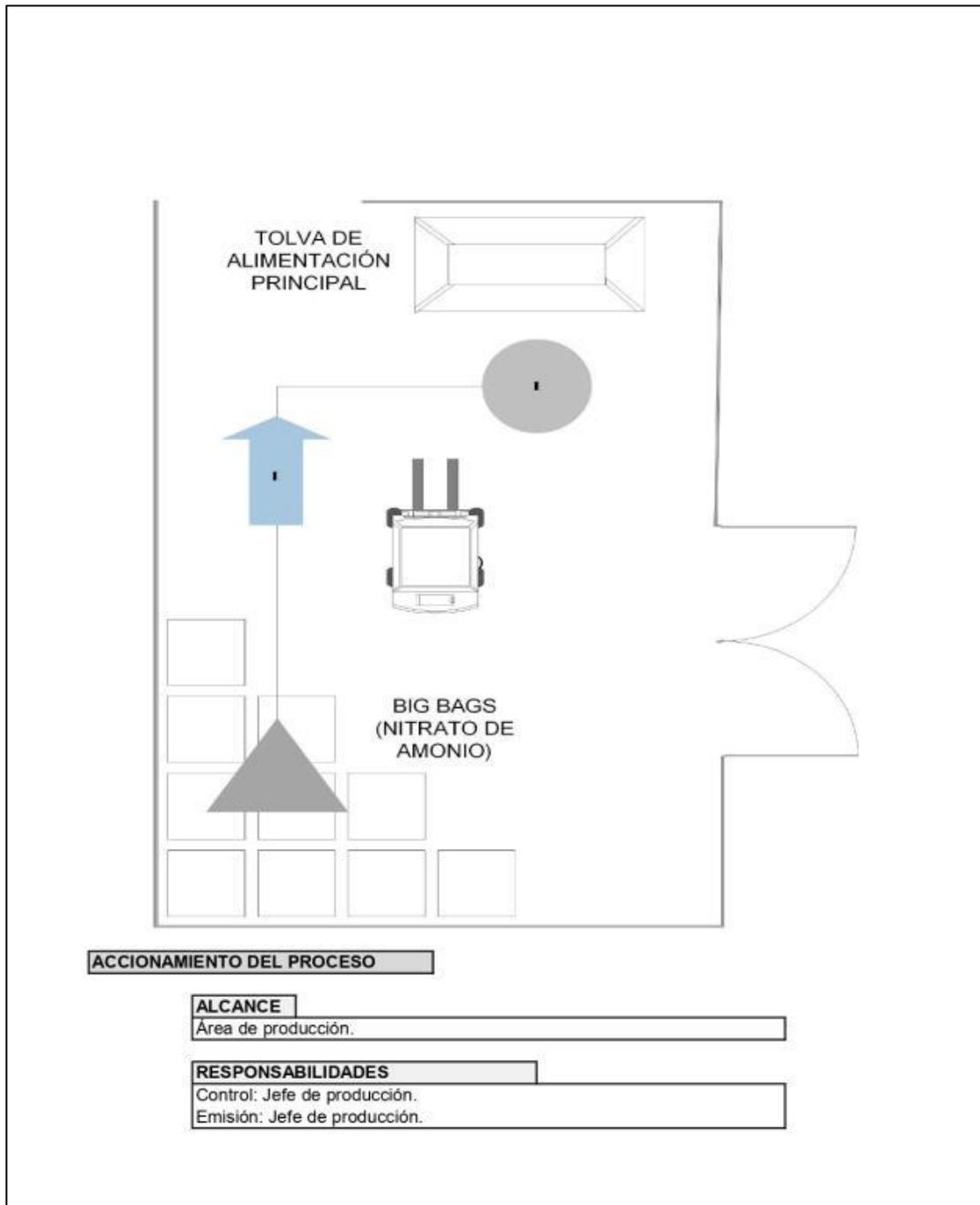
Figura 45. **Manual de procedimiento, puesta en funcionamiento equipo automatizado**

MANUAL DE PROCEDIMIENTO, USO DE EQUIPO AUTOMATIZADO
OBJETIVO GENERAL Contar con un instrumento que permita instruir a los colaboradores a la correcta realización de las actividades de mezcla, mediante el uso correcto del equipo automatizado para una producción eficiente.
JUSTIFICACIÓN Reciente automatización del equipo de mezcla.
PROCEDIMIENTOS
CARGA DE TOLVA PRINCIPAL
ALCANCE Área de producción.
RESPONSABILIDADES Control: Jefe de producción. Emisión: operador de montacargas.
MÉTODO DE TRABAJO
Descripción de actividades: 1. Traslado de sacos de materia prima a tolva principal, utilizando el montacargas. 2. Llenado de tolva de alimentación manualmente. Se abren los sacos y se se vierte el nitrato de amonio contenido, dentro de la tolva principal.
Diagrama de flujo:

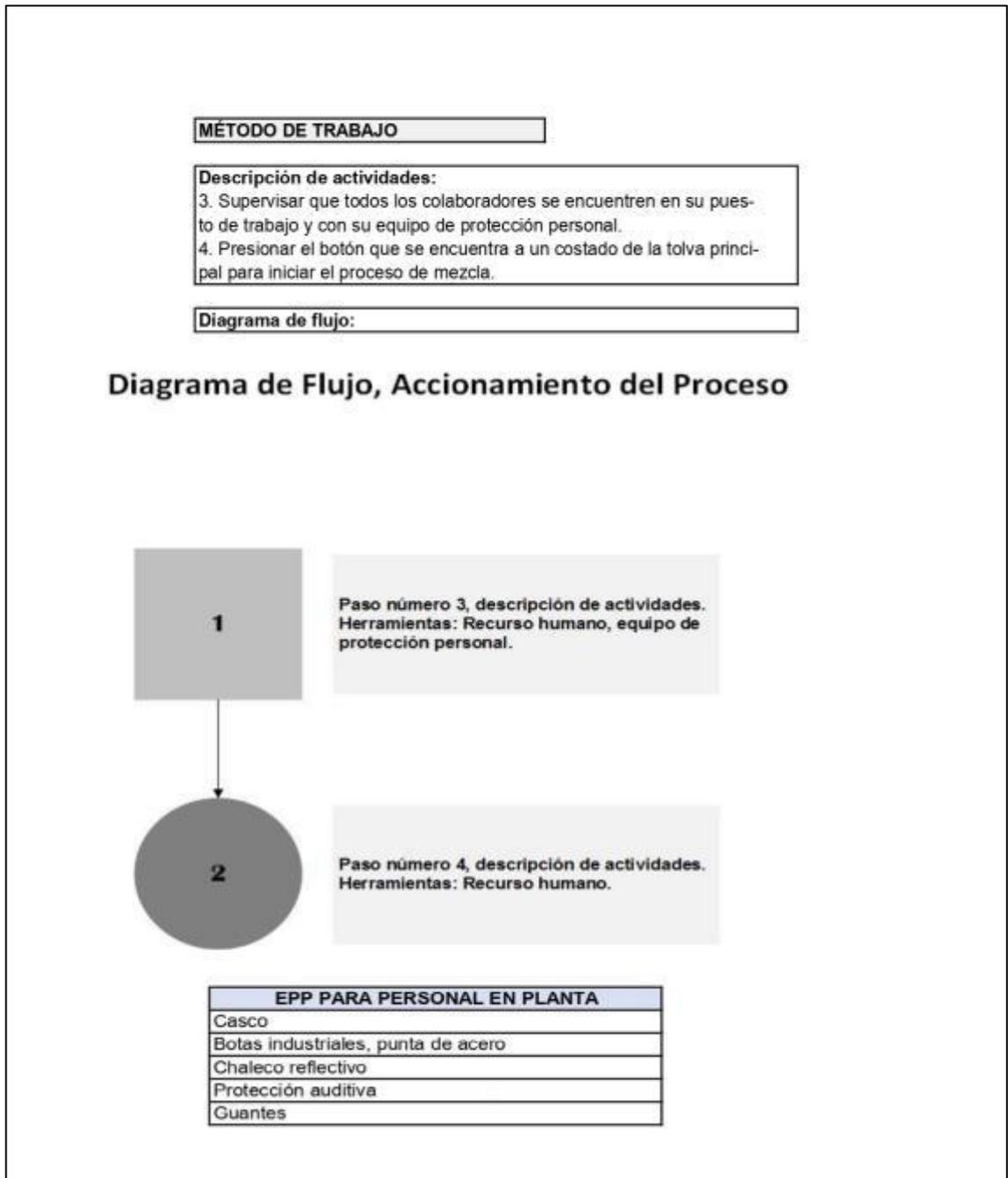
Continuación de la figura 45.



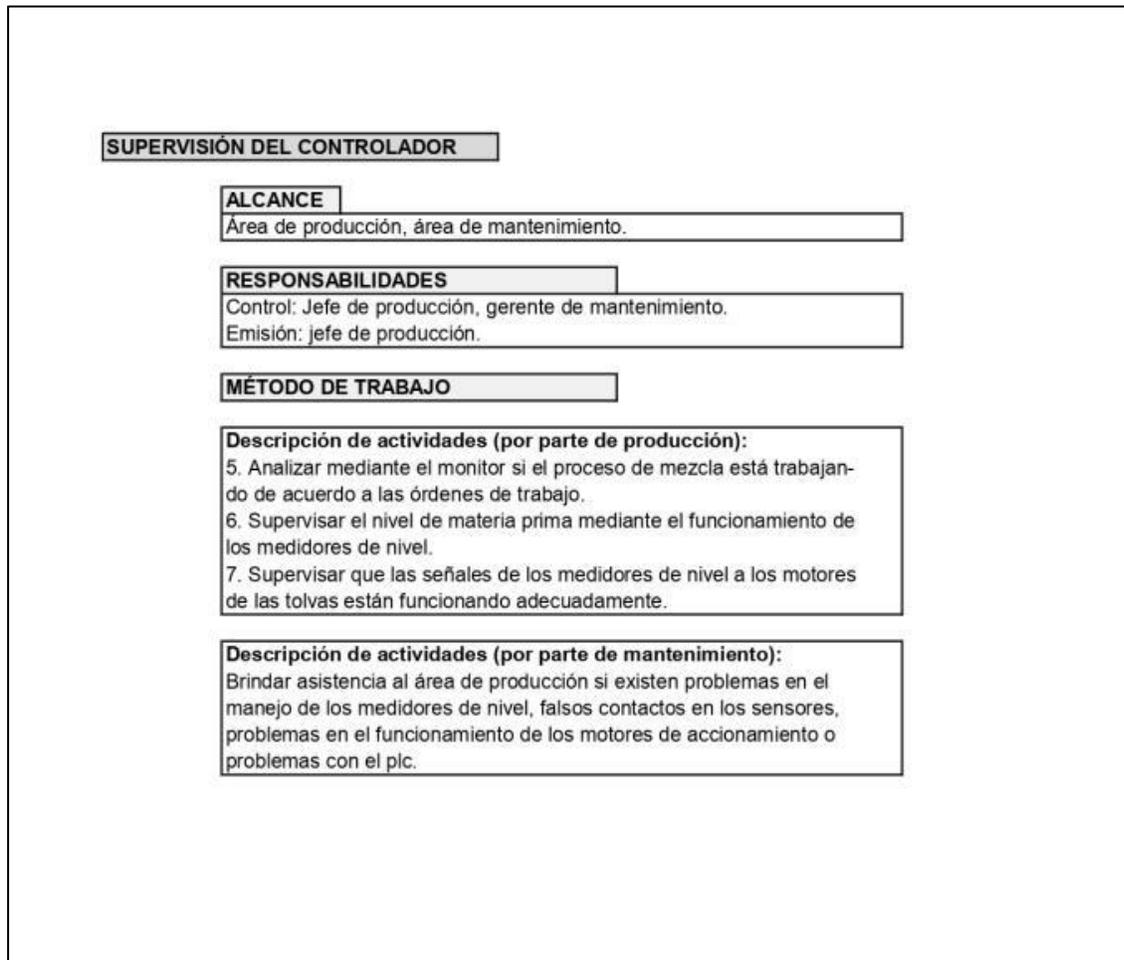
Continuación de la figura 45.



Continuación de la figura 45.



Continuación de la figura 45.



Fuente: elaboración propia.

4.9. Plan de capacitación

El plan de capacitación busca mejorar la productividad de la planta de producción, haciendo que los colaboradores trabajen de forma efectiva y segura. Además, busca reducir los costos de mantenimiento, teniendo un mejor control del equipo por parte del personal.

4.9.1. Detección de necesidades

Dentro de las necesidades de capacitación que tiene el personal, se encuentra el conocer el uso del nuevo equipo instalado dentro de la planta, para el área de producción, y, para el área de mantenimiento, el conocer los componentes del equipo, cómo funciona, cómo y cuándo aplicar el mantenimiento en este.

También se necesitará capacitar al personal de mantenimiento en la correcta aplicación de los programas de mantenimiento establecidos.

Además, para la detección de necesidades adicionales, se desarrollará una encuesta donde se pueda establecer de qué conocimientos carece el personal. Una vez establecidos, estos conocimientos también deberán ser incluidos en el plan de capacitaciones.

4.9.1.1. Encuestas al recurso humano

Esta encuesta está dirigida principalmente al personal que se encuentra en la planta mezcladora, tanto el personal perteneciente al departamento de producción como, el personal del área de mantenimiento. Se busca conocer la fortaleza que ellos tienen en las tareas a las que ellos se dedican, a la aplicación de la salud y seguridad industrial del área y a su relación con la empresa.

Por medio de los resultados de este diagnóstico, se logrará la estructuración y desarrollo del plan de capacitación; buscando solucionar problemáticas pasadas, que se reflejan actualmente y, prevenir problemas a corto y largo plazo.

Figura 46. Encuesta para detección de necesidades de capacitación

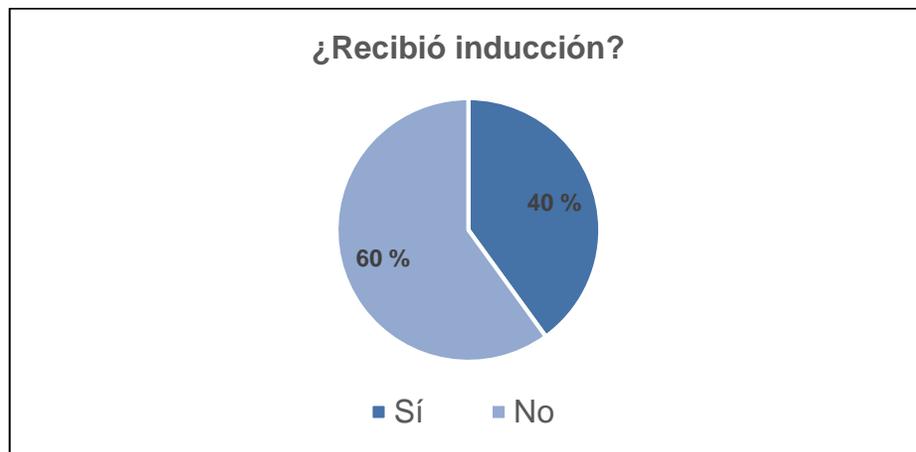
Cuestionario para Detección de Necesidades de Capacitación								
Objetivo: determinar las necesidades de capacitación existentes dentro de la planta de producción, tomando en cuenta los departamentos de producción y mantenimiento.								
Información del Personal								
Nombre: _____	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; background-color: #cccccc;">Sexo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; width: 50%;">Femenino</td> <td style="text-align: center; width: 50%;">Masculino</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"> </td> <td style="height: 20px;"> </td> </tr> </tbody> </table>		Sexo		Femenino	Masculino		
Sexo								
Femenino	Masculino							
Horario de trabajo: _____								
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; background-color: #cccccc;">¿En qué área se desempeña?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; width: 50%;">Producción</td> <td style="text-align: center; width: 50%;">Mantenimiento</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"> </td> <td style="height: 20px;"> </td> </tr> </tbody> </table>			¿En qué área se desempeña?		Producción	Mantenimiento		
¿En qué área se desempeña?								
Producción	Mantenimiento							
Puesto que desempeña: _____								
Información para la Capacitación								
Pregunta	Si	No						
1. ¿Recibió capacitación al momento de ingresar a la empresa?								
2. ¿Cree necesaria la capacitación en su puesto de trabajo? ¿Por qué? _____								
3. ¿Conoce cómo manipular sus herramientas de trabajo?								
4. ¿Conoce cómo realizar los procedimientos que implican su área de trabajo?								
5. ¿Conoce los lineamientos de seguridad dentro de su puesto?								
6. ¿Conoce el plan estratégico de la organización (misión, visión, valores) ?								
7. ¿Estaría dispuesto a recibir capacitación?								
8. ¿Qué conceptos de su puesto desearía reforzar? _____ _____								

Fuente: elaboración propia.

Se realizaron las encuestas a los seis trabajadores de producción y los cuatro de mantenimiento. Esto se realiza con el fin de detectar las necesidades de capacitación dentro de la fábrica. Los resultados que se obtuvieron son los siguientes.

- Resultados de las encuestas
 - ¿Recibió capacitación al momento de ingresar a la empresa?

Figura 47. **Gráfico sobre la inducción del personal**



Fuente: elaboración propia.

- ¿Cree necesaria la capacitación en su puesto de trabajo?

Figura 48. **Gráfico de la opinión sobre la capacitación**



Fuente: elaboración propia.

- ¿Conoce cómo manipular sus herramientas de trabajo?

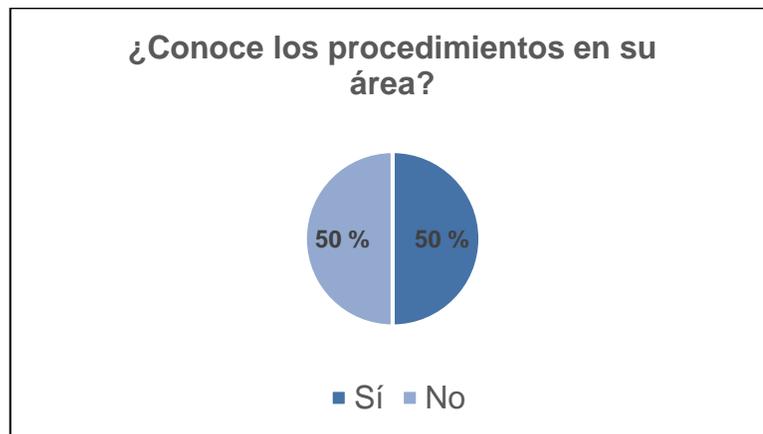
Figura 49. **Gráfico sobre la manipulación de herramientas de trabajo**



Fuente: elaboración propia.

- ¿Conoce cómo realizar los procedimientos que implican su área de trabajo?

Figura 50. **Gráfico sobre el conocimiento de los procedimientos**



Fuente: elaboración propia.

- ¿Conoce los lineamientos de seguridad dentro de su puesto?

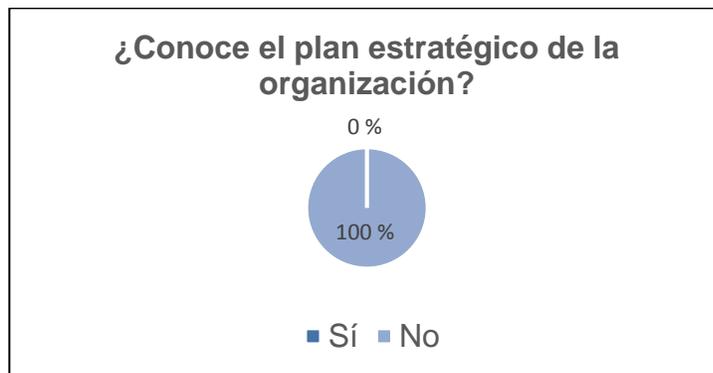
Figura 51. **Gráfico sobre la seguridad en los puestos**



Fuente: elaboración propia.

- ¿Conoce el plan estratégico de la organización (misión, visión, valores)?

Figura 52. **Gráfico sobre el conocimiento del plan estratégico**



Fuente: elaboración propia.

- ¿Estaría dispuesto a recibir capacitación?

Figura 53. **Gráfico sobre la disposición para recibir capacitación**



Fuente: elaboración propia.

- Enfoques

Al pasar la encuesta a los diferentes trabajadores de la fábrica, se puede conocer que la mayoría desean ser capacitados para saber qué procedimientos deben realizar para un adecuado manejo de la maquinaria, cómo conservar su estado y qué medidas de seguridad deben aplicarse dentro de cada área de trabajo.

Selección de temas por capacitar

Mediante las figuras 46 y 47 (página 177) se puede observar que el personal dentro de la planta de mezclado de agente explosivo necesita reforzar sus conocimientos de seguridad. Además, en la correcta realización de los procedimientos que sus puestos de trabajo requieren, van involucrados el protocolo para el arranque y manipulación de la maquinaria, tanto nueva como la existente, y el mantenimiento para conservar su estado inicial.

4.9.2. Elaboración del programa

- Objetivo general

Dotar al personal de conocimientos que permitan mejorar el desarrollo de sus actividades diarias, mediante una serie de capacitaciones.

- Objetivos específicos
 - Implementar nuevos métodos de trabajo para un incremento en la productividad del personal.

- Dar a conocer las medidas de seguridad, con el fin de mitigar accidentes en el área de trabajo.
- Fortalecer la pertenencia del personal a la empresa para garantizar un trabajo mejor realizado.

4.9.2.1. Selección de aspectos por capacitar

- Temas por tratar
 - Manuales de procedimiento, uso adecuado del equipo.
 - Plan de mantenimiento, qué tipos de actividades lo componen y cómo ponerlo en práctica.
 - Salud y seguridad ocupacional, medidas de control para la mitigación de riesgos dentro del área de trabajo.

Tabla XIX. Información básica para la capacitación

Número de trabajadores por capacitar:	10 personas
Tipo de instrucción:	Grupal
Características de los participantes:	
Escolaridad:	Bachillerato
	Técnico en mecánica industrial
	Técnico en electricidad
Experiencia laboral:	Operador en producción
	Mecánico
	Electricista
	Ayudantes

Fuente: elaboración propia.

- Técnicas de instrucción

Básicamente se trabajará con las técnicas interrogativa, expositiva y demostrativa, ya que, se busca explicar al personal cómo llevar a cabo correctamente las actividades y se darán ejemplos de forma práctica para reforzar su conocimiento. Finalmente, se realizarán preguntas para cerciorar que el personal ha comprendido lo explicado y que tienen la capacidad de ponerlo en práctica.

- Recursos didácticos

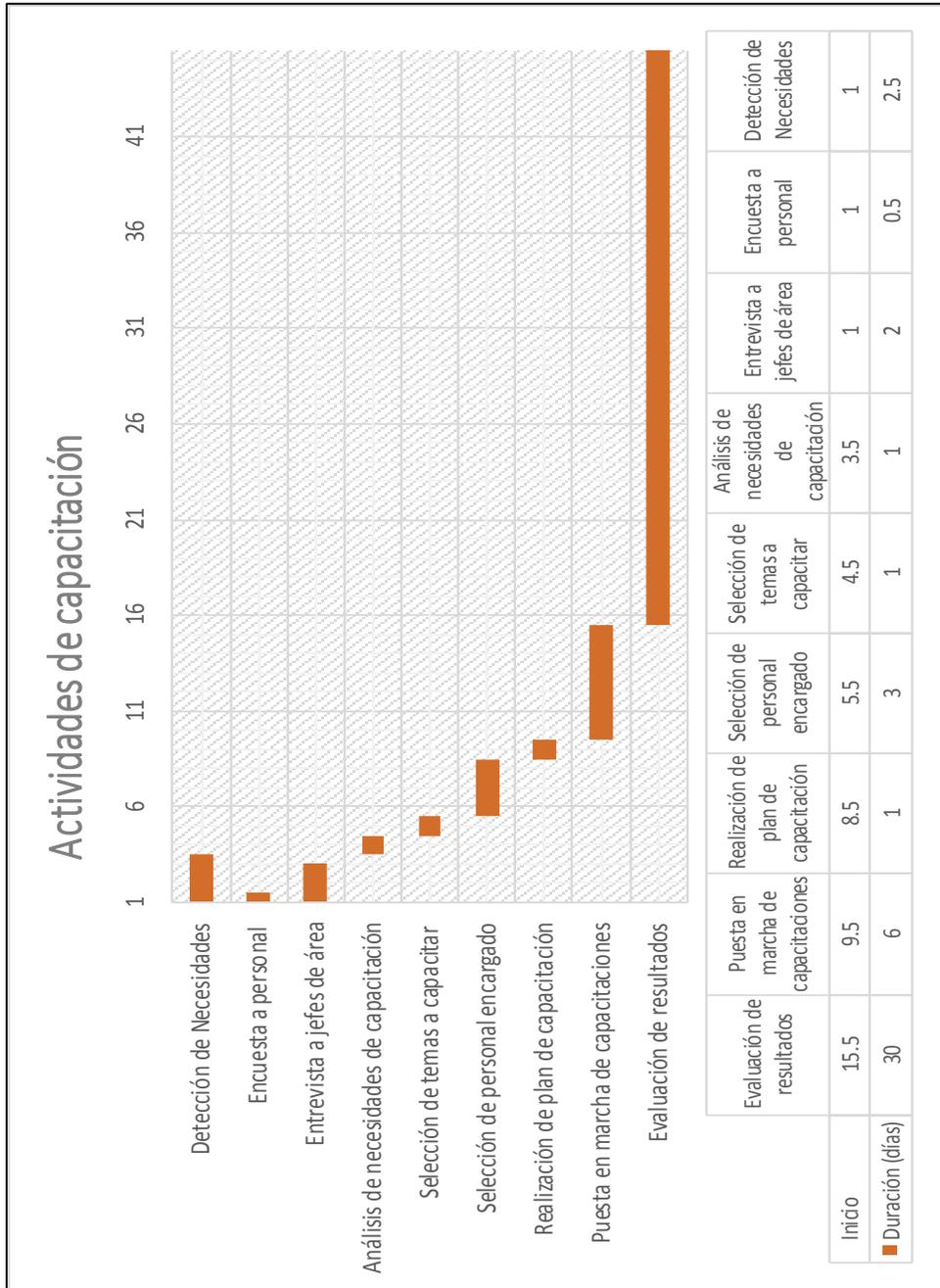
- Recursos visuales: diapositivas y folletos
- Recursos audiovisuales: videos para presentar ejemplos

Se debe trabajar con ambos recursos ya que, la utilización constante únicamente de uno puede provocar cansancio o aburrimiento por parte del personal capacitado.

4.9.2.2. Organización de actividades

Para la organización de actividades de capacitación, se trabajará un diagrama de Gantt que muestre la duración de cada una. Como la producción del agente explosivo, es una producción por pedidos, las actividades de programación pueden ser llevadas a cabo durante los tiempos de ocio.

Figura 54. **Actividades para la capacitación A**



Fuente: elaboración propia.

4.9.2.3. Selección de personal encargado de capacitar

Tomando en cuenta los temas por tratar en las capacitaciones, se deberá seleccionar personal capacitado para impartir cada una de ellas.

- Manuales de procedimiento, uso adecuado del equipo. La empresa tercera con quien se trabaje la instalación del equipo deberá instruir correctamente al personal de mantenimiento. El encargado de la capacitación al personal de producción sobre la utilización del equipo será el jefe de mantenimiento.
- Plan de mantenimiento, qué tipos de actividades lo componen y cómo ponerlo en práctica. El encargado de la capacitación es el gerente de mantenimiento o cualquier personal que esté a cargo de supervisar el mantenimiento de la planta.
- Salud y seguridad ocupacional, medidas de control para la mitigación de riesgos dentro del área de trabajo. Esta capacitación deberá ser impartida por cualquier personal perteneciente al comité de salud y seguridad ocupacional de la empresa, el cual tenga conocimientos en la detección de riesgos laborales, botiquines y primeros auxilios.

Figura 55. **Actividades para la capacitación B**

Capacitación personal de planta	
Objetivo general: dotar al personal de conocimientos que permitan mejorar el desarrollo de sus actividades diarias, mediante una serie de capacitaciones.	
Contenido temático: procedimientos para la operación de los equipos, cómo trabajar bajo un plan de mantenimiento, medidas de seguridad empleadas en los trabajos.	
Dirigido a: jefe de producción, encargado de bodega, operadores en producción, mecánico, electricista y ayudantes.	
Tema: procedimientos para la operación de equipos. (aplica para personal del departamento de producción).	
Objetivo particular	Actividades
Instruir al personal de producción en la correcta interpretación de los manuales de procedimientos y en la utilización de equipos automatizados.	Introducir el manual de procedimientos al personal de producción. Dar a conocer el nuevo equipo instalado en el área de mezcla. Presentar mediante teoría y práctica, cómo utilizar los equipos correctamente. Reforzar el conocimiento del personal respecto a sus áreas de trabajo.
Recursos didácticos	
Diapositivas Material audiovisual Pizarrón	
Objetivo particular	Actividades
Inducir a los colaboradores al plan de mantenimiento preventivo e indicarles cómo darle seguimiento.	Presentar los objetivos y el funcionamiento de un plan de mantenimiento. Determinar qué tipos de actividades involucran un plan. Exponer con qué frecuencia debe realizarse cada una de las actividades. Establecer qué medidas de control se deben utilizar.
Recursos didácticos	
Material impreso Diapositivas Pizarrón	

Continuación de la figura 51.

Tema: salud y seguridad dentro de la planta mezcladora. (Aplica para todo el personal).	
Objetivo particular	Actividades
Mantener un ambiente de trabajo saludable y libre de accidentes.	Presentar las diferentes actividades que representan riesgos dentro de la planta.
Recursos didácticos	De forma audiovisual, presentar ejemplos de los accidentes.
Material impreso Diapositivas Material audiovisual EPP Pizarrón	Exponer las acciones a realizar para mitigar estos riesgos y a qué actividad corresponden.
	Explicar de forma teórica y práctica, el uso correcto del EPP.

Fuente: elaboración propia.

4.9.3. Evaluación de resultados

Mediante la evaluación de resultados, se logrará analizar el rendimiento de las operaciones después de la capacitación y permitirán la mejora de los resultados.

Una forma adecuada de evaluar resultados en la institución es mediante indicadores. Debido a que el enfoque de las capacitaciones será en la mejora del desarrollo de las operaciones y en la reducción de paros por el mantenimiento preventivo, se utilizarán indicadores de producción y de tiempos de paro.

4.9.3.1. Análisis de paros no programados

Para el análisis de la disminución de paros no programados, se utilizará el indicador OEE (*Overall Equipment Effectiveness*). Este indicador permitirá medir la eficacia de la maquinaria.

Aplicando este indicador, se reducirán los tiempos en los que los equipos se encuentran parados, aumenta la calidad del producto e identifica el porqué de las pérdidas de rendimiento del proceso.

Para la medición del OEE, se deben calcular tres factores antes de este. Los tres factores por tomar en cuenta son: la disponibilidad, el rendimiento y la calidad.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{Rendimiento} * \text{Calidad}$$

Estos tres factores que al multiplicarlos permiten obtener el OEE, también son medidos en porcentajes.

- Porcentaje de disponibilidad

Esta se ve afectada por los paros en producción por arranques de máquinas, averías, fallas, falta de material de trabajo, entre otras. El porcentaje de disponibilidad se obtiene mediante la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Tiempo disponible}}$$

- Porcentaje de rendimiento

Este factor se ve afectado por micro paradas y por una producción muy lenta. El porcentaje de rendimiento se obtiene mediante la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad productiva}}$$

- Porcentaje de calidad

En caso del agente explosivo, este factor se ve afectado por sacos con porcentajes fuera de la norma, la cual es un valor establecido por Equipsa que va entre 94,5-4,5 % y 95-5 %, siendo el de mayor cantidad el nitrato de amonio y el de menor proporción el combustible diésel. El porcentaje de calidad se obtiene mediante la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Calidad} = \frac{\text{Piezas buenas}}{\text{Producción real}}$$

La multiplicación de estos tres permitirá establecer el OEE. Por medio de este indicador, no solamente se podrán conocer los resultados en producción, sino también permitirá conocer qué aspecto de la producción no está permitiendo que la producción sea lo suficientemente productiva y eficaz.

5. SEGUIMIENTO O MEJORA

5.1. Estadísticas de producción

En la primera corrida de producción de agente ANFO de la Empresa Equipsa, se obtuvo un total de 28 350 kg en el mes, en el segundo mes de producción se obtuvo un total de 63 025 kg. Mediante la propuesta, se desea incrementar la producción mensual, alcanzando un total de 110 300 kilogramos por mes trabajado.

5.2. Resultados obtenidos

A continuación, se presentan la capacidad de producción real que se tendrá con la nueva tolva y su nivel de eficiencia y eficacia.

5.2.1. Capacidad de producción usada

Por medio de la capacidad usada, se conoce cuánto se logra producir de forma real dentro de las instalaciones. Con la tolva propuesta, se aumentará la capacidad un 83,80 %, convirtiendo la capacidad usada a 110 300 kilogramos de agente explosivo ANFO al mes.

A continuación, se presentan la capacidad de producción usada, la capacidad de producción diseñada y la capacidad de producción efectiva de la planta mezcladora ANFO al momento de la implementación de la propuesta.

- Capacidad de producción usada (kg/mes): 110 300
- Capacidad de producción diseñada (kg/mes): 436 800
- Capacidad de producción efectiva (kg/mes): 371 280

5.2.2. Índice de eficiencia

El índice de eficiencia toma en cuenta el valor de la capacidad real que se tiene en la planta de producción y la capacidad efectiva de la misma.

$$\text{Índice de eficiencia} = \left(\frac{\text{Capacidad usada}}{\text{Capacidad efectiva}} \right) * 100$$

$$\text{Índice de eficiencia} = \left(\frac{110\,300\text{ kg}}{371\,280\text{ kg}} \right) * 100$$

Índice de eficiencia (%): 29,71.

Analizando los datos obtenidos en el capítulo dos (página76), con la introducción de la nueva tolva de alimentación se logra incrementar la eficiencia en un 13,71 %, en comparación de la situación actual.

5.2.3. Índice de eficacia

El índice de eficacia es la razón que existe entre la capacidad usada y la capacidad diseñada.

$$\text{Índice de eficacia} = \left(\frac{\text{Capacidad usada}}{\text{Capacidad diseñada}} \right) * 100$$

$$\text{Índice de eficacia} = \left(\frac{110\ 300\ \text{kg}}{436\ 800\ \text{kg}} \right) * 100$$

Índice de eficacia (%): 25,25.

Comparando los valores obtenidos en el capítulo dos (página 76), la introducción de la nueva tolva de alimentación se logra incrementar la eficacia en un 11,51 %, en comparación de la situación actual.

5.3. Ventajas y beneficios

La introducción de la nueva tolva trae a la institución, tanto ventajas, como beneficios. Donde las ventajas serán enfocadas a la producción y los beneficios al personal.

5.3.1. Ventajas

Las ventajas obtenidas mediante la propuesta son el ahorro de tiempos y el aumento de la capacidad para producir.

5.3.1.1. Ahorro de tiempos

La siguiente tabla presenta la diferencia entre los tiempos de la tolva actual y una proyección de los tiempos con la tolva propuesta.

- Para el tiempo cronometrado (TC), se tomó el tiempo 10 veces y se obtuvo un valor promedio. La cantidad de ciclos por tomar fue establecida mediante el criterio de General Electric.

- Para el tiempo normal (TN), se utilizó la tabla de Westinghouse para conocer el factor de nivelación.

Tabla XX. **Cálculo de tiempo normal**

	Tolva actual		Tolva propuesta	
Habilidad	E1 Aceptable	-0,05 s	E1 Aceptable	-0,05 s
Esfuerzo	C2 Bueno	+0,02 s	C2 Bueno	+0,02 s
Condiciones	C Buenas	+0,02 s	B Excelente	+0,04 s
Consistencia	E Aceptable	-0,02 s	D Regular	0,00 s
Suma aritmética		-0,03 s		0,01 s
FACTOR DE NIVELACIÓN (FN)	1+ suma	0,97 s	1+ suma	1,01 s
TIEMPO NORMAL (TN)	TC*FN	436,5 s	TC*FN	345,4 s

Fuente: elaboración propia.

Para el tiempo estándar (TE), se tomarán en cuenta los suplementos.

Tabla XXI. **Cálculo de tiempo estándar**

Suplemento	Tolva actual	Tolva propuesta
Necesidades personales	0,05 s	0,05 s
Por fatiga	0,04 s	0,04 s
Uso de la fuerza (25kg)	0,13 s	0,13 s
Tedio	0,02 s	0,02 s
Sumatoria	0,24 s	0,24 s
TIEMPO ESTÁNDAR [TN*(1+sumatoria)]	541,26 s	428,30 s

Fuente: elaboración propia.

Para el llenado de la tolva, se considera que en tanto como en la actual, como en la propuesta, se tomará el mismo tiempo.

Tabla XXII. **Tiempo total tolva actual frente a la tolva propuesta**

Actividad	Tolva actual			Tolva propuesta		
	TC (s)	TN (s)	TE (s)	TC (s)	TN (s)	TE (s)
Traslado de NA	450,70	436,50	541,26	342,00	345,40	428,30
Llenado	1	1	1	17	17	22 230,15
	491,60	446,85	794,09	750,04	927,54	
Tiempo total (s)	1	1	2	18	18	22 658,45
	866,70	883,35	335,35	092,04	272,94	
Tiempo final (horas)	(Tt* veces por llenar)	48,65 horas		(Tt* veces por llenar)		39,65 horas

Fuente: elaboración propia.

Con los tiempos calculados, se puede observar que se obtiene un ahorro de 9 horas de trabajo, equivalentes a una jornada y una hora extraordinaria.

5.3.1.2. Aumento de capacidad al producir

Con la implementación de la propuesta de una nueva tolva de alimentación se aumentará la capacidad de almacenaje y alimentación de materia prima. Esto traerá ventajas en el producto terminado ya que, la nueva tolva tendrá la capacidad de dosificar materia prima para hacer 137,7 más sacos que los que se podrían fabricar con la tolva actual, esto quiere decir que la tolva propuesta tiene un 83,80 % más de capacidad de almacenaje en comparación con la tolva existente en el proceso.

Con relación al tanque de alimentación de combustible diésel, la tolva actual cubre un 0,10 % de la capacidad del tanque, es decir que, la tolva debe ser llenada 75 veces para cumplir con la cantidad de diésel contenida. Por otro lado, la tolva propuesta cubre un 15,83 % de la capacidad del tanque de diésel, por lo tanto, debe ser llenada 6,3 veces para cumplir con la cantidad de diésel contenido.

Las 75 veces de llenado implica los costos de transporte de materia prima, recurso humano y el incremento de tiempos en operación.

Tabla XXIII. **Situación actual frente a la situación propuesta**

	Situación actual	Situación propuesta
Cantidad NA por contener	300 kg	3 570 kg
Cantidad de sacos por producir	12,6 sacos	150,3 sacos
Incremento de capacidad actual frente a propuesta (%)		83,80 %
Relación respecto del tanque (%)	0,10 % del tanque	15,83 % del tanque

Fuente: elaboración propia.

5.3.2. Beneficios

Los beneficios que trae la propuesta son el incremento en la seguridad en producción y la mejora de la tecnología de la empresa.

5.3.2.1. Seguridad en producción

Mediante la automatización del equipo, se logrará reducir la interacción que existe entre operario y maquinaria. Los operarios deberán controlar la maquinaria desde el dispositivo controlador, lo cual los mantendrá alejados del proceso eliminando los riesgos de exposición al equipo energizado, a equipo y

herramientas cortopunzantes y a los químicos que contiene la materia prima y producto terminado.

Mediante un análisis de riesgo IPER (identificación de riesgos y evaluación de peligros), se podrá analizar si existe una mejora en cuestión de seguridad, al momento de la implementación de la propuesta.

Figura 56. **Matriz IPER para evaluación de riesgos**

SEVERIDAD		MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS				
Catastrófico	1	1	2	4	7	11
Fatalidad	2	3	5	8	12	16
Permanente	3	6	9	13	17	20
Temporal	4	10	14	18	21	23
Menor	5	15	19	22	24	25
		A	B	C	D	E
		Común	Ha sucedido	Podría suceder	Raro que suceda	Prácticamente imposible que suceda
		FRECUENCIA				

Fuente: *Identificación de peligros, evaluación y control de riesgos.*

<https://es.slideshare.net/BraulioCastilloAnyos/iper-identificacion-de-peligros-evaluacion-y-control-de-riesgos>. Consulta: 20 de mayo de 2019.

- Evaluación de riesgos actuales
 - Exposición a equipo energizado

- Frecuencia (B): ha sucedido, algunas personas expuestas varias veces al día.
- Severidad (4): puede convertirse de una pérdida menor a una pérdida permanente, provocando, en ocasiones, lesiones leves y en otras lesiones permanentes. Se trabajará como temporal.
- Riesgo: 14.
- Nivel de riesgo: medio.

Este riesgo se clasifica como un riesgo medio, es por eso, que se deben empezar a tomar medidas para eliminar o reducir el riesgo.

- Equipo y herramientas cortopunzantes
 - Frecuencia (A): común, muchas personas expuestas varias veces al día.
 - Severidad (4): puede convertirse de una pérdida menor a una pérdida permanente, provocando tanto lesiones leves, como lesiones permanentes.
 - Riesgo: 10.
 - Nivel de riesgo: medio.

Un riesgo medio no debe ser pasado en alto, se deben buscar medidas para mitigarlo.

- Exposición a agentes químicos
 - Frecuencia (A): común, muchas personas expuestas varias veces al día.

- Severidad (5): pérdida menor, lesión que no incapacita a las personas, lesiones leves.
- Riesgo: 15.
- Nivel de riesgo: medio.

Es necesario buscar medidas para eliminar o reducir el riesgo de exposición a agentes químicos.

- Control de riesgos
 - Exposición a equipos energizados
 - Medidas de control
 - Controles de ingeniería: se automatizará el proceso de carga de materia prima para reducir la interacción del personal con el equipo. Se mantendrán los peligros fuera de la zona de contacto del trabajador.
 - Señalizaciones: señales de seguridad y capacitación (trancado y etiquetado de equipo).
 - Equipo de protección personal.
 - Equipos y herramientas cortopunzantes
 - Medidas de control
 - Controles de ingeniería: mediante la automatización, el personal no tendrá la necesidad de trabajar de forma frecuente con estos equipos y herramientas.
 - Señalizaciones: señales de seguridad en los equipos.
 - Equipo de protección personal: guantes y lentes.

- Exposición a agentes químicos
- Medidas de control
 - Controles de ingeniería: reducirán la exposición directa a los químicos ANFO y al diésel.
 - Equipo de protección.
- Evaluación de riesgos con la propuesta
 - Exposición a equipo energizado
 - Frecuencia (C): podría suceder, muchas personas expuestas ocasionalmente.
 - Severidad (4): puede convertirse de una pérdida menor a una pérdida permanente, provocando, en ocasiones, lesiones leves y en otras lesiones permanentes. Se trabajará como temporal.
 - Riesgo: 18.
 - Nivel de riesgo: bajo.

Este riesgo puede ser tolerable.

- Equipo y herramientas cortopunzantes
 - Frecuencia (C): podría suceder, sucede ocasionalmente.
 - Severidad (4): puede convertirse de una pérdida menor a una pérdida permanente, provocando tanto lesiones leves, como lesiones permanentes.
 - Riesgo: 18.
 - Nivel de riesgo: bajo.

Este riesgo puede ser tolerable.

- Exposición a agentes químicos
 - Frecuencia (B): ha sucedido, algunas personas expuestas varias veces al día.
 - Severidad (5): pérdida menor, lesión que no incapacita a las personas, lesiones leves.
 - Riesgo: 19.
 - Nivel de riesgo: bajo.

Este riesgo puede ser tolerable.

Con la implementación de la propuesta, se logrará reducir la probabilidad de que ocurran los accidentes, reduciendo la interacción entre el personal y el equipo.

5.3.2.2. Mejora de la tecnología de la empresa

Con la implementación de nuevos equipos, se actualizará el nivel tecnológico de la planta mezcladora de agente ANFO. Existirá un nuevo sistema para controlar el proceso de carga y mezclado de la materia prima, el cual también contribuirá a la mejora en la productividad del proceso. Obteniendo beneficios como la reducción de tiempos, costos y desperdicios de materia prima o producto terminado.

Dentro de las nuevas tecnologías implementadas está la electricidad y electrónica industrial, sistemas de control computarizado y sensores que miden el nivel.

5.4. Acciones correctivas

Posterior al análisis de la evaluación de resultados, es necesario recalcar cuales actividades deben ser reforzadas en el personal. El fin de seleccionar las actividades es, mejorar la productividad dentro de la empresa tratando de mitigar los puntos débiles.

5.4.1. Plan de capacitación de personal

Para la capacitación se deberá:

- Seleccionar actividades débiles, según la evaluación de resultados.
- Establecer los temas o actividades de capacitación y a quiénes deben ser dirigidas.
- Programar las actividades de capacitación. Determinar el período de tiempo necesario, los materiales didácticos, el personal que dará la capacitación, el personal que recibirá la capacitación, los días en los cuales se impartirán las capacitaciones y la periodicidad.
- Realizar las capacitaciones.
- Realizar evaluaciones posteriores a la capacitación.
- Analizar los resultados dentro de las actividades diarias.
- Detectar puntos débiles y definir medidas correctivas.

5.5. Mejoras a futuro

Para tener una mejora continua en el proceso, existen diferentes opciones para seguir mejorando la eficiencia del proceso y del producto final. Algunas propuestas pueden ser la implementación de colorante en el producto, para darle una presentación e identidad y, la implementación de un compresor que permita agilizar las actividades de ensacado del proceso.

5.5.1. Implementación de colorante para marca del producto

Actualmente, el agente explosivo ANFO, como producto final, tiene un color blanco. Para darle identidad y distinción al producto de Equipisa respecto de la competencia, existe la posibilidad de agregarle colorante a los prills de ANFO.

Para la implementación del colorante en el proceso, este será añadido al tanque que contiene el combustible diésel, rociando al nitrato de amonio en el tornillo elevador con el combustible y el colorante, mezclándolo y obteniendo la presentación final en la tolva de producto terminado.

5.5.2. Compresor de aire para cortadora

En la actualidad, en el área de ensacado, existen operaciones manuales que no han sido eliminadas, una de estas es la actividad de cortar el hilo para desligar el producto terminado con la cosedora automática de sacos.

El proceso de cortar implica la intervención de un operario, por lo cual, incrementan los costos de mano de obra. Además de que deben trabajar con herramientas de corte que pueden llegar a ocasionar un riesgo en los operarios.

Para mejorar el proceso, se propone implementar un compresor de aire que, por medio de circuitos neumáticos, haga funcionar un mecanismo que corte el hilo restante de los sacos sin que sea necesaria la intervención del personal y que reduzca los tiempos de trabajo, elimine los costos de mano de obra en esa actividad y mitigue el riesgo de que los operarios estén expuestos a herramientas de corte.

5.6. Auditorías

Por medio de las auditorías se podrá conocer la situación actual de la empresa, detectar los problemas existentes y establecer posibles soluciones a las cuales debe darse seguimiento para tener una mejora continua en toda la empresa.

5.6.1. Auditorías internas

Mediante las auditorías internas se logrará tener un seguimiento de la gestión de la empresa. Estas auditorías deben ser realizadas por personal de la empresa que tenga la capacidad y los conocimientos. La finalidad de una auditoría interna es conocer lo siguiente:

- Busca conocer si los controles operativos y financieros están siendo aplicados.
- Realiza un control de inventario de todos los bienes pertenecientes a la empresa.
- Detectar irregularidades en los procesos productivos o administrativos de la institución.

Este tipo de actividades llevan a la institución a una mejora continua. La norma ISO 9001, permite a la empresa realizar un sistema de gestión de calidad. Por medio de las auditorías internas, se logrará verificar si se le está dando seguimiento a la mejora continua y, si esta, está dando resultado; permitiendo a la organización actuar en caso de que no sea así, mediante la implementación de medidas correctivas.

El proceso para llevar a cabo una auditoría interna de gestión de calidad se basa en el Círculo de Deming (PDCA). El Círculo de Deming implica que, para llevar a cabo una actividad, es necesario planificarla, hacerla, verificarla y actuar con medidas correctivas.

A continuación, se presentan las actividades por realizar en una auditoría interna:

- Planificación del programa de auditoría

Se debe establecer un calendario de auditorías para que cada colaborador pueda saber cuándo será auditado cada uno de los procesos. Esta calendarización se realiza regularmente cada año fiscal que, en este año, comprende del 1 de enero al 31 de diciembre de cada año.

- Planificación de la auditoría de procesos

Anteriormente se estipularon posibles fechas para la realización de las auditorías. En este paso, se le comunica al encargado de cada uno de los procesos para establecer exactamente cuándo serán realizadas las auditorías.

- Realización de la auditoría

Toda auditoría inicia con una reunión por parte del auditor y el personal encargado de cada proceso. Se debe reunir la información necesaria como lo son, registros previos, entrevistas con el personal de cada área o la observación de los procesos.

Mediante este paso se busca verificar si los procesos están cumpliendo con la calidad establecida y que estén siendo eficaces.

- Informar sobre la auditoría

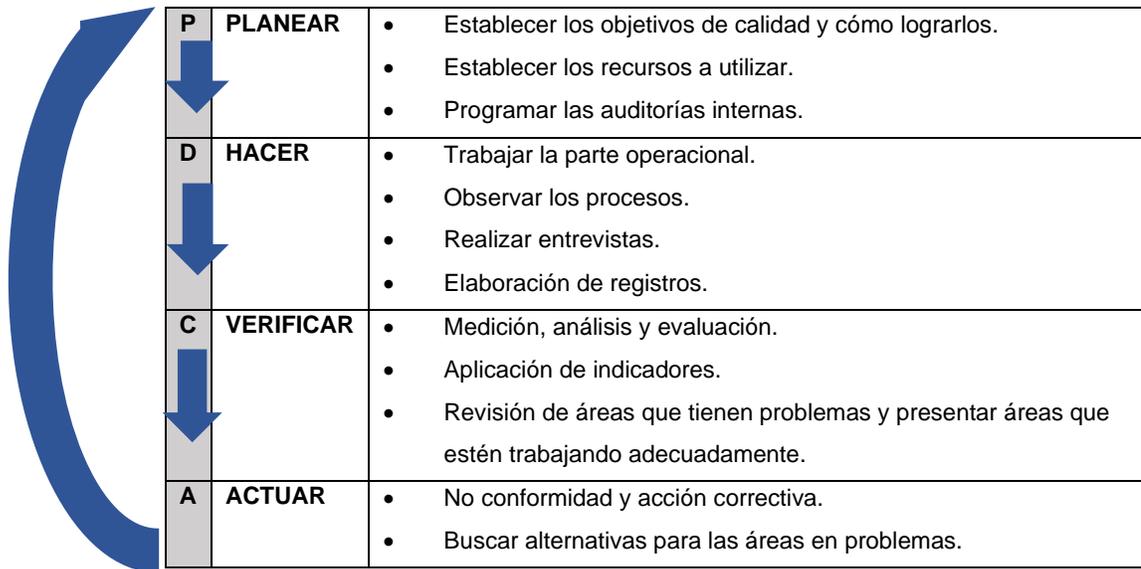
Una vez reunida la información sobre el proceso auditado, es necesario que exista una reunión entre el auditor y el encargado del proceso. En esta reunión se informará al encargado sobre las áreas que tienen problema y que necesitan ser revisadas, también deberán ser presentadas las áreas que están funcionando adecuadamente.

También debe ser realizado un reporte o registro por medio del cual pueda darse seguimiento a las actividades que necesitan mejorar.

- Seguimiento de las mejoras planteadas

Es necesario dar seguimiento a los problemas presentados para tener una mejora continua en cada una de las áreas de la institución.

Figura 57. **Aplicación del Círculo de Deming en auditoría interna**



Fuente: elaboración propia.

5.6.1.1. Aplicación

- Planear
 - Establecer los objetivos de calidad y cómo lograrlos.

Objetivo:

- Disminuir la cantidad de artículos fuera de los estándares de calidad en un 5 %.

- Cómo lograrlo
 - Llevar un control diario del comportamiento de la válvula de paso de combustible diésel, para no exceder la cantidad de combustible fósil en la mezcla del agente explosivo.
 - Tomar muestras del material que se encuentra en el tornillo elevador, para ser analizado con el “ANFO Test Kit” y, realizar mejoras en el área de mezclado para obtener un producto final de calidad.
- Establecer los recursos por utilizar

Recursos por utilizar:

- Recurso humano, un operario encargado de la revisión periódica de la válvula de paso. Inspección visual de la cantidad de diésel que está pasando a través de la válvula. Otro operario encargado de retirar una pequeña cantidad de producto del tornillo elevador y realizar el análisis de calidad.
 - Materiales, “ANFO Test Kit” el cual contiene un químico llamado MERPOL que facilitará el análisis de la calidad del producto.
 - Tecnológicos, un agitador que separe la mezcla del nitrato de amonio y el diésel con la ayuda del químico aplicado.
- Programar las auditorías internas

Frecuencia:

- Las auditorías internas se realizarán cada seis meses, en estas se analizará el registro y documentación de los encargados del análisis de la calidad del producto y si ha existido mejor continua.

5.6.1.2. Hacer

- Trabajar la parte operacional.
 - Selección del recurso humano:
 - Para el análisis de la válvula de paso la persona encargada será el jefe de producción.
 - Para la recolección y análisis del producto en el tornillo del elevador, la persona adecuada será el encargado de bodega.
 - Asignación de actividades
 - El jefe de producción deberá de llevar un registro del comportamiento de la válvula de paso, tomando en cuenta la cantidad de combustible que permite pasar y su estado físico.
 - El encargado de bodega deberá de tener un registro de los porcentajes de nitrato de amonio y de diésel que tiene cada una de las muestras y si esta puede ser aceptada o rechazada.
- Elaborar registros

- Los registros se trabajarán mediante *check lists* y un resumen final de los resultados esperados.

5.6.1.3. Verificar

- Realización de auditoría interna semestral

Cada seis meses, personal interno de la organización con conocimiento en calidad y experiencia previa, deberá dirigirse al área de producción y analizar el ambiente laboral, las medidas de seguridad que están siendo utilizadas y los registros del jefe de producción y el encargado de bodega. Primero, para saber si ellos están realizando su trabajo correctamente y, segundo, para conocer si existen mejoras en la calidad del producto terminado.

- Revisión de indicadores

Los KPI que se utilizarán para verificar si el producto está incrementando su calidad son los siguientes.

- Satisfacción del cliente, se deberán planear varias vías de retroalimentación. En este caso, debido a que la empresa utiliza sus propios productos para brindar diversos servicios, una forma de retroalimentación es verificar la eficiencia de la detonación existente al utilizar los productos. Además, se pueden realizar encuestas a los clientes y analizar la fidelización que el producto está teniendo.
- Competitividad, ya que en Guatemala solo Equipsa y una empresa adicional producen agentes explosivos; se puede analizar si la

calidad del producto ha incrementado, analizando su participación en el mercado.

5.6.1.4. Actuar

- No conformidad y acciones correctivas

Una vez analizados los indicadores y los registros, si no se ha logrado reducir el 5 % de los artículos fuera de control, se deberán plantear nuevas medidas correctivas.

- Realizar un análisis de la precisión de la maquinaria, analizar si la tolva de alimentación está trabajando a su capacidad teórica, ya que la cantidad de kg por hora que esta es capaz de proveer al elevador, hará que los galones de diésel a rociar deban incrementar o disminuir y ahí se encuentre el problema.
- Analizar la precisión de la válvula de paso, ya que esta puede estar brindando mayores o menores cantidades de las que se muestran en los medidores.

5.6.2. Auditorías externas

Una auditoría externa es realizada por una empresa ajena a la institución. Este tipo de auditorías suelen realizarse con menor frecuencia que las internas y se realizan con fines específicos. Estos pueden ser acreditaciones, gestión de la calidad, gestión de la seguridad, buenas prácticas de manufactura, estudios de impacto ambiental, entre otros.

Posterior a la realización de las auditorías internas, se contrata a una empresa que enviará un auditor para realizar la auditoría externa. Este auditor será enviado dependiendo de la intención de la empresa con la auditoría; para ahorro de costos, mayor satisfacción del cliente y una mejor apariencia a nivel empresarial, es recomendable certificar a la institución con la norma ISO 9001:2015.

- Aplicación

Debido a que los explosivos son clasificados como “Especies Estancadas” y dentro de la planta estos están siendo producidos, pueden ser realizadas auditorías por parte del Ministerio de la Defensa Nacional para cerciorarse de que se está teniendo una correcta manipulación.

Se debe tener un registro de cada una de las actividades que se realizan para la obtención de agente explosivo ANFO.

- Se debe registrar la cantidad de materia prima que se compra. Los kilogramos de nitrato de amonio y los galones de diésel que se utilizan para la fabricación.
- Tener disponibles los diagramas de flujo del proceso para que los auditores conozcan cómo se manipulan las materias primas para obtener el agente explosivo.
- Registrar los kilogramos de ANFO que se producen diariamente.
- Cumplir con un lugar apto para el almacenaje del producto terminado, que sea almacenado lejos de materiales o máquinas que puedan actuar como fuente de calor y provocar una explosión inesperada.

- Tener un registro de la puesta a tierra que ha sido realizada para mayor seguridad.

CONCLUSIONES

1. Por medio de la instalación de la tolva propuesta y la implementación de los medidores de nivel en la misma; se logran eliminar 9 horas de trabajo adicionales en relación con la capacidad del tanque de diésel y, adicionalmente, se agiliza el proceso de mezcla; acortando distancias de transporte de materia prima y reduciendo la participación del recurso humano en la carga del nitrato de amonio.
2. La tolva principal que se propone implementar aumenta la capacidad productiva de la línea en un 83,80 %; produciendo 137 sacos más, de los que se podían producir anteriormente.
3. Con la instalación de los medidores de nivel en tolvas de alimentación y de producto terminado y su control automatizado, se reducen los desperdicios, tanto de materia prima como de producto terminado, que existían por mal control en el llenado y vaciado de las tolvas.
4. Automatizando las tolvas y estableciendo un programa controlador del proceso, se deja exponer al recurso humano a los químicos y maquinaria en funcionamiento por períodos muy largos. Además, por medio del plan de capacitación, se obtendrá personal con conocimiento en seguridad industrial y el equipo de protección personal que cada actividad requiere.
5. Con la aplicación de inspecciones generales diarias y de lubricación en la maquinaria, se incrementa la vida útil del equipo, evitando paros no programados. Además, priorizando los repuestos que se tendrán en *stock*,

se logra reducir el tiempo de reparación de la maquinaria, evitando incurrir en costos no deseados.

6. Con un correcto programa de capacitación de personal, se logra aumentar la productividad, la calidad del producto y se añade un sentido de pertenencia a la empresa por parte del recurso humano.
7. La implementación de un sistema de tierras físicas asegura la estabilidad de la maquinaria y el bienestar del personal al momento de ser expuestos ante fenómenos eléctricos.

RECOMENDACIONES

1. Antes de iniciar la instalación de la nueva tolva de alimentación, es sugerible dar a conocer el proyecto al personal de la empresa, tanto dentro como fuera de la planta de producción y, escuchar comentarios y sugerencias.
2. Señalizar dónde será colocada la nueva tolva, así se agiliza el proceso de instalación y se elimina la posibilidad de errores o confusiones por parte del personal.
3. Para la instalación de los medidores de nivel en las tolvas que ya se encuentran instaladas, es aconsejable realizar una limpieza y así, evitar la existencia de prills que puedan afectar la instalación o el posterior funcionamiento.
4. Establecer una lista de empresas o personas que puedan brindar servicios profesionales en las diferentes áreas que se requieren antes y después de la instalación.
5. Definir y colocar caminamientos y señalización cromática dentro de la planta para evitar incidentes y accidentes con los montacargas o la maquinaria.
6. Colocar en una base de datos, todas las inspecciones generales y de lubricación que sean efectuadas, colocando la fecha de realización; para tener un respaldo y conocimiento en caso de una falla no esperada.

7. Establecer un sistema que motive al personal a realizar sus tareas adecuadamente, agregando metas a corto plazo, tableros que muestren gráficamente su desempeño, incentivos para realizar correctamente las actividades y, finalmente, una meta principal.

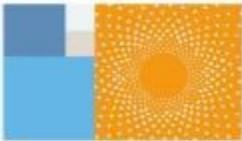
BIBLIOGRAFÍA

1. CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo, Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. 2a. ed. México: Editorial McGraw-Hill. 2010. 180 p.
2. ENDERMAN, Arthur; y SANDOR, George. *Diseño de mecanismos*. 2a. ed. México: Prentice Hall. 1998. 140 p.
3. ESCALANTE, Antonio. *Optimización del proceso productivo a través de un estudio de tiempos y movimientos en una fábrica de tejidos*. Trabajo de graduación, Ing. Mecánica Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 175 p.
4. MEYERS, Fred. *Estudio de tiempos y movimientos, manufactura ágil*. 2a. ed. México: Prentice Hall. 2010. 233 p.
5. OCHOA, Carlos. *Diseño de la investigación de la aplicación de la teoría de las restricciones y su impacto en los índices de productividad en la industria de rotomoldeo en Guatemala*. Trabajo de graduación, Ing. Mecánica Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 122 p.
6. RUBIN MARTÍN, Alberto. Los seis pasos del método científico y sus características. [en línea] <<https://www.lifeder.com/pasos-metodo-cientifico/>> [Consulta: 12 de mayo de 2019].

7. SHIGLEY, Joseph; UIKER J.R., John Joseph. *Teoría de máquinas y mecanismos*. México: Editorial McGraw-Hill. 1990. 138 p.
8. TORRES, Sergio. *Ingeniería de plantas*. 3a ed. México: Imprenta Universitaria, 2010, 130 p.
9. VELÁZQUEZ, Manuel. *Propuesta para la implementación de un sistema de mantenimiento productivo total (TPM) para eficientizar las operaciones del proceso productivo en la línea de producción de bebidas carbonatadas en la fábrica de gaseosas salvavidas, S.A.* Trabajo de graduación, Ing. Mecánica Industrial. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 130 p.

ANEXO

Anexo 1. Ficha técnica nitrato de amonio



UltrAN 80 Tropical

UltrAN 80 Tropical is a porous Ammonium Nitrate with a low density and specific characteristics to best serve the civil explosives industry. It is specially manufactured to better withstand severe climatic conditions such as those encountered in tropical areas.

SPECIFICATIONS / MAIN CHARACTERISTICS

International classification	Ammonium Nitrate Class 5.1. UN Number: 1942
Appearance	Free flowing porous prills
Color	White to pale-yellow
Ammonium Nitrate (NH ₄ NO ₃)	> 99.0 %wt
Total Nitrogen (N)	> 34.5 %wt
pH (in a 10% solution)	4.5 – 6.0
Bulk density, loose, typical	0.80 g/cm ³
Free moisture	< 0.2 %wt
Organic content (expressed as Carbon C)	< 0.2 %wt
Oil absorption	> 6.5 %wt
Particle size distribution	1.0mm < 80-100%wt<2.0mm Larger than 2.0 mm < 20%wt Smaller than 1.0 mm < 3 %wt

Reference: UltrAN 80 Tropical Spec: 20170309

www.yara.com/UltrAN UltrAN™ is a registered trademark of Yara International ASA

Fuente: Equipos y Demoliciones, S.A.

