



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

**MONTAJE E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA CONTADOR-APILADOR  
CON EMBOLSADORA PARA TORTILLAS DE HARINA**

**Jairo Roberto Salazar Corona**

Asesorado por el Ing. Erick Roberto Turcios Estrada

Guatemala, septiembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MONTAJE E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA CONTADOR-APILADOR  
CON EMBOLSADORA PARA TORTILLAS DE HARINA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**JAIRO ROBERTO SALAZAR CORONA**

ASESORADO POR EL ING. ERICK ROBERTO TURCIOS ESTRADA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paíz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Akú Castillo
EXAMINADOR	Ing. Carlos Alex Olivares Ortíz
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

### **MONTAJE E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA CONTADOR-APILADOR CON EMBOLSADORA PARA TORTILLAS DE HARINA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 15 marzo de 2012.



**Jairo Roberto Salazar Corona**

Ingeniero Cesar Urquizú  
Director de Escuela Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Guatemala, 12 de Agosto de 2013

Estimado ingeniero:

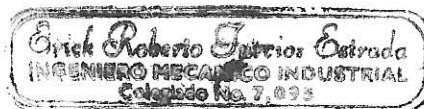
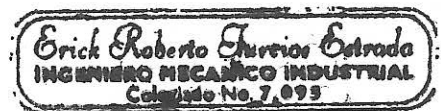
En cumplimiento a la resolución emitida por la dirección de su Escuela, le informo que procedí a asesorar el trabajo de graduación del estudiante: Jairo Roberto Salazar Corona, titulado: **"MONTAJE E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA CONTADOR-APILADOR CON EMBOLSADORA PARA TORTILLAS DE HARINA"**.

Por lo tanto, considero que el trabajo cumple con los requisitos que establece la legislación universitaria, por lo que recomiendo su aprobación e impresión

Sin otro particular me suscribo atentamente,



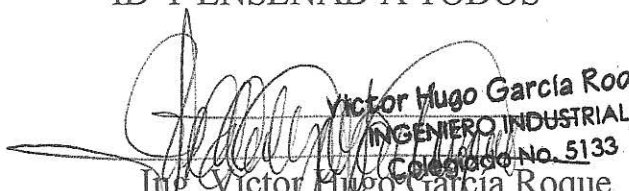
Erick Roberto Turcios Estrada.  
Ingeniero mecánico industrial  
Colegiado No. 7,095





Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MONTAJE E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA CONTADOR-APILADOR CON EMBOLSADORA PARA TORTILLAS DE HARINA**, presentado por el estudiante universitario **Jairo Roberto Salazar Corona**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Victor Hugo Garcia Roque  
INGENIERO INDUSTRIAL  
Colegiado No. 5133  
Ing. Victor Hugo Garcia Roque  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, marzo de 2014.

/mgp



REF.DIR.EMI.183.014

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 **MONTAJE E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA CONTADOR-APILADOR CON EMBOLSADORA PARA TORTILLAS DE HARINA**, presentado por el estudiante universitario **Jairo Roberto Salazar Corona**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

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



Guatemala, septiembre de 2014.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial al trabajo de graduación titulado: **MONTAJE E INSTALACIÓN DE UN SISTEMA CONTADOR-APILADOR CON EMBOLSADORA PARA TORTILLAS DE HARINA**, presentado por el estudiante universitario: **Jairo Roberto Salazar Corona** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, septiembre de 2014



/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Hacedor del universo, fuente inagotable de sabiduría, quien manifestó su alegría, permitiéndome alcanzar metas propuestas, brindándome fortaleza para seguir adelante en los momentos difíciles.
- Mi madre** Armenia Salazar, por su apoyo incondicional, sus consejos, sacrificios y dedicación en estos años de vida y estudio. Por ser la persona que me ha apoyado durante toda la vida en la realización de mis metas. Mi eterna gratitud, que Dios te bendiga siempre. ¡Te amo mamá!
- Mi esposa** Camila Simon, por ser una persona excepcional. Por haberme brindado su apoyo incondicional. Gracias por su paciencia y comprensión.
- Mi hija** Tirzah Sofía Salazar, ángel que envió Dios para llenar de alegría mi vida, siendo lo más grande y valioso que me ha regalado. Y sin duda alguna fuente de inspiración y la razón que me impulsa a salir adelante.
- Mis abuelos** Pablo Salazar, por sus consejos y enseñanzas. María del Pilar Corona (q.e.p.d.) quien desde su lugar de descanso me cuida.

**Mi familia**

Gracias a todos por el apoyo que de alguna manera me brindaron, ya que son parte importante en mi vida. En especial a mi prima Karina Guox (q.e.p.d.)

**Mis compañeros de estudio**

Samuel Ordóñez, Jorge Mejía, Luis González, Miguel Ramírez y Jean Pierre Henri, por su valiosa amistad y cooperación.

**Mis amigos y amigas**

Por los buenos momentos y las grandes experiencias vividas en cada etapa de estudiante y de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por el apoyo y la formación académica en estos años de estudio, infinitos agradecimientos a la Facultad de Ingeniería y a la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.
<b>Bimbo de Guatemala</b>	Por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación.
<b>Ing. Nelson Utzen</b>	Por transmitir sus conocimientos, experiencias profesionales, buena actitud y ayuda durante la investigación en el Departamento de Mantenimiento de Bimbo de Guatemala S. A.
<b>Ing. Erick Turcios</b>	Por su aporte y dedicación en la asesoría para la elaboración de este trabajo.
<b>Mis compañeros de estudio</b>	Por su apoyo y palabras de aliento en los momentos difíciles a lo largo de la carrera; porque me han permitido crecer como persona.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XV
GLOSARIO .....	XVII
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN .....	XXV
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Empresa .....	1
1.1.1. Descripción de la empresa.....	1
1.1.1.1. Tipo de empresa .....	2
1.1.1.2. Ubicación .....	3
1.1.1.3. Misión .....	4
1.1.1.4. Visión .....	4
1.1.1.5. Valores.....	4
1.1.2. Estructura organizacional.....	5
1.1.2.1. Organigrama de mantenimiento.....	5
1.1.2.2. Organigrama de producción.....	6
1.1.3. Tipo de producto .....	7
1.1.3.1. Descripción general del producto.....	7
1.2. Definiciones y conceptos .....	8
1.2.1. Contador – apilador .....	8
1.2.1.1. Definición .....	8
1.2.1.2. Funcionamiento .....	8
1.2.1.2.1. Equipo principal .....	9

	1.2.1.2.2.	Equipo secundario.....	13
1.2.2.		Embolsadora .....	14
	1.2.2.1.	Definición.....	14
	1.2.2.2.	Funcionamiento .....	14
	1.2.2.2.1.	Equipo principal.....	16
	1.2.2.2.2.	Equipo secundario.....	17
1.2.3.		Mantenimiento .....	17
	1.2.3.1.	Definición.....	17
	1.2.3.2.	Tipos de mantenimiento .....	18
	1.2.3.2.1.	Preventivo .....	18
	1.2.3.2.2.	Correctivo .....	18
	1.2.3.2.3.	Predictivo.....	19
	1.2.3.2.4.	Proactivo .....	19
	1.2.3.2.5.	Productivo total (TPM).....	19
	1.2.3.3.	Rutinas de mantenimiento .....	20
	1.2.3.3.1.	Inspecciones .....	20
	1.2.3.3.2.	Visitas.....	21
	1.2.3.3.3.	Revisiones.....	21
1.2.4.		Definición del problema .....	21
	1.2.4.1.	Antecedentes.....	21
	1.2.4.2.	Planteamiento del problema .....	22
	1.2.4.2.1.	Situación actual .....	22
	1.2.4.2.2.	Origen del problema de investigación.....	23
	1.2.4.2.3.	Especificaciones del problema de investigación.....	23
	1.2.4.2.4.	Posibles causas .....	23
	1.2.4.3.	Ejes centrales de la investigación.....	24

	1.2.4.3.1.	Aumento del ritmo de producción .....	24
	1.2.4.3.2.	Disminución de costos .....	24
	1.2.4.4.	Justificación de la investigación del problema.....	25
2.	DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN.....		27
2.1.	Metodología para la investigación .....		27
	2.1.1.	Estudios académicos aplicados en la investigación operativa .....	27
2.2.	Diagnóstico de la planta.....		28
	2.2.1.	Descripción general de la planta.....	28
	2.2.1.1.	Plano general de la planta .....	30
2.3.	Evaluación de la línea de tortillas .....		32
	2.3.1.	Descripción general de los equipos y del proceso .....	32
	2.3.1.1.	Maquinado .....	41
	2.3.1.2.	Formado de la tortilla .....	42
	2.3.1.3.	Embolsado y sellado.....	43
	2.3.2.	Características del producto .....	44
	2.3.3.	Materias primas utilizadas para la producción .....	44
	2.3.4.	Diagramas de proceso de la línea .....	45
	2.3.4.1.	Diagrama de operación.....	45
	2.3.4.2.	Diagrama de flujo.....	48
	2.3.4.3.	Diagrama de recorrido .....	51
	2.3.5.	Indicadores de producción actual .....	52
	2.3.5.1.	Balance de línea de producción.....	52
	2.3.5.2.	Ritmo de embolsado .....	56
2.4.	Evaluación y estudio de la línea de tortillas .....		57
	2.4.1.	Verificación de procesos en la línea de tortillas .....	57

2.4.1.1.	Área de conteo y envoltura.....	57
2.4.1.1.1.	Número de operarios.....	57
2.4.2.	Verificación de condiciones del proceso de los diferentes tamaños del producto .....	58
2.4.3.	Análisis de operaciones actuales .....	58
2.4.3.1.	Estudio de movimientos.....	59
2.4.3.1.1.	Diagrama de proceso bimanual.....	59
2.4.3.2.	Ergonomía .....	59
3.	PROPUESTA, MODELO A IMPLANTAR.....	61
3.1.	Formulación de la propuesta .....	61
3.1.1.	Variables de investigación .....	61
3.1.1.1.	Variables independientes .....	62
3.1.1.2.	Variables dependientes .....	62
3.2.	Actividades a realizar antes de la instalación .....	62
3.2.1.	Cronograma de actividades para la realización del proyecto.....	63
3.2.2.	Ubicación del equipo .....	63
3.2.2.1.	Desarrollo de los planos de instalación del sistema .....	64
3.2.2.1.1.	Área de instalación del sistema .....	64
3.2.2.1.2.	Planos de ubicación del sistema .....	66
3.2.2.1.3.	Puntos de referencia entre equipos.....	66
3.3.	Instalación de la máquina contador-apilador .....	67

3.3.1.	Herramienta y equipos utilizados para la instalación del sistema .....	67
3.3.2.	Transporte del equipo .....	68
3.3.3.	Pernos de anclaje .....	69
3.3.4.	Placas de anclaje.....	70
3.3.5.	Instalación de las líneas de suministro y servicio.....	71
3.3.5.1.	Líneas para el sistema eléctrico.....	71
3.3.5.1.1.	Diagrama de fuerza y control.....	71
3.3.5.2.	Líneas para el sistema neumático .....	72
3.3.5.2.1.	Diagrama para el sistema neumático.....	73
3.4.	Instalación de la máquina embolsadora.....	73
3.4.1.	Herramientas y equipos utilizados para la instalación del sistema .....	74
3.4.2.	Transporte del equipo .....	74
3.4.3.	Pernos de anclaje .....	74
3.4.4.	Placas de anclaje.....	75
3.4.5.	Instalación de las líneas de suministro y servicio.....	75
3.4.5.1.	Líneas para el sistema eléctrico.....	76
3.4.5.1.1.	Diagrama de fuerza y control.....	76
3.4.5.2.	Líneas para el sistema neumático .....	77
3.4.5.2.1.	Diagrama para el sistema neumático.....	77
3.5.	Costos del proyecto .....	78
3.5.1.	Análisis financiero .....	78
3.5.1.1.	Relación beneficio/costo .....	78



3.5.1.2.	Cálculo del tiempo de recuperación de inversión en años.....	80
3.5.1.3.	Tasa Interna de Retorno.....	81
3.5.1.4.	Costos de instalación .....	82
3.5.1.4.1.	Desmontaje del equipo actual.....	83
3.5.1.4.2.	Montaje del equipo nuevo.....	83
3.5.2.	Costos de equipos y materiales.....	83
3.5.2.1.	Equipos.....	84
3.5.2.1.1.	Contador-apilador.....	84
3.5.2.1.2.	Embolsadora .....	85
3.5.2.2.	Materiales .....	85
3.5.2.2.1.	Lubricantes.....	86
3.5.2.2.2.	Energía eléctrica .....	86
4.	IMPLEMENTACIÓN Y MODIFICACIÓN .....	89
4.1.	Descripción de la propuesta .....	89
4.2.	Pruebas antes de arrancar el equipo.....	89
4.2.1.	Ajustes para punto de inicio del equipo .....	91
4.2.1.1.	Tipo de producto.....	93
4.2.1.2.	Ritmo de conteo del producto.....	94
4.2.1.3.	Ritmo de embolsado.....	94
4.2.1.4.	Tamaño del producto.....	95
4.2.1.5.	Número de operarios .....	96
4.2.2.	Comprobación de funcionamiento .....	98
4.2.2.1.	Sensores de movimiento .....	98
4.2.3.	Líneas de suministro eléctrico .....	99
4.2.3.1.	Ajustes.....	99

	4.2.3.1.1.	Lectura de voltaje fuerza (440 voltios) .....	100
	4.2.3.1.2.	Lectura de voltaje de control (120 voltios) .....	100
	4.2.3.1.3.	Lectura de voltaje regulado (24 voltios) .....	100
	4.2.4.	Líneas de suministro de aire comprimido .....	101
	4.2.4.1.	Verificación de la presión del sistema comprimido.....	101
4.3.		Diagramas de procesos mejorados .....	101
	4.3.1.	Diagrama de proceso.....	102
	4.3.2.	Diagrama de flujo.....	104
	4.3.3.	Diagrama de recorrido .....	107
	4.3.4.	Diagrama de proceso bimanual .....	108
5.		SEGUIMIENTO, MEJORA CONTINUA.....	109
	5.1.	Trabajo de campo.....	109
	5.1.1.	Hallazgos .....	109
	5.2.	Plan de mantenimiento preventivo.....	109
	5.2.1.	Descripción de las tareas de mantenimiento .....	110
	5.2.2.	Rutinas de mantenimiento semanales .....	111
	5.2.3.	Rutinas de mantenimiento anual.....	113
	5.2.3.1.	Tareas de mantenimiento preventivo .....	114
	5.2.3.2.	Tareas de lubricación.....	114
	5.2.4.	Costos de mantenimiento .....	116
	5.2.4.1.	Repuestos.....	116
	5.2.4.2.	Servicios externos.....	117
5.3.		Índices de mejora .....	117

5.3.1.	Eficiencia de la máquina según la OEE.....	117
5.3.2.	Eficiencia de la línea.....	119
5.3.3.	Aumento de volumen de producción .....	120
5.3.4.	Reducción de paros no programados.....	121
5.4.	Control de calidad del proceso de producción de tortillas de harina .....	122
5.4.1.	Dimensiones y especificaciones de producción .....	122
5.4.1.1.	Diámetro establecido.....	122
5.4.1.2.	Grosor del producto terminado.....	123
5.4.1.3.	Temperatura.....	123
5.4.2.	Empaque del producto terminado.....	123
5.4.2.1.	Hermeticidad .....	123
5.4.2.2.	Código de barras .....	124
5.4.2.3.	Código de producción.....	124
5.4.3.	Seguridad e higiene industrial .....	124
5.4.3.1.	Política de seguridad de la empresa .....	125
5.4.3.1.1.	Programa de capacitación para el personal.....	125
5.4.3.1.2.	Equipo de seguridad.....	126
5.4.3.1.3.	Prevención de accidentes .....	127
5.4.4.	Higiene en la elaboración del producto.....	128
5.4.4.1.	Uniformes .....	128
5.4.4.2.	Reglas para ingresar a la planta de producción.....	128
5.4.4.3.	Acciones a realizar antes de ingresar a la planta .....	129

5.4.5.	Análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) .....	131
5.4.5.1.	Generalidades.....	132
5.4.5.2.	Prerrequisitos de sanidad .....	132
5.4.5.3.	Programas de limpieza .....	133
5.4.5.4.	Los 7 principios del HACCP .....	134
6.	MEDIO AMBIENTE .....	137
6.1.	Responsabilidad con el medio ambiente .....	137
6.2.	Plan de prevención y mitigación de impactos ambientales.....	137
6.2.1.	Manejo de residuos.....	138
6.2.1.1.	Sólidos .....	139
6.2.1.2.	Reciclables.....	139
6.2.2.	Manejo de insumos.....	139
6.2.2.1.	Producción.....	140
6.2.2.2.	Bodegas y almacenamiento.....	140
6.2.3.	Medidas de reciclaje y reutilización.....	141
6.2.4.	Reducción de costos en la utilización de lubricantes.....	141
6.2.5.	Reducción de ruido .....	142
6.2.6.	Ahorro de consumo de agua potable .....	142
6.2.7.	Educación y capacitación ambiental .....	143
6.2.8.	Plan de monitoreo ambiental .....	143
	CONCLUSIONES .....	145
	RECOMENDACIONES .....	147
	BIBLIOGRAFÍA.....	149



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación de la planta .....	3
2.	Organigrama de mantenimiento .....	6
3.	Organigrama de producción .....	7
4.	Válvula solenoide automática.....	10
5.	Unidad principal de preparación neumática .....	11
6.	Tablero eléctrico.....	12
7.	Transportador de enfriamiento .....	13
8.	Especificaciones de bolsas a utilizar .....	15
9.	Motor reductor .....	16
10.	Plano de la planta .....	31
11.	Tolva de agua .....	32
12.	Tolva de harina .....	33
13.	Mezcladora de masas .....	34
14.	Bomba de masas .....	34
15.	Divisora .....	35
16.	Banda de boleó .....	36
17.	Fermentador.....	36
18.	Sistema preplanchado.....	37
19.	Prensa.....	38
20.	Comal tipo Lawrence.....	38
21.	Enfriador.....	39
22.	Sellador y codificador .....	40
23.	Detector de metales .....	40

24.	Diagrama de operación actual .....	46
25.	Diagrama de flujo actual .....	48
26.	Diagrama de recorrido actual.....	51
27.	Número de operarios actuales.....	58
28.	Diagrama de proceso bimanual .....	60
29.	Cronograma de actividades .....	63
30.	Plano del área de instalación del sistema.....	65
31.	Plano de área para instalar el sistema.....	66
32.	Puntos de referencia entre equipos .....	67
33.	Transporte del contador-apilador.....	68
34.	Pernos de anclaje .....	69
35.	Placas de anclaje.....	70
36.	Diagrama fuerza y control contador-apilador .....	72
37.	Diagrama sistema neumático de contador-apilador.....	73
38.	Placas de anclaje de embolsadora .....	75
39.	Diagrama fuerza y control embolsadora .....	76
40.	Diagrama del sistema neumático embolsadora .....	77
41.	Panel de control sistema contador-apilador con embolsadora .....	91
42.	Banda transportadora .....	92
43.	Pantalla de ajustes iniciales.....	92
44.	Pantalla para configurar recetas .....	93
45.	Pantalla de ritmo de conteo de tortillas .....	94
46.	Copa para tortilla chica .....	96
47.	Número de operarios con el montaje e instalación del sistema .....	97
48.	Sensor de movimiento .....	99
49.	Diagrama de proceso mejorado.....	102
50.	Diagrama de flujo mejorado .....	104
51.	Diagrama de recorrido mejorado .....	107
52.	Comparativo del aumento de producción .....	121

53.	Grosor tortilla chica .....	123
54.	Reglas para el ingreso a planta de producción .....	129
55.	Limpiasuelas .....	130
56.	Rodillo atrapa cabello.....	130
57.	Lavado de manos.....	131

## TABLAS

I.	Tortillas producidas en línea de tortillas .....	30
II.	Materia prima para elaboración de tortillas de harina .....	45
III.	Tiempo estándar de operación por estación de trabajo .....	53
IV.	Número de operarios teóricos y reales.....	54
V.	Resultados de la estación de trabajo más lenta .....	55
VI.	Ritmo de embolsado .....	56
VII.	Flujo de efectivo del proyecto.....	79
VIII.	Cálculo de la relación beneficio / costo .....	79
IX.	Cálculo del tiempo de recuperación de la inversión .....	81
X.	Flujo de efectivo para el cálculo de la TIR.....	82
XI.	Costo del equipo y accesorios de contador-apilador.....	84
XII.	Costo del equipo y accesorios de embolsadora .....	85
XIII.	Costo de lubricantes.....	86
XIV.	Costo de energía eléctrica .....	87
XV.	Ritmo de embolsado mejorado .....	95
XVI.	Disminución de mano de obra.....	98
XVII.	Formato para realizar mantenimiento preventivo diario .....	111
XVIII.	Formato para realizar mantenimiento preventivo semanal.....	112
XIX.	Formato para realizar mantenimiento preventivo anual .....	113
XX.	Formato para control de lubricación .....	115



XXI. Costo de repuestos del sistema contador-apilador con embolsadora .....116

XXII. Rangos de eficiencia de la OEE .....119

XXIII. Aumento del volumen de producción.....120

XXIV. Reducción paros de mantenimiento.....122

XXV. Equipo de seguridad personal .....126

XXVI. Medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales .....138

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>hp</b>	Caballos de fuerza
<b>\$</b>	Dólar
<b>°C</b>	Grados centígrados
<b>Km.</b>	Kilómetro
<b>Kw</b>	Kilowatts
<b>Psi</b>	Libra fuerza por pulgada cuadrada
<b>%</b>	Porcentaje
<b>“</b>	Pulgadas
<b>Rpm</b>	Revoluciones por minuto
<b>Seg.</b>	Segundos



## **GLOSARIO**

<b>Artesa</b>	Depósito utilizado para amasar mezclas.
<b>BASC</b>	Alianza empresarial para comercio seguro.
<b>Birlo</b>	Tornillo que tiene rosca en ambos extremos de su cuerpo.
<b>Cofia</b>	Prenda con que se cubre la cabeza.
<b>Conservantes</b>	Sustancia utilizada como aditivo alimentario, que añadida a los alimentos detiene o minimiza el deterioro causado por la presencia de diferentes tipos de microorganismos.
<b><i>Empowerment</i></b>	Forma de capacitar o proporcionar a una persona los elementos necesarios para atender y resolver las situaciones de negocio que se planteen a su nivel dentro de la empresa.
<b>Eslabones</b>	Cada uno de los anillos o elementos que forman una cadena.

<b>Fermentador</b>	Equipo utilizado para el proceso químico por el que se forman los alcoholes y ácidos orgánicos a partir de los azúcares por medio de los fermentos.
<b>Fotoeléctricos</b>	Dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz.
<b>HACCP</b>	Análisis de peligros y puntos críticos de control.
<b>Homogénea</b>	Elemento de composición uniforme en toda su superficie o estructura.
<b>Inocuidad</b>	Todo alimento libre de peligros químicos, físicos o microbiológicos para la salud humana.
<b>ISO</b>	Organización Internacional de Normalización.
<b>Mandil</b>	Prenda protectora externa que cubre sobre todo el frente del cuerpo.
<b>Neumática</b>	Es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos.
<b>NO</b>	Número de operarios.

<b>OEE</b>	Eficiencia Global de los Medios de Producción.
<b>PCC</b>	Puntos críticos de control.
<b>PLC</b>	Controlador lógico programable.
<b>Reglaje</b>	Ajuste de los empujadores de las válvulas que con el tiempo tienen holgura.
<b>Sensores</b>	Dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.
<b>Tolva</b>	Dispositivo similar a un embudo de gran tamaño destinado al depósito y canalización de materiales.



## RESUMEN

El presente trabajo consiste en una descripción general sobre el montaje e instalación del sistema contador-apilador con embolsadora para tortillas de harina. Se detalla el proceso de elaboración de tortillas en la línea de producción, así como la funcionalidad y las distintas ventajas que ofrece al instalar este tipo de maquinaria como: la optimización del proceso mediante el aumento de producción, la reducción de mano de obra y la eficiencia del sistema. Esto se demuestra con el estudio comparativo donde se tomaron datos actuales de producción y datos posteriores al realizar el montaje e instalación del sistema.

Se describe la planificación para realizar el montaje e instalación, planos del área a utilizar, el análisis financiero para la realización del proyecto, seguridad e higiene industrial para la elaboración del producto, así como la descripción de la importancia de tener el sistema en la planta alimenticia, debido al aseguramiento que ofrece para estandarizar los procesos y garantizar la calidad de los productos.

Para la reducción de fallas y paros no programados en la línea de producción se realizó una propuesta de mantenimiento preventivo, en el cual se detalla la frecuencia para realizar las tareas de mantenimiento y lubricación, con el fin de asegurar el buen funcionamiento y eficiencia del sistema.

Se describe la responsabilidad con el medio ambiente de la empresa productiva panificadora y los esfuerzos ambientales que se realizan.





## **OBJETIVOS**

### **General**

Realizar el montaje e instalación de un sistema contador-apilador con embolsadora para tortillas de harina.

### **Específicos**

1. Evaluar la situación actual de la línea de tortillas en la planta.
2. Aumentar el ritmo de producción de la línea de tortillas en un mínimo del 25 % del ritmo actual de producción.
3. Reducir costos mano de obra en el área de empaque en un 75 % por medio de un sistema automático de empaque.
4. Evaluar y satisfacer los detalles técnicos requeridos a tomarse en cuenta para el montaje e instalación del sistema contador-apilador con embolsadora.
5. Realizar un plan de mantenimiento preventivo para el nuevo sistema instalado en la planta.
6. Capacitar al personal de producción y mantenimiento sobre el arranque y funcionamiento del equipo instalado.



## INTRODUCCIÓN

La empresa productiva panificadora es una de las industrias de mayor prestigio y de alto nivel de producción, la cual cuenta con plantas ubicadas en México, Estados Unidos, Centroamérica, Sudamérica y Asia. Por lo cual es de suma importancia la optimización de los procesos en las máquinas y líneas de producción de los distintos productos que elabora, para tener un mejor control de calidad de los productos.

La modernización, los altos costos de los recortes de producción, el personal operativo sin trabajar, defectos en el producto terminado a causa de la falta de experiencia de parte del operario, provocan atrasos de las actividades; los cuales muchas veces ocasionan más tiempo de trabajo de parte del personal operativo, como también el aumento de costos de producción que no son considerados o planificados.

Con el montaje e instalación del sistema contador-apilador con embolsadora en la línea de tortillas, se pretende crear una línea eficiente de procesos mediante la eliminación de cuello de botella existente, minimizando los costos de producción, puesto que solamente habrá operarios verificando el producto terminado, el aumento del ritmo de producción, al introducir una línea de tortillas moderna y segura en la planta panificadora.

Se detallará el entorno de las actividades de producción de tortillas dentro de la planta, como también los pasos a realizar para la instalación y montaje de los equipos industriales mencionados; igualmente el compromiso con el medio ambiente al tener un plan de prevención y mitigación de impacto ambiental

considerando el control de ruido para preservar la salud de las personas que laboran alrededor de estos, el manejo de los residuos e insumos, las medidas de reciclaje y reutilización de los mismos.

# **1. ANTECEDENTES GENERALES**

## **1.1. Empresa**

Fundada en México en 1945, la empresa productiva panificadora es hoy en día una de las empresas de panificación más importante del mundo por posicionamiento de marca, por volumen de producción y ventas, además de ser líder indiscutible de su ramo en México y Latinoamérica. La distribución de sus productos, elaborados en sus 100 plantas, 5 asociadas y 2 comercializadoras ubicadas en México, Estados Unidos, Centro y Sudamérica y Asia, cubre más de 1 800 000 puntos de venta en el mundo.

A través de sus principales subsidiarias, elabora, distribuye y comercializa cerca de 7 000 productos, entre los que destacan una gran variedad de pan empacado, pastelería de tipo casero, galletas, dulces, chocolates, botanas dulces y saladas, tortillas empacadas de maíz y de harina de trigo, tostadas, y cajeta (dulce de leche).

### **1.1.1. Descripción de la empresa**

La empresa productiva panificadora ha hecho importantes inversiones a través del establecimiento de plantas productivas, asociaciones estratégicas y la adquisición de empresas del sector que le permiten su consolidación operativa. Así, entre sus adquisiciones se encuentran: en China, Pan Rico Beijing; en Guatemala, Pan Europa; en Uruguay, Los Sorchantes; en Chile, Lagos del Sur; en México, Pastelerías El Globo, La Corona y Joyco de México.

Las operaciones de panificación de Lalo, en Colombia; George Weston, LTD, en la región oeste de los Estados Unidos ("Oroweat"), y el 100 % del capital de una de las empresas panificadoras más grandes e importantes en Brasil (Plus Vita, LTDA.).

Comprometido con su responsabilidad social, participa en importantes proyectos comunitarios, así como en diferentes proyectos para el bienestar de la sociedad.

Durante los últimos años, ha fortalecido el trabajo en sus sistemas de calidad para garantizar la inocuidad y consistencia de sus productos. Ha obtenido reconocimientos nacionales e internacionales que avalan la efectividad de dichos sistemas. Entre estos reconocimientos pueden enunciarse: ISO 9002 y HACCP, ISO 9000:2000, Industria Limpia, BASC e IFS. Actualmente se siguen implementando estos sistemas en todas sus organizaciones.

#### **1.1.1.1. Tipo de empresa**

Es una empresa multinacional de panificación. Está configurada por 100 plantas, 5 asociadas y 2 empresas comercializadoras e integrada por más de 102,000 colaboradores. Su compromiso de ser una compañía altamente productiva y plenamente humana, así como innovadora, competitiva y orientada a la satisfacción total de sus clientes y consumidores; está presente en México, Estados Unidos de América, Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Panamá, Chile, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Perú, Venezuela, Uruguay, Paraguay y China. Durante el 2009, las ventas netas consolidadas ascendieron a \$8.603 billones de dólares.

En la región de Centro América la integran: Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Panamá y Colombia. Guatemala cuenta con una planta de producción en El Tejar, Chimaltenango. Dicha planta posee 4 divisiones que se agrupan en 15 agencias

- División centro: Mixco, Atanasio y Guatemala
- División noroccidente: Huehuetenango, Quetzaltenango, Quiché
- División sur: Mazatenango, Coatepeque, Escuintla
- Oriente: Chiquimula, Jutiapa, Morales, Petén, Cobán

#### **1.1.1.2. Ubicación**

En Guatemala, la planta de producción se localiza en la carretera Interamericana Km. 52.5 El Tejar, Chimaltenango.

**Figura 1. Ubicación de la planta**



Fuente: Google Earth. Consulta: 6 de febrero 2013.



### **1.1.1.3. Misión**

“Alimentar, deleitar y servir a nuestro mundo.”  
([Http://www.grupobimbo.com/es/grupo-bimbo.html](http://www.grupobimbo.com/es/grupo-bimbo.html), 2012).

### **1.1.1.4. Visión**

“En 2015 somos la mejor empresa de panificación en el mundo y un líder de la industria alimenticia, donde nuestra gente hace la diferencia todos los días. Somos una empresa con marcas líderes y confiables para nuestros consumidores, somos el proveedor preferido de nuestros clientes, somos una empresa innovadora, que mira hacia el futuro, somos una empresa financieramente sólida, somos un lugar extraordinario para trabajar. Buscamos ser una empresa altamente productiva y plenamente humana.”  
(<http://www.grupobimbo.com/es/grupo-bimbo.html>, 2012).

### **1.1.1.5. Valores**

- “Servimos con pasión: nos entregamos en todo lo que hacemos.
- Trabajamos en equipo: colaboramos, sumamos esfuerzos, multiplicamos logros.
- Construimos confianza: cultivamos cada relación con integridad.
- Entregamos calidad: ofrecemos diariamente productos y servicios de calidad superior.
- Operamos con efectividad: ejecutamos con precisión y excelencia.

- Buscamos la rentabilidad: obtenemos resultados para seguir creciendo y emprendiendo.
- Valoramos a la persona: vemos siempre al otro como persona, nunca como instrumento.
- Ofrecemos diariamente productos y servicios de calidad superior.”

([Http://www.grupobimbo.com/es/grupo-bimbo.html](http://www.grupobimbo.com/es/grupo-bimbo.html), 2012)

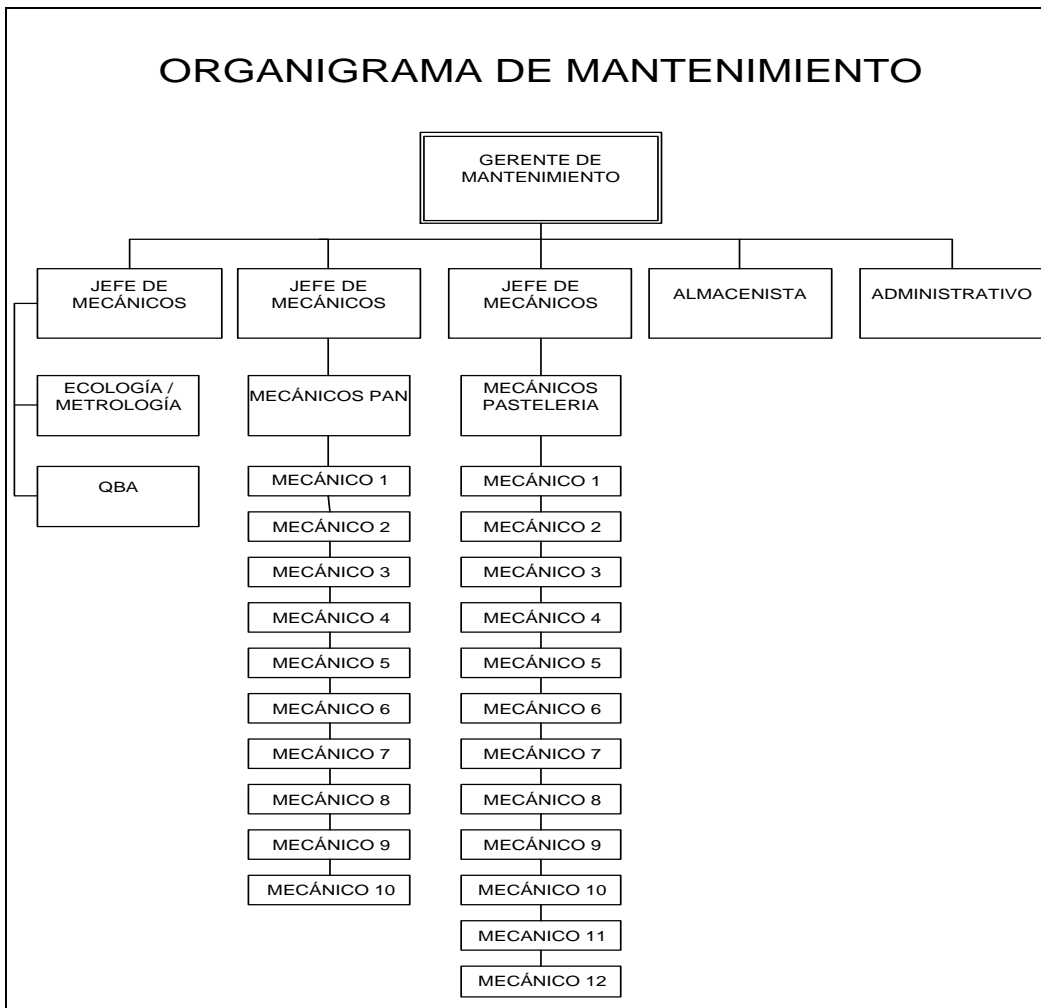
## **1.1.2. Estructura organizacional**

El alcance de los objetivos fijados es fundamental para el éxito de cualquier empresa o industria, por lo cual la estructura organizacional es la forma de la división del trabajo para la coordinación del mismo.

### **1.1.2.1. Organigrama de mantenimiento**

La representación estructural del área de mantenimiento de la empresa productiva panificadora consta de 1 gerente, 3 jefes de mecánicos, 1 almacenista, 1 administrativo 1 metrólogo y 23 mecánicos (ver organigrama de mantenimiento en la siguiente página).

Figura 2. Organigrama de mantenimiento

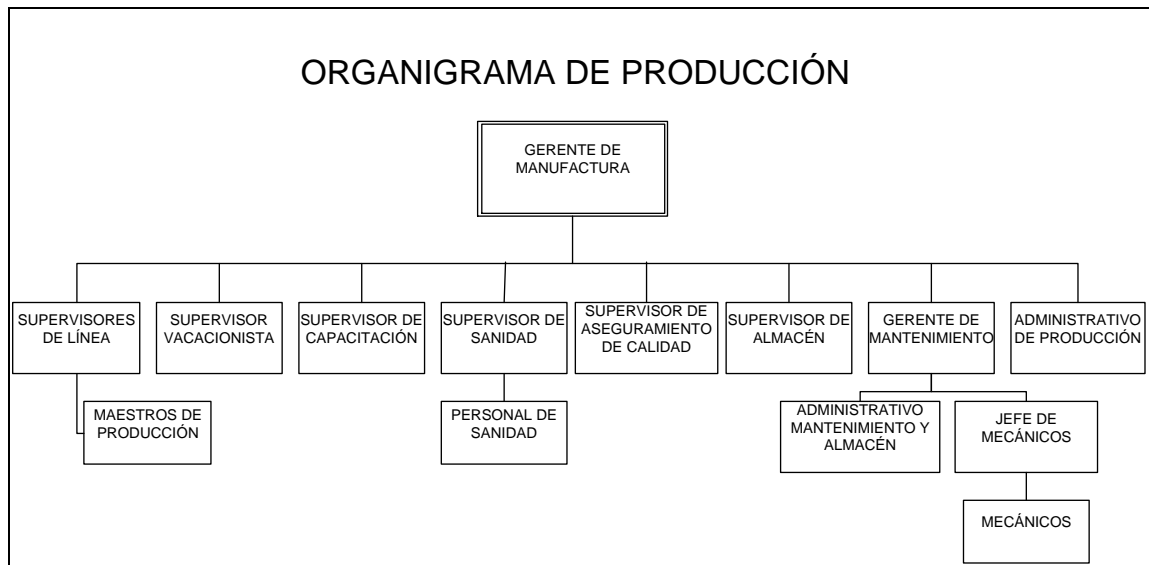


Fuente: elaboración propia.

### 1.1.2.2. Organigrama de producción

La representación estructural del área de producción de la empresa productiva panificadora consta de 1 gerente, 7 supervisores, 1 maestro de producción, 1 encargado de sanidad (ver organigrama de producción en la siguiente página).

Figura 3. Organigrama de producción



Fuente: elaboración propia.

### 1.1.3. Tipo de producto

El producto es del grupo alimenticio, puesto que son tortillas de harina, elaboradas en la planta de producción.

#### 1.1.3.1. Descripción general del producto

Las tortillas de harina se consumen como parte de una comida principal o como bocadillo; son la base de los burritos, tacos y una multitud de otros platos; se pueden tostar y servir con ensaladas o simplemente solas y calientes; en general, como la persona guste.

Son redondas, planas y de diferentes tamaños, una extraordinaria alternativa al pan. Las tortillas de harina llevan muchos más ingredientes que

las de maíz, es por esto que tiene un sabor diferente y son requeridas para la preparación de diversos platos, por lo cual la empresa panificadora las produce con los mismos ingredientes y con el mismo sabor que las caracteriza.

## **1.2. Definiciones y conceptos**

Para comprender los diversos elementos que conforman el sistema contador-apilador, se definirán los más importantes; así también el funcionamiento de los mismos.

### **1.2.1. Contador – apilador**

Es un equipo que reduce la mano de obra necesaria para el apilado y conteo exacto de paquetes de tortillas, entregando así siempre la cantidad indicada por paquete; cuenta con sistemas manuales de transferencia a equipos de envoltura o sistemas totalmente automáticos.

#### **1.2.1.1. Definición**

El contador-apilador es un equipo que realiza movimiento continuo para contar y apilar las tortillas de harina en sus diferentes tamaños. Para la realización de dicha acción, la máquina cuenta con un controlador lógico programable (PLC), que administra las funciones más importantes de la misma.

#### **1.2.1.2. Funcionamiento**

El contador-apilador recibe las tortillas del transportador de enfriamiento y las arregla en filas paralelas, las cuenta, apila y luego las libera en secuencia.

Para detectar la presencia de las pilas que arriban, se usan sensores fotoeléctricos. Las válvulas solenoides neumáticas accionan sobre cilindros neumáticos, los cuales elevan gradualmente los elevadores.

Los elevadores graduables, a su vez, controlan el tiempo para liberar la pila en el transportador principal. La línea está bajo un control computarizado, el cual maneja todas las cuentas, selecciona los carriles y el tiempo, y posiciona las pilas del producto.

Los sensores fotoeléctricos se usan como dispositivos generadores de entradas a la computadora. Estas unidades de detección son transmisores/receptores modulares que no pueden ser disparadas en falso por cualquier tipo de luz de planta, incluyendo la luz solar. Las funciones internas de la computadora son ajustadas por el usuario a través del interfaz montado en el tablero eléctrico principal. Esta interfaz permite seleccionar el diámetro del producto, el conteo selectivo y ajustar los tiempos.

#### **1.2.1.2.1. Equipo principal**

- Sensores fotoeléctricos: son dispositivos para detectar y señalar una condición de cambio, secuencia o ausencia de un objeto o material. En este caso este dispositivo es el encargado de contar las tortillas al momento de ser apiladas. Se usa en todo tipo de procesos industriales y no industriales, para propósito de monitoreo, medición, control y procesamiento.
- Válvula solenoide automática: es un dispositivo operado eléctricamente, y es utilizado para controlar el flujo de aire en posición completamente abierta o completamente cerrada. Desde el controlador recibe la señal

eléctrica para mover en vaivén un émbolo de atrás para adelante. El émbolo suministra aire desde las líneas de aire a los dispositivos de accionamiento neumático en la máquina.

Figura 4. **Válvula solenoide automática**



Fuente: empresa productiva panificadora.

- Unidad principal de preparación neumática
  - Válvula manual de corte: es una válvula de compuerta de dos posiciones, se encarga de abrir o cerrar el paso de aire a alta presión hacia la máquina. Como accesorio de seguridad, esta válvula de corte o interrupción se puede bloquear en la posición de cerrado.
  - Regulador: es un medidor de lectura visual que muestra el valor de presión del aire en libras por pulgada cuadrada (psi). En la perilla del regulador se ajusta manualmente la presión de aire deseada.

- Filtro: el filtro ensamble retira desperdicios del sistema neumático. En el fondo del alojamiento del filtro ensamble hay una espiga tipo tornillo para drenar la humedad acumulada.
- Vertedero de aire: provee aire a la máquina.

Figura 5. **Unidad principal de preparación neumática**



Fuente: empresa productiva panificadora.

- Tablero eléctrico: es la parte principal de la instalación eléctrica; en el mismo se encuentran todos los dispositivos de seguridad y maniobra de los circuitos eléctricos de la instalación (los interruptores, el medidor de consumo, los cortacircuitos, fusibles, entre otros elementos), así como el control de la línea, la cual está bajo un control computarizado que maneja todas las cuentas, selecciona los carriles y el tiempo, y posiciona las pilas del producto. Las funciones internas de la computadora son ajustadas por el usuario a través del interfaz montado en el tablero eléctrico principal. Esta interfaz permite seleccionar el diámetro del producto, el conteo selectivo y ajustar los tiempos.



Es necesario que los dispositivos de protección actúen de manera inmediata para que se produzca la interrupción de la corriente al momento de la falla, evitando accidentes de importancia. Para evitar las sobrecargas, es recomendable distribuirlas en varios circuitos; esto permite que se interrumpa el suministro en el circuito que presenta problemas sin cortar el resto del servicio.

Figura 6. **Tablero eléctrico**



Fuente: empresa productiva panificadora.

El tablero eléctrico tiene las siguientes partes:

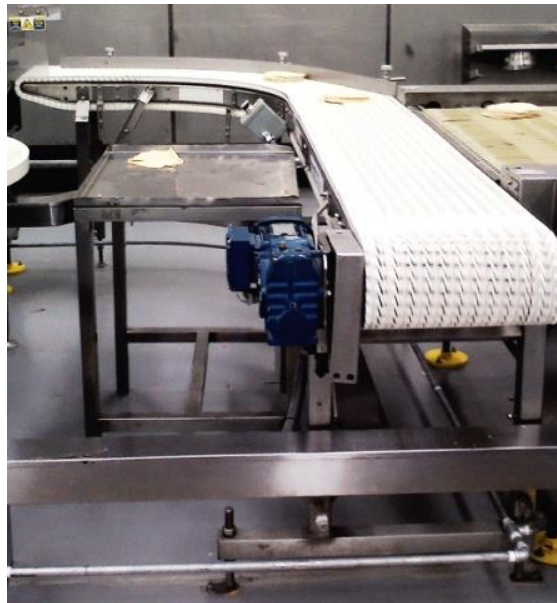
- Toma de corriente de 110 V conexiones a módulos *Allen-Bradley compactLogix*.
- Terminales con fusibles.
- Suministro de energía de 24VCD, relevadores de seguridad y desconectador principal.

- Fusible: bloque de contactos de distribución eléctrica.
- DSI el módulo de comunicación externo: fusibles y controles de motor.
- DSI el módulo de comunicación externo controles de motor.

#### **1.2.1.2.2. Equipo secundario**

Transportador de enfriamiento: el transportador de enfriamiento es el encargado de trasladar el producto hacia el área de envoltura; su función conlleva enfriar y trasladar las tortillas apiladas hacia la embolsadora.

**Figura 7. Transportador de enfriamiento**



Fuente: empresa productiva panificadora.

## **1.2.2. Embolsadora**

Es un sistema de elementos dispuestos a transferir movimientos y energía de un modo predeterminado, con el objetivo de insertar productos dentro de bolsas.

### **1.2.2.1. Definición**

La embolsadora es un equipo que realiza movimiento continuo para insertar la pila de tortillas dentro de las bolsas. Para la realización de dicha acción, la máquina cuenta con un controlador lógico programable (PLC), que administra las funciones más importantes de la misma. Con este equipo se logra el embolsado automático de las tortillas.

### **1.2.2.2. Funcionamiento**

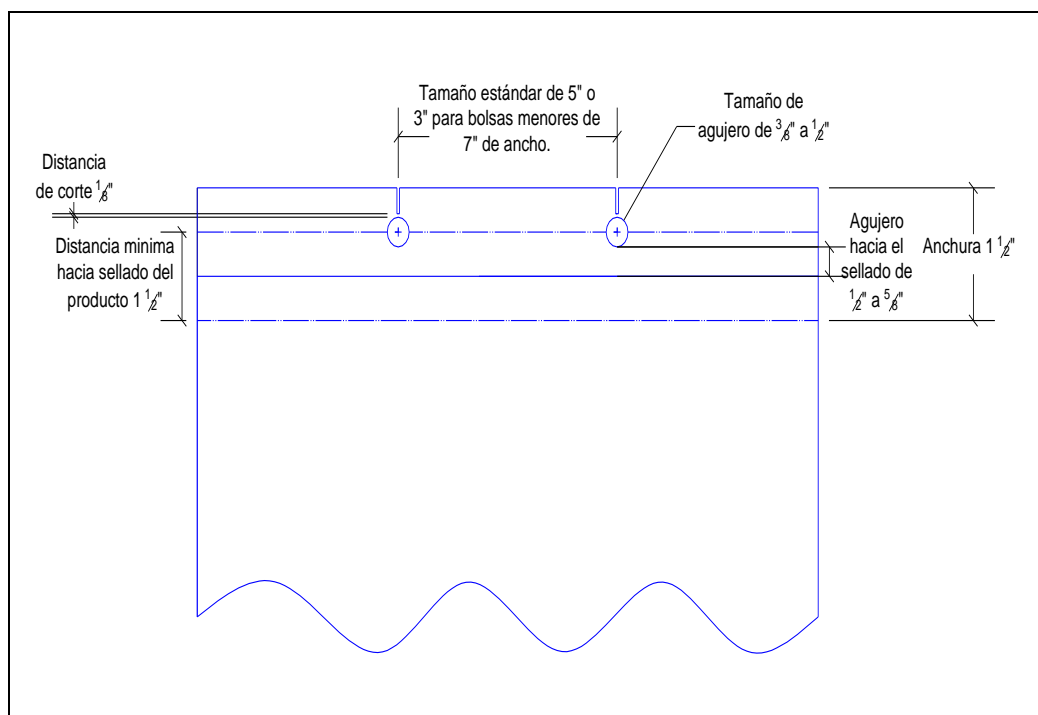
La función de la embolsadora es de insertar la pila de tortillas automáticamente en bolsas de polietileno preformadas. Primero, las tortillas son colocadas sobre la mesa de la embolsadora por medio de una banda transportadora. Inmediatamente son levantadas por las guías empujadoras de la embolsadora. Un sensor fotoeléctrico reconoce la presencia del producto y establece el ciclo de embolsado.

La bolsa es inflada y sujeta por medio de guías, en donde se amplía y abre de forma apropiada. Las tortillas apiladas son insertadas en la bolsa por medio de empujadores de la embolsadora. En el momento exacto que el producto es insertado en la bolsa, las guías liberan la bolsa. Teniendo así el producto embolsado y transportado para la selladora, las guías regresan al punto inicial para abrir una nueva bolsa.

Es muy importante que la acción de retirar las guías se realice casi al instante, como también que el producto sea quitado del área inmediatamente para hacer sitio para el siguiente producto. Si no hay tortillas en la embolsadora, la bolsa no abrirá, puesto que no se activará el sistema neumático para abrirla. Si por alguna razón, la bolsa no abre cuando haya tortillas o no existan bolsas en la embolsadora, esta se parará automáticamente.

- Especificaciones de la bolsa a utilizar: para el óptimo funcionamiento de la embolsadora, se recomienda utilizar bolsas con las siguientes descripciones.

Figura 8. **Especificaciones de bolsas a utilizar**

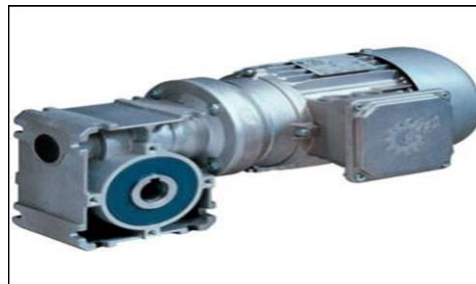


Fuente: elaboración propia.

### 1.2.2.2.1. Equipo principal

- Motor reductor: es un elemento mecánico muy adecuado para el accionamiento de todo tipo de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesiten reducir su velocidad de una forma eficiente, constante y segura. Entre las ventajas de utilizar un motor reductor se tiene: alta eficiencia de la transmisión de potencia del motor, alta regularidad en cuanto a potencia y par transmitidos, poco espacio para el mecanismo.

Figura 9. **Motor reductor**



Fuente: <http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/motorreductor-79265.html>. Consulta 11 de julio de 2012.

- Sistema neumático: es el encargado de suministrar la fuerza para inflar la bolsa e introducir las tortillas. Para accionar este sistema se requieren otros componentes neumáticos, por ejemplo: compresor, válvula antiretorno, depósito, manómetro, purga automática, válvula de seguridad, secado de aire refrigerado, filtro de línea.

#### **1.2.2.2. Equipo secundario**

- Cadena de rodillos: son cadenas de transmisión articuladas, fabricadas normalmente con acero. Son utilizadas en una gran cantidad de dispositivos mecánicos para transmitir el movimiento de una rueda dentada a otra.
- Chumaceras: son piezas de metal con una muesca en que descansa y gira cualquier eje de maquinaria.
- Rodamientos: elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a este por medio de rodadura, que le sirve de apoyo y facilita su desplazamiento.

#### **1.2.3. Mantenimiento**

El mantenimiento es de suma importancia debido a que tiene como objetivo mantener los equipos en una condición adecuada, por lo cual se realizan una serie de acciones: inspección, comprobaciones, reparación.

##### **1.2.3.1. Definición**

Se puede definir el mantenimiento como el control constante de las instalaciones y/o componentes, así como la serie de trabajos de reparaciones y revisiones necesarias para garantizar el funcionamiento y el buen estado de algún equipo o planta a fin de conservarlo, y del servicio para lo que fue diseñado.

El mantenimiento debe tener como meta los siguientes objetivos:

- Prolongar la vida útil de los equipos e instalaciones
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquina
- Evitar accidentes
- Evitar, reducir y, en su caso, reparar los fallos
- Reducir costos de mantenimiento
- Conservación ante todo, del servicio que suministran los equipos e instalaciones

### **1.2.3.2. Tipos de mantenimiento**

A continuación se describen los tipos de mantenimiento que regularmente se aplican, los cuales se diferencian entre sí por el tipo de tareas que se realizan.

#### **1.2.3.2.1. Preventivo**

Conjunto de actividades programadas de antemano encaminadas a reducir la frecuencia y el impacto de las fallas. Este tipo de mantenimiento conlleva ciertos inconvenientes, como por ejemplo: cambios innecesarios (del propio elemento o de otros), coste de inventarios medio, mano de obra. Al realizar este tipo de mantenimiento se debe tener una planificación en la cual se deben definir los elementos objeto de mantenimiento, establecer su vida útil y determinar los trabajos a realizar en cada caso.

#### **1.2.3.2.2. Correctivo**

Es el conjunto de actividades de reparación y sustitución de elementos deteriorados, que se realiza cuando aparece el fallo. Este tipo de mantenimiento

es aplicable a sistemas complejos (ej.: electrónicos) en los que es imposible predecir los fallos, por lo cual admiten ser interrumpidos en cualquier momento y con cualquier duración. Por lo que existen diversos inconvenientes, como por ejemplo: el fallo puede aparecer en el momento más inoportuno; los fallos no detectados a tiempo pueden causar daños irreparables en otros elementos y ocasionarán un costo elevado para las piezas de repuesto.

#### **1.2.3.2.3. Predictivo**

Conjunto de actividades de seguimiento y diagnóstico continuo que permiten una intervención correctora inmediata como consecuencia de la detección de algún síntoma de fallo. Esto se logra por medio de la frecuente monitorización de las diferentes condiciones (presión, temperatura, vibraciones, ruido, etc.)

#### **1.2.3.2.4. Proactivo**

Es una técnica enfocada en la identificación y corrección de las causas que originan las fallas en equipos, componentes e instalaciones industriales; esta técnica implementa soluciones que atacan la causa de los problemas no los efectos. Entre los beneficios de este tipo de mantenimiento están: solución a causas de fallas recurrentes, incremento del tiempo medio entre fallas y educación de mantenimiento.

#### **1.2.3.2.5. Productivo total (TPM)**

El mantenimiento productivo total (TPM) es un programa de mantenimiento que implica un concepto nuevo definido en el mantener las plantas y el equipo.



La meta del programa de TPM es aumentar la producción, mientras que al mismo tiempo la moral del empleado y satisfacción profesional aumenta.

- Mantenimiento: mantener las instalaciones siempre en buen estado.
- Productivo: enfocado al aumento de productividad.
- Total: implica a la totalidad del personal (no solo al servicio de mantenimiento).

El operario debe realizar pequeñas tareas de mantenimiento de su puesto (reglaje, inspección, etc.). Las tareas de mantenimiento se realizan por todo el personal. El programa de TPM se asemeja de cerca al programa popular de la gerencia de calidad total (TQM). Muchas de las mismas herramientas tales como *empowerment* del empleado, *benchmarking*, documentación, etc. Se utilizan para poner y optimizar TPM en ejecución.

### **1.2.3.3. Rutinas de mantenimiento**

Son las actividades de mantenimiento que se realizan a los elementos de los equipos que están propensos a fallas, para ejecutar su corrección. Dentro de estas actividades se tiene: inspecciones, visitas y revisiones.

#### **1.2.3.3.1. Inspecciones**

Consisten en la observación del equipo, tratando de identificar posibles problemas detectables a simple vista. Los problemas habituales suelen ser: ruidos anormales, vibraciones extrañas, fugas de aire, comprobación del estado de pintura y observación de signos de corrosión.

### **1.2.3.3.2. Visitas**

Las visitas son inspecciones o verificaciones periódicas en las que se realizan las siguientes acciones:

- Verificar las inspecciones en el lugar de trabajo
- Ser rápidas
- Duración planeada, menor a 1 hora
- No desarmar mecanismos complejos
- Realizar pequeñas reparaciones (no paro excesivo)

### **1.2.3.3.3. Revisiones**

Son intervenciones que se realizan sobre instalaciones o maquinarias para detectar o confirmar las anomalías realizadas durante la visita.

## **1.2.4. Definición del problema**

La línea de producción de tortillas de harina se encuentra semi automatizada, por lo cual se tiene la necesidad de realizar la automatización en el área del conteo y apilado. Por lo que se realizará el estudio para evaluar la situación actual y determinar los detalles técnicos para el montaje e instalación del sistema contador-apilador con embolsadora.

### **1.2.4.1. Antecedentes**

La empresa productiva panificadora amplió su planta de producción a inicios del 2010, modificando así diversos sistemas de producción elaborados dentro de ella.

Por lo cual la línea de tortillas no fue la excepción y fue modificada mediante un estudio previo para tener procesos más eficientes. En la línea de tortillas se busca seguir innovando en su producción y en el mercado mediante los diversos tamaños de tortillas que se elaboran, para ofrecer y satisfacer las necesidades de los consumidores.

#### **1.2.4.2. Planteamiento del problema**

Para el planteamiento del problema de investigación, se realizará un análisis de lo siguiente:

- Situación actual
- Origen actual
- Especificación del problema de investigación
- Posibles causas

##### **1.2.4.2.1. Situación actual**

Actualmente en la línea de producción de tortillas de harina, los procesos de conteo, apilado y embolsado se realizan manualmente, teniendo producción las 24 horas del día; por lo cual a pesar del cambio de turnos, se genera en varias ocasiones cansancio o falta de concentración al realizar el proceso, provocando retrasos. Por lo cual la empresa productiva panificadora, que se caracteriza por utilizar la última tendencia en automatización en sus diversas plantas de producción, con el objetivo de mantener la óptima calidad de sus productos y procesos, propone automatizar este área de embolsado.

#### **1.2.4.2.2. Origen del problema de investigación**

La necesidad de satisfacer la demanda de tortillas de harina en el mercado en las diversas épocas del año, tener el control del número de tortillas exactas en cada bolsa y embolsado eficiente, son factores claves para el montaje e instalación del contador-apilador con embolsadora en la línea de tortillas, puesto que con esto disminuirán los recursos de operación aumentando el margen de ganancias de la organización; como también la maquinaria a utilizar es amigable con el medio ambiente.

#### **1.2.4.2.3. Especificaciones del problema de investigación**

El área de investigación se enfocará en el conteo, apilado y embolsado de la línea de tortillas. Donde con la implementación del sistema se pretende tener el 100 % de inocuidad alimentaria, ya que en esta área el producto tiene contacto directo con el operador, a la vez que aumenta el ritmo de producción y minimiza los recursos de operación.

#### **1.2.4.2.4. Posibles causas**

Entre las posibles causas para el montaje e instalación del sistema contador-apilador con embolsadora se tienen:

- Mayor demanda de tortillas de harina en la región.
- Disminuir los costos directos de producción de tortillas de harina.

- Automatizar la línea completa de tortillas de harina.
- Compromiso de la empresa productiva panificadora de cumplir con la política de responsabilidad social con el medio ambiente al instalar nueva maquinaria.

### **1.2.4.3. Ejes centrales de la investigación**

A comienzos del 2011 empieza el proyecto de implementar el sistema en el área de conteo, apilado y embolsado en la línea de tortillas, ante el crecimiento de la demanda de este producto en la región ya que la necesidad de optimizar los procesos de producción.

#### **1.2.4.3.1. Aumento del ritmo de producción**

Con el montaje e instalación del sistema se aumentará el ritmo de producción, puesto que todo el proceso quedará automatizado. El conteo, apilado y embolsado no dependerá directamente de factores humanos, teniendo así un sistema eficiente en el cual se podrán variar los diversos ritmos de producción que la línea requiera mediante el control del sistema instalado en el área de embolsado. Con esto se pretende responder al aumento de demanda de tortillas de harina requerido en la región durante las diversas épocas del año.

#### **1.2.4.3.2. Disminución de costos**

Los costos de mano de obra disminuirán al implementar el sistema contador-apilador con embolsadora en el área de empaque, ya que el número de operarios para realizar el proceso disminuirán.

#### **1.2.4.4. Justificación de la investigación del problema**

Actualmente el conteo, apilado y embolsado de tortillas de harina en la planta de producción se realiza manualmente, por lo cual existen diversos retrasos por errores humanos como desconcentración, cansancio y falta de coordinación. Esto muestra que el área de empaque depende de la concentración y experiencia de los operadores para realizar el proceso. Por lo cual con la automatización de esta área se desea: minimizar los costos de producción directos, tener el 100 % de inocuidad alimentaria, estandarizar el proceso de envoltura y con ello asegurar la calidad del producto terminado.

Para el montaje e instalación del equipo industrial, así como el mantenimiento del mismo, se abarca la rama de ingeniería mecánica. El estudio económico y la mejora de los procesos de producción abarca la rama de ingeniería industrial.



## **2. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN**

### **2.1. Metodología para la investigación**

La observación directa del proceso será la herramienta que se utilizará de forma planeada, en donde se definirá lo que se pretende observar y los posibles resultados. Por lo que se tendrá apoyo con las referencias bibliográficas de los registros, análisis de los datos actuales de la línea de tortillas de harina; como también de los documentos, planos, distribución general de la línea de tortillas y de la planta de producción.

Para el montaje e instalación del sistema contador-apilador con embolsadora se utilizarán como guía: los manuales, especificaciones técnicas, especificaciones técnicas del montaje e instalación de equipos similares dentro de la planta.

#### **2.1.1. Estudios académicos aplicados en la investigación operativa**

Para dar soporte a la investigación se utilizarán diversos cursos del pénsum de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial. Estos ayudarán a fundamentar y analizar los datos obtenidos durante la realización de la investigación.



- Área de ingeniería mecánica:
  - Diseño de máquinas
  - Montaje y mantenimiento de equipo
  - Ingeniería eléctrica
  - Instalaciones eléctricas
  - Instalaciones mecánicas
  - AutoCAD
  
- Área de ingeniería industrial:
  - Ingeniería de plantas
  - Ingeniería de métodos
  - Administración de personal
  - Ingeniería económica
  - Preparación y evaluación de proyectos
  - Seguridad e higiene industrial
  - Mercadotecnia.

## **2.2. Diagnóstico de la planta**

A continuación se describe la situación actual de las distintas líneas de producción de la planta, en donde se hace énfasis especial en la línea de producción de tortillas, en la cual se basa el estudio actual.

### **2.2.1. Descripción general de la planta**

La empresa productiva panificadora se dedica a la producción de una amplia gama de productos alimenticios, con el fin de satisfacer las posibles

necesidades del consumidor, por ejemplo: pan de caja, pan dulce, pastelería, galletas, barras de cereales, tortillas empacadas de harina de trigo, tostadas, entre otros.

Estos productos se obtienen mediante las distintas líneas de producción que posee la planta de producción, de las cuales unas son del tipo modular puesto que de esa misma línea se pueden obtener diversos productos como: la línea de pastelería, línea de bollería de donde se elaboran diversos pastelitos.

Otras líneas de producción son del tipo continua, ya que en estas solamente se obtiene un tipo de producto en la cual varía el tamaño de este, como la línea de tortillas de harina, línea de pan, línea de tostadas, entre otras.

Todas estas líneas de producción son semiautomatizadas, ya que siempre dependen de operarios para manipular la materia prima, inspecciones en diversos puntos de la línea y verificación del cumplimiento del producto terminado.

En la línea de tortillas de harina, como se mencionó anteriormente, es del tipo continuo; en esta línea se elaboran los productos que se enumeran en la tabla siguiente.

Tabla I. **Tortillas producidas en línea de tortillas**

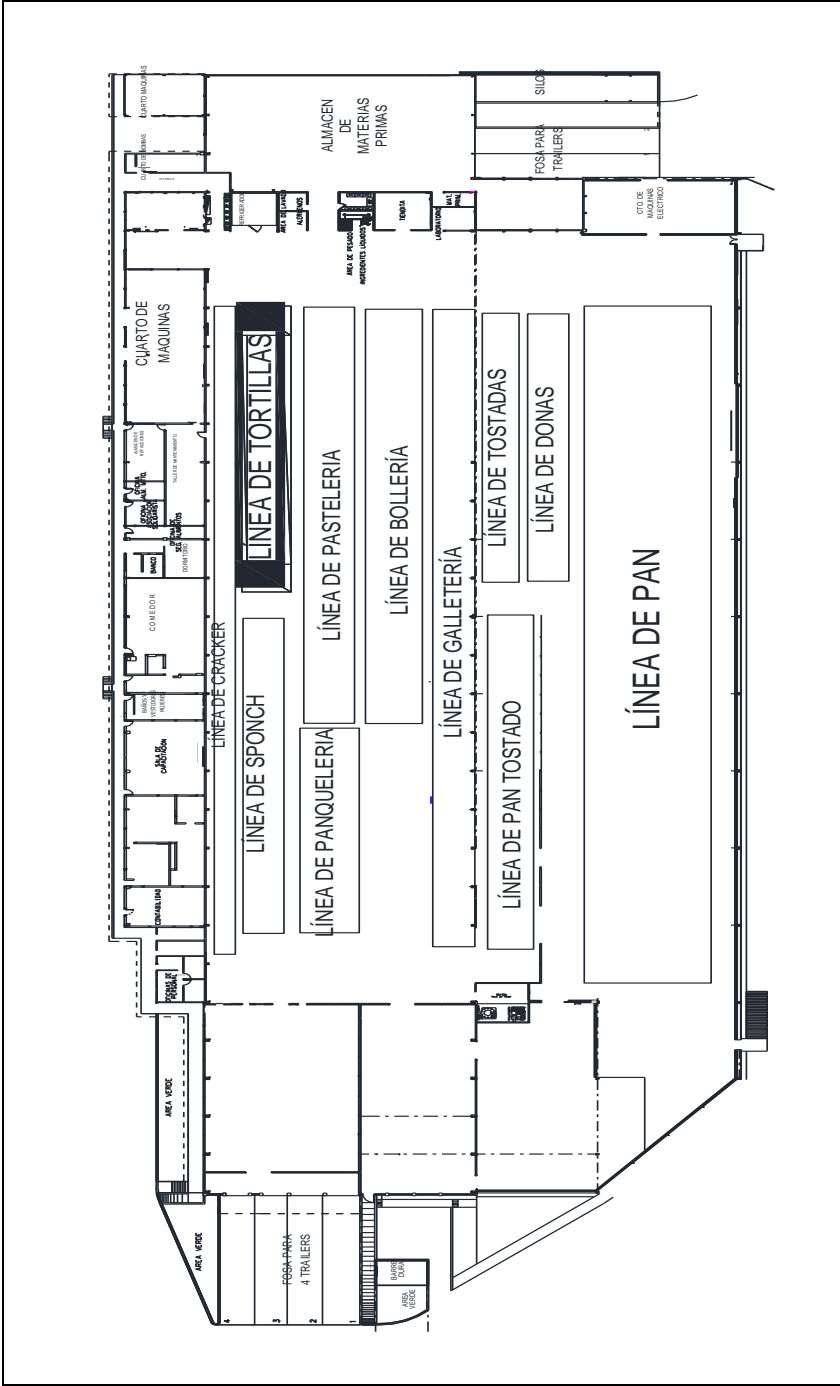
1.	Tortilla Chica 10 Pz
2.	Tortilla La Mejor 12 Pz
3.	Tortilla La Mejor 10 Pz
4.	Tortilla Consumo
5.	Tortilla Grande
6.	Tortilla Gordita Monarca
7.	Tortilla Los Compadres
8.	Tortilla Tía
9.	Tortilla Pricemart
10.	Tortilla Campero 15 Pz
11.	Tortilla Campero 5 Pz
12.	Tortilla Consumo Bk

Fuente: empresa productiva panificadora.

### **2.2.1.1. Plano general de la planta**

En la siguiente figura se presenta el croquis de la planta de producción de la empresa productiva panificadora, en la cual se resalta la línea de producción de tortillas.

Figura 10. Plano de la planta



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad.

## **2.3. Evaluación de la línea de tortillas**

Para la elaboración de tortillas de harina se realizan diversos procesos; también se utilizan diversos equipos industriales, los cuales se describen a continuación.

### **2.3.1. Descripción general de los equipos y del proceso**

El proceso en la línea de tortillas de harina es del tipo continuo, el cual el equipo está ubicado de la siguiente manera:

- Tolva de agua: en este dispositivo se almacena el agua proveniente del tanque de almacenamiento, de donde previamente el agua a utilizar ha pasado por un proceso de purificación para la elaboración de tortillas; se acciona mediante una compuerta (cilindro neumático) para abastecer al mezclador de masas.

Figura 11. **Tolva de agua**



Fuente: empresa productiva panificadora.

- Tolva de harina: el proceso de la harina en la planta comienza desde la bodega de materia prima, para seguir con el cernido; posteriormente la harina es almacenada en silos mientras se espera el momento de ser utilizada. En seguida se transporta la cantidad especificada hacia la tolva de harina, para ser mezclada con los ingredientes y el agua en la mezcladora de masas.

Figura 12. **Tolva de harina**



Fuente: empresa productiva panificadora.

- Mezcladora de masas: la mezcladora de masas que se utiliza, es de brazos horizontales y de dos velocidades (40 y 80 rpm); está compuesta por un motor, el cual es el encargado de transmitir el movimiento hacia los brazos; estos se encargan de mezclar la materia prima depositada en la artesa; al momento de su funcionamiento la artesa queda sellada completamente, para evitar cualquier tipo de accidente.

Figura 13. **Mezcladora de masas**



Fuente: empresa productiva panificadora.

- Bomba de masa: al momento de terminar el mezclado de la masa, esta se deposita en otra artesa ubicada debajo de la mezcladora de masas; desde esta artesa se transporta a la tolva divisora por medio de gusanos giratorios.

Figura 14. **Bomba de masas**



Fuente: empresa productiva panificadora.

- Divisora: se debe realizar la división de la masa en pequeñas porciones uniformes; esto de acuerdo con las dimensiones de la tortilla deseada, puesto que en este punto se define el diámetro y espesor de tortilla que se desea obtener. Esto se logra por medio de una divisora de masas, la cual corta los mismos pesos iguales. Al tener depositada la masa en la tolva divisora, esta queda comprimida y las cuchillas de acero inoxidable se accionan, abriendo y cerrando la tolva en pequeños intervalos de tiempo; con esto se logra el corte con la exactitud de peso requerido.

Figura 15. **Divisora**



Fuente: empresa productiva panificadora.

- Banda de boleo: al momento de dividir la masa, estas caen en una banda transportadora, en la cual, por medio de unas guías las porciones de masa se convierten en esferas; con esto se logra que se tenga una simetría al momento de llegar en la prensa.



Figura 16. **Banda de boleo**



Fuente: empresa productiva panificadora.

- Fermentador: este es de doble cadena con canastillas de aluminio, los cuales llevan copillas de malla plástica. Para que la esfera llegue al preprensado, cuenta con un sistema de rodillos y dedos despegadores. Es muy usual que las esferas queden pegadas en las copillas, por lo que tiene un sistema de enfriamiento.

Figura 17. **Fermentador**



Fuente: empresa productiva panificadora.

- Preplanchador: consta de una placa preprensadora, en la cual se realizan movimientos por medio de pistones neumáticos. La placa preprensadora tiene orificios y lleva acoplados en la parte superior unos conos centradores que coinciden con los orificios a través de los cuales pasa la bola de masa que cae del fermentador y se deposita sobre la banda de la prensa; la bola de masa se desplaza de manera que sigue una trayectoria semicircular, por lo que los orificios de los conos centradores ya no coinciden con las bolas de masa; es la parte sólida de la placa preprensadora la que coincide con ellas, haciendo una pequeña compresión a la bola de masa, adquiriendo una forma plana; con esto se evita que al arrancar la banda de la prensa, las bolas de masa rueden y se desacomoden.

Figura 18. **Sistema preplanchado**



Fuente: empresa productiva panificadora.

- Prensa: el prensado de las bolas de masa se realiza por medio de prensas de placas de acero de 32 x 34 pulgadas, en donde se utiliza banda *vitreflon* roja sin fin de siete milésimas.

Figura 19. **Prensa**



Fuente: empresa productiva panificadora.

- Comal: se utiliza un comal tipo *Lawrence*, el cual cuenta con tres niveles y funciona en un rango de temperatura de 140 °C – 230 °C, en el cual la tortilla es transportada en un rango de 19 seg. - 30 seg. Esto dependiendo siempre del tipo de tortilla que se elabora, puesto que la temperatura y el tiempo varían.

Figura 20. **Comal tipo Lawrence**



Fuente: empresa productiva panificadora.

- Enfriador: este cuenta con niveles de banda plástica con longitud, en donde la tortilla sale a una temperatura final por debajo de los 30 °C, y con baja humedad; debe tener en cuenta el tiempo que la tortilla esté dentro del mismo, para obtener el producto a la temperatura requerida.

Figura 21. **Enfriador**



Fuente: empresa productiva panificadora.

- Selladora, codificador y chequeo de peso: la selladora posee un sistema de control de temperatura constante y control de velocidad por pulsos, lo que le permite sellar plásticos. La bolsa plástica es transportada por la banda y la parte en donde se efectuará el sellado es sujeta por dos cintas que la transportan hacia el área de calentamiento, en donde las cintas de sellado son presionadas por los bloques, lo cual hace que la película plástica se funda y se pegue. Se codifica y se efectúa el control de peso del producto.

Figura 22. **Sellador y codificador**



Fuente: empresa productiva panificadora.

- **Detector de metales:** funciona mediante un campo electromagnético; este campo actúa sobre el producto y sobre cualquier contaminante metálico existente. De estar contaminado el producto, es expulsado mediante el accionamiento de un chorro de aire comprimido a alta presión, instalado en la banda transportadora, el producto es depositado en el recipiente de desecho.

Figura 23. **Detector de metales**



Fuente: empresa productiva panificadora.

### 2.3.1.1. Maquinado

- Mezclado: el proceso de producción para la elaboración de tortillas de harina, comienza con la adición de los ingredientes a la masa. Para alcanzar una buena calidad en la tortilla de harina a realizar, se debe tener una mezcladora que controle diversas velocidades giratorias. Esta etapa se realiza en 2 procesos:
  - Incorporación: en este proceso se agrega la harina de trigo, manteca vegetal, agua, sal, polvo para hornear y conservantes. La mezcladora gira a baja velocidad (35-40 rpm) en un intervalo de 2 a 3 minutos, para obtener una mezcla homogénea.
  - Desarrollo: en este segundo proceso se aumenta la velocidad de la mezcladora (75-80 rpm), con el objetivo de lograr el desarrollo óptimo de la masa para alcanzar su máxima consistencia y elasticidad. Esto se realiza para que la masa no sea pegajosa, sea extensible y se pueda trabajar fácilmente en los equipos.
- Dividido y boleado: luego de alcanzar la consistencia deseada de la mezcla de la masa, sigue la división y boleado de la masa. Esta etapa es muy importante puesto que a partir de aquí se determina:
  - El diámetro y espesor de la tortilla, mediante el peso estandarizado de la masa.
  - El ritmo de la línea de producción puesto que define las piezas que serán divididas por minuto.

Las piezas se dividen y se convierten en esferas de masa mediante una divisora de extrusión con mesa refrigerada y doble guía de boleado.

- Reposado (fermentado): en esta etapa las esferas de masa son transportadas en canastillas o canjilones en el interior de una cámara, en condiciones ambientales controladas. El tiempo dentro de la cámara es de 5 a 10 minutos; este varía respecto del tamaño de producto que se desea elaborar. Este proceso se realiza para que la masa alcance propiedades menos elásticas y más extensibles.

#### **2.3.1.2. Formado de la tortilla**

- Prepensado: el pre pensado se realiza luego de transferir las piezas de masa relajadas y/o acondicionadas sobre la banda caliente (opera alrededor de los 200-250 °C) de la prensa que se mueve entre placas hidráulicas. El objetivo es fijar y aplanar las esferas de masas sin llegar a formar la tortilla a una distancia equidistante entre sí.
- Prensado: luego de fijar las esferas de masas, continúa el prensado (formado de la tortilla), el cual consiste en aplastar las esferas de masas, hasta formar una pieza plana y circular con una piel delgada sobre la superficie cruda que sella al límite de no liberar el vapor de agua y dióxido de carbono; esto causa que la tortilla se hinche y expanda durante el horneado sin romperse. En esta etapa se define el diámetro, espesor y simetría circular de la tortilla mediante la presión (300-600 psi) de la prensa, temperatura y tiempo de prensado. También se debe tomar en cuenta la sincronización de la velocidad de la banda y el tiempo de subida y bajada de la prensa.

- **Cocción:** este proceso consiste en el horneado de las tortillas, puesto que luego del prensado el producto es transportado hacia el horno, en donde la temperatura y el tiempo en el que permanece el producto, varían respecto del tamaño de tortilla producida. Con esto se logra obtener la forma final de la tortilla, siendo plana circular, de aspecto blanco y con ciertas manchas de cocción.
- **Enfriamiento:** luego que el producto sale del proceso de cocción debe enfriarse, puesto que su temperatura es alta para poder embolsarse. Para el adecuado enfriamiento del producto, se utiliza un enfriador de niveles con banda plástica en donde las tortillas son enfriadas por debajo de los 30 °C y con una humedad entre los 27-30 %; luego estará en condiciones idóneas para poder envolverse; esto con el fin de evitar condensaciones dentro de la bolsa que produzca humedad y a su vez el pegado de la tortilla.

### **2.3.1.3. Embolsado y sellado**

- **Conteo, apilado y embolsado:** en este proceso los operarios reciben las tortillas del enfriador a la temperatura requerida, en donde se separan las tortillas dobles, dobladas o encimadas para luego contarlas, apilarlas e introducirlas a la bolsa.
- **Sellado, codificado y chequeo de peso:** después de que el operario introduce las tortillas en la bolsa, se coloca en forma lineal el producto para sellarla. Se imprime la clave del producto en donde se indica el nombre de la planta, fecha de producción y vencimiento y el número de lote. Pasa al controlador de peso para evitar el paso de producto de menor peso especificado, en donde si existiera, es rechazado.



- En la última fase de control de seguridad está el detector de metales, en donde se rechaza cualquier tipo de producto que pueda llevar algún tipo de material desconocido.

### **2.3.2. Características del producto**

El producto final debe ser evaluado, puesto que debe cumplir con ciertas especificaciones como: color, cocimiento, temperatura, grosor, diámetro (simetría).

Al cumplir con estas especificaciones pasa al embolsado del mismo y luego al sellado, en donde al terminar estos procesos deben ser evaluados todos los aspectos de la presentación, se evalúa que cada bolsa tenga impreso el código de barras, de producción y que el empaque no contenga fugas ni pliegues.

### **2.3.3. Materias primas utilizadas para la producción**

Las materias primas utilizadas para la línea de tortillas de harina, se describen en la tabla siguiente:

Tabla II. **Materia prima para elaboración de tortillas de harina**

<b>MATERIA PRIMA</b>
Harina de trigo
Sal
Manteca vegetal
Agua
Polvo para hornear
Conservantes

Fuente: empresa productiva panificadora.

#### **2.3.4. Diagramas de proceso de la línea**

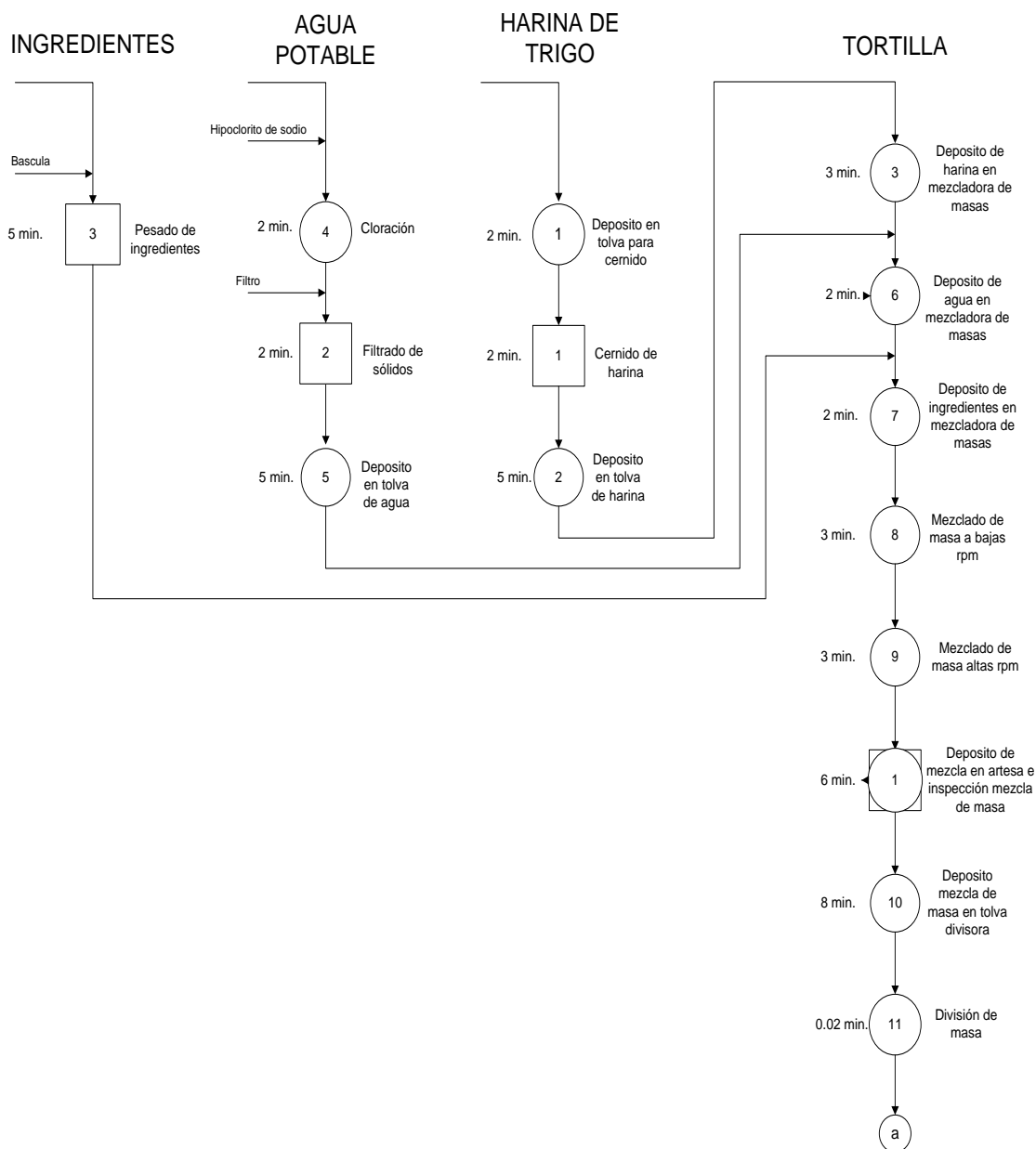
Se realizaron los diagramas de proceso de operación, flujo y recorrido para la elaboración de tortillas de harina, en los cuales se describen las actividades y el tiempo de ejecución.

##### **2.3.4.1. Diagrama de operación**

Se realizó el diagrama de operación en el cual se indican las principales operaciones e inspecciones de la línea de producción de la línea de tortillas de harina, antes de la instalación del sistema contador-apilador con embolsadora.

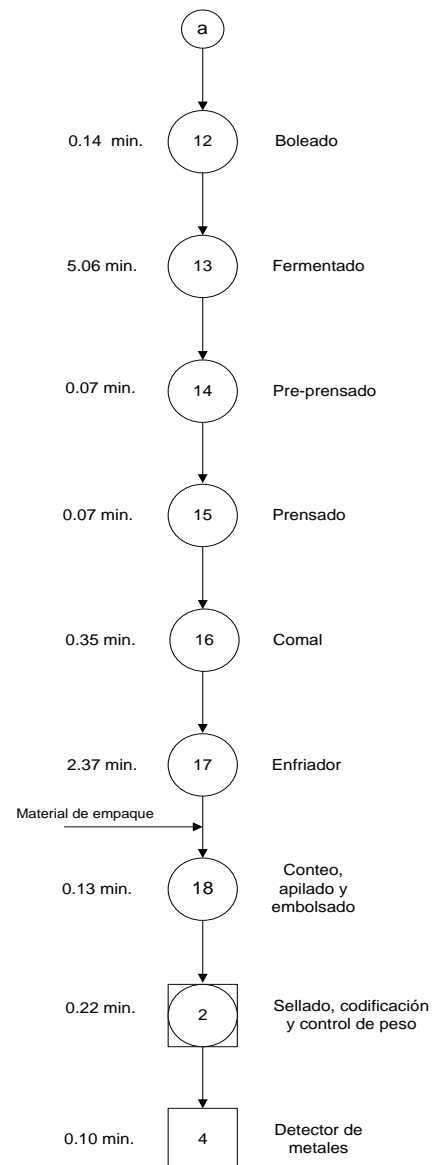
Figura 24. Diagrama de operación actual

DIAGRAMA DE OPERACIÓN	
<b>Empresa:</b> productiva panificadora	<b>Analista:</b> Jairo Salazar
<b>Departamento:</b> producción	<b>Página:</b> 1/2
<b>Producto:</b> tortillas	<b>Fecha:</b> marzo de 2012
<b>Método:</b> actual	



Continuación de la figura 24.

DIAGRAMA DE OPERACIÓN	
<b>Empresa:</b> productiva y panificadora	<b>Analista:</b> Jairo Salazar
<b>Departamento:</b> producción	<b>Página:</b> 2/2
<b>Producto:</b> tortillas	<b>Fecha:</b> marzo de 2012
<b>Método:</b> actual	



Resumen		
Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)
○	18	43,21
□	4	9,1
◻	2	6,22
<b>Sumatoria</b>	<b>24</b>	<b>58,53</b>

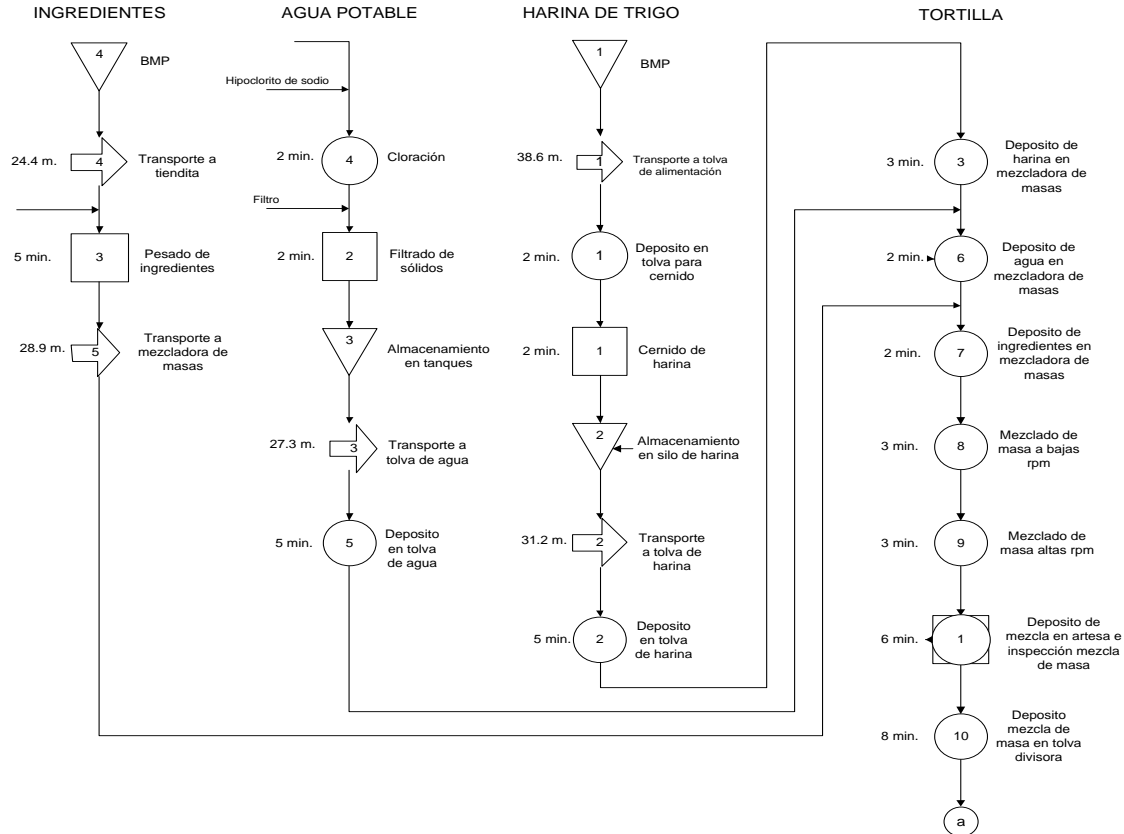
Fuente: elaboración propia.

### 2.3.4.2. Diagrama de flujo

Se realizó el diagrama de flujo en el cual se indican las operaciones, inspecciones, almacenaje, transporte, demora de la línea de producción de la línea de tortillas de harina antes de la instalación del sistema contador-apilador con embolsadora.

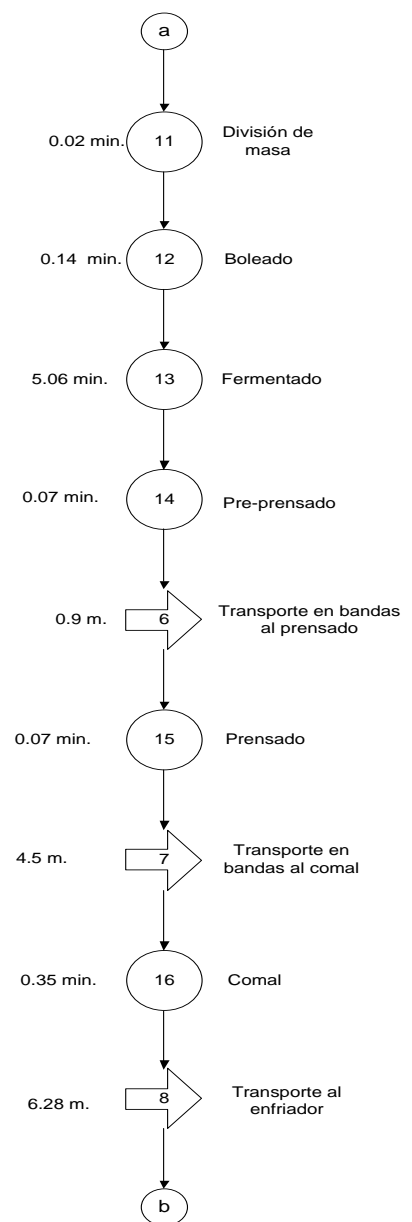
Figura 25. Diagrama de flujo actual

DIAGRAMA DE FLUJO	
<b>Empresa:</b> productiva panificadora.	<b>Analista:</b> Jairo Salazar
<b>Departamento:</b> producción	<b>Página:</b> 1/3
<b>Producto:</b> tortillas	<b>Fecha:</b> marzo de 2012
<b>Método:</b> actual	



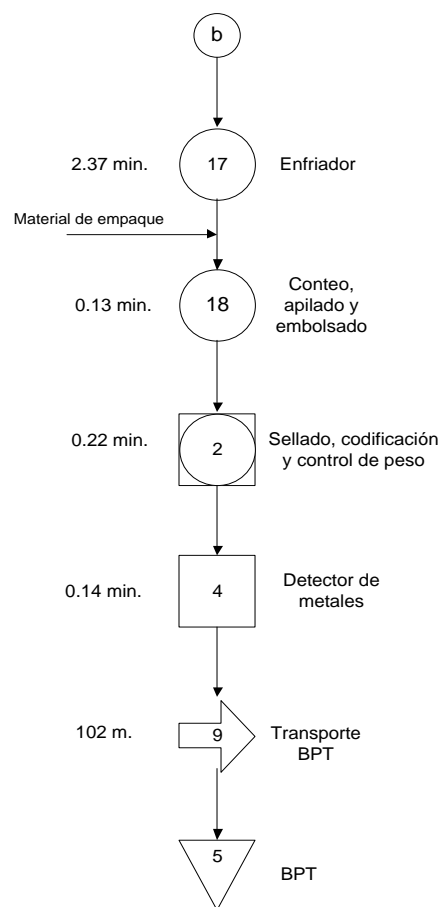
Continuación de la figura 25.

DIAGRAMA DE FLUJO	
<b>Empresa:</b> productiva panificadora	<b>Analista:</b> Jairo Salazar
<b>Departamento:</b> producción	<b>Página:</b> 2/3
<b>Producto:</b> tortillas	<b>Fecha:</b> marzo de 2012
<b>Método:</b> actual	



Continuación de la figura 25.

DIAGRAMA DE FLUJO	
<b>Empresa:</b> productiva panificadora	<b>Analista:</b> Jairo Salazar
<b>Departamento:</b> producción	<b>Página:</b> 3/3
<b>Producto:</b> tortillas	<b>Fecha:</b> marzo de 2012
<b>Método:</b> actual	



Resumen			
Símbolo	Cantidad	Tiempo (min)	Distancia (m.)
○	18	43,21	--
□	4	9,10	--
◻	2	6,22	--
➡	9	--	264,08
D	0	--	--
▽	5	--	--
<b>Sumatoria</b>	<b>38</b>	<b>58,53</b>	<b>264,08</b>

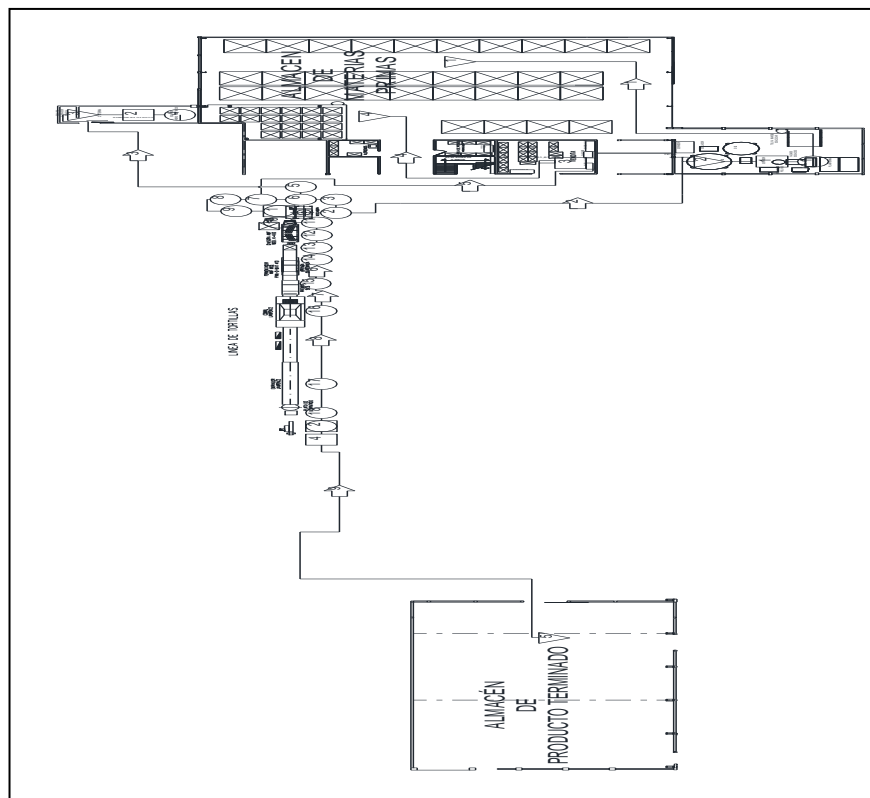
Fuente: elaboración propia.

### 2.3.4.3. Diagrama de recorrido

La realización del diagrama de recorrido indica el manejo de materiales y la distribución de los procesos; por lo cual se realizó el diagrama de recorrido de la línea de producción de la línea de tortillas de harina, antes de la instalación del sistema contador-apilador con embolsadora.

Figura 26. Diagrama de recorrido actual

DIAGRAMA DE RECORRIDO	
<b>Empresa:</b> productiva panificadora	<b>Analista:</b> Jairo Salazar
<b>Departamento:</b> producción	<b>Página:</b> 1/1
<b>Producto:</b> tortillas	<b>Fecha:</b> marzo de 2012
<b>Método:</b> actual	



Fuente: elaboración propia.



### 2.3.5. Indicadores de producción actual

Para medir de forma objetiva la producción actual, se analiza el balance de producción y ritmo de embolsado, en la línea de producción de tortillas de harina.

#### 2.3.5.1. Balance de línea de producción

Por medio del análisis del balance de líneas a la línea de tortillas, se puede realizar una comparación entre el número de operarios que se necesita para satisfacer la demanda y cómo la automatización del proceso ayuda a que el mismo proceso sea más eficiente con menos operadores para realizar el mismo trabajo.

Se utilizan las siguientes ecuaciones para determinar el número de operadores para cada estación de trabajo.

$$IP = \frac{\text{Unidades a fabricar}}{\text{Tiempo disponible de un operador}} \quad (\text{Ec. 1})$$

$$NO = \frac{TE \times IP}{E} \quad (\text{Ec. 2})$$

En donde:

NO = número de operadores para la línea

TE = tiempo estándar de la pieza

IP = índice de producción

E = eficiencia planeada

Para el balance de líneas se toma en cuenta lo siguiente:

- La producción requerida es de 15,360 bolsas de tortillas de 10 unidades, puesto que el ritmo de producción de la línea es de 320 tortillas por minuto.
- El turno para producir tortilla chica es de 8 horas.
- La eficiencia planeada es del 90 %.

Tabla III. **Tiempo estándar de operación por estación de trabajo**

No. de estación	Operación	Tiempo elemental (min.)	Tiempo acumulado (min.)
<b>Estación 1</b>	1	3	3
	2	2	5
	3	2	7
	4	3	10
	5	3	13
	6	6	19
	7	8	27
<b>Estación 2</b>			
	8	0,02	0,02
	9	0,14	0,16
	10	5,06	5,22
<b>Estación 3</b>			
	11	0,07	0,07
	12	0,07	0,14
	13	0,35	0,49
	14	2,37	2,86
<b>Estación 4</b>			
	15	0,13	0,13
	16	0,22	0,35
	17	0,10	0,45

Fuente: elaboración propia.

Mediante la ecuación 1 se calcula el IP:

$$IP = \frac{15360 \text{ bolsas}}{(8 \text{ horas}) \times (60 \text{ minutos})} = 32 \text{ bolsas/min}$$

Se calcula el número de operarios teóricos de cada estación:

$$NO_1 = \frac{27 \text{ min} \times 32 \text{ bolsas/min}}{0.90} = 960$$

$$NO_2 = \frac{5.22 \text{ min} \times 32 \text{ bolsas/min}}{0.90} = 185,6$$

$$NO_3 = \frac{2.86 \text{ min} \times 32 \text{ bolsas/min}}{0.90} = 101,69$$

$$NO_4 = \frac{0.45 \text{ min} \times 32 \text{ bolsas/min}}{0.90} = 16$$

De los resultados anteriores se obtiene la siguiente tabla:

Tabla IV. **Número de operarios teóricos y reales**

<b>Operación</b>	<b>Tiempo elemental (min.)</b>	<b>Números teóricos</b>	<b>Números reales</b>
Estación 1	27	960	960
Estación 2	5,22	185,6	186
Estación 3	2,86	101,69	102
Estación 4	0,45	16	16
<b>Total</b>			<b>1264</b>

Fuente: elaboración propia.

Se genera la velocidad de producción de la línea a través de la estación más lenta, puesto que por cada estación de trabajo todas las operaciones se llevan a cabo de manera consecutiva.

Tabla V. **Resultados de la estación de trabajo más lenta**

Operación	Tiempo estándar (min)	Minutos estándar asignados
Estación 1	$27/960=0,028125$	0,028125
Estación 2	$5,22/186=0,028065$	0,028125
Estación 3	$2,86/102=0,028040$	0,028125
Estación 4	$0,45/16=0,028125$	0,028125

Fuente: elaboración propia.

Con los datos calculados se observa la estación que posee mayor número de minutos asignados; las estaciones número 1 y 4 corresponden a estos; por lo tanto se podrían tomar datos de cualquiera de estas 2 estaciones, ya que ambas determinan la producción de la línea. Se trabajará con los datos de la estación número 1.

$$\text{Piezas por turno} = \frac{\text{No. máximo de operadores reales} \times \text{Tiempo semana laboral}}{\text{Tiempo acumulado}} \quad (\text{Ec. 3})$$

Sustituyendo datos de la ecuación 3:

$$\text{Piezas por turno} = \frac{960 \text{ operadores} \times 480 \text{ min}}{27 \text{ tiempo estándar}} = 17,066.67 \text{ bolsas de tortillas}$$

La eficiencia de la línea se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$E = \frac{\text{Minutos estándar por operación}}{\text{Minutos estándar asignados} \times \text{Número de operarios}} \times 100 \quad (\text{Ec. 4})$$

Al sustituir datos de la ecuación 4 se obtiene:

$$E = \frac{35.53 \text{ min}}{0.028125 \text{ min} \times 1264 \text{ operarios}} \times 100 = 99,94 \%$$

Con base en los cálculos obtenidos, se concluye que para satisfacer la demanda de la línea de producción de tortillas se debe tener en las 4 estaciones 1 264 operarios para obtener un 99,94 % de eficiencia en la línea.

Con la automatización del sistema conteo-apilado con embolsado, el número de operarios es mínimo, puesto que solamente se necesita personal al inicio de la línea en el mezclado de masas y en la embolsadora para introducir nuevo lote de bolsas; al final, para recibir el producto embolsado, el cual es inspeccionado por los mismos operarios, se verifica el óptimo funcionamiento del sistema. Con esto se obtienen varios beneficios como: mayor productividad, reducción de costos en mano de obra, productos de mayor calidad y aumento de ingresos para la empresa.

### 2.3.5.2. Ritmo de embolsado

La línea de tortillas trabaja con un ritmo de 32 bolsas/minuto, donde cada bolsa contiene 10 unidades.

Tabla VI. **Ritmo de embolsado**

<b>RITMO DE EMBOLSADO DE TORTILLAS DE HARINA</b>			
Producto	Unidades	Ritmo (paq. /min.)	Ritmo (paq./hora)
Tortilla chica	10	32	1920

Fuente: elaboración propia.

## **2.4. Evaluación y estudio de la línea de tortillas**

Se realizó la evaluación del proceso actual para realizar el conteo-apilado y embolsado de las tortillas de harina, con el objetivo de realizar el estudio para la instalación del sistema contador-apilador con embolsadora.

### **2.4.1. Verificación de procesos en la línea de tortillas**

Se verifica el proceso actual de la producción de tortillas de harina, en especial en el área de conteo y envoltura, donde se harán las modificaciones para el montaje e instalación del sistema contador-apilador con embolsadora.

#### **2.4.1.1. Área de conteo y envoltura**

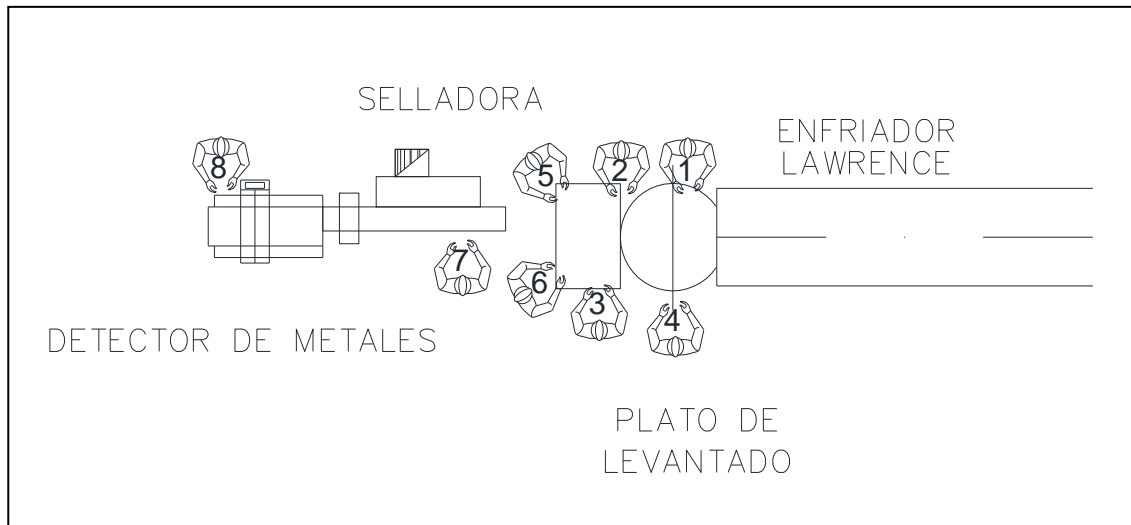
El área de conteo y envoltura en la línea de tortillas es donde se ubica la mayor parte de operarios, ya que aquí se realiza el conteo, apilado y embolsado de las tortillas de harina.

##### **2.4.1.1.1. Número de operarios**

Se ubican 8 operarios para realizar el conteo, apilado y embolsado de tortillas de harina. Esto con el fin de satisfacer el ritmo de producción para que no existan demoras. La función de ellos es:

- Operario 1, 2, 3, 4 y 5: realizan conteo, apilado y embolsado
- Operario 6: supervisa y suministra lote de bolsas
- Operario 7: coloca el producto embolsado en la selladora
- Operario 8: recibe el producto embolsado y sellado

Figura 27. **Número de operarios actuales**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad.

#### **2.4.2. Verificación de condiciones del proceso de los diferentes tamaños del producto**

En la planta se producen 3 diferentes tamaños de tortillas de harina, los cuales tienen el mismo proceso de producción. La tortilla grande tiene un diámetro de 25,5 cm.; la mediana, un diámetro de 21 cm. y la pequeña o chica a la cual se va enfocar el presente estudio, tiene un diámetro de 15 cm.

#### **2.4.3. Análisis de operaciones actuales**

En el estudio de operaciones actuales se analizan en forma individual los movimientos de cualquier parte del cuerpo humano, para poder realizar un trabajo en la forma más eficiente.

### **2.4.3.1. Estudio de movimientos**

El propósito es eliminar o reducir los movimientos no efectivos, facilitando y acelerando los movimientos efectivos.

#### **2.4.3.1.1. Diagrama de proceso bimanual**

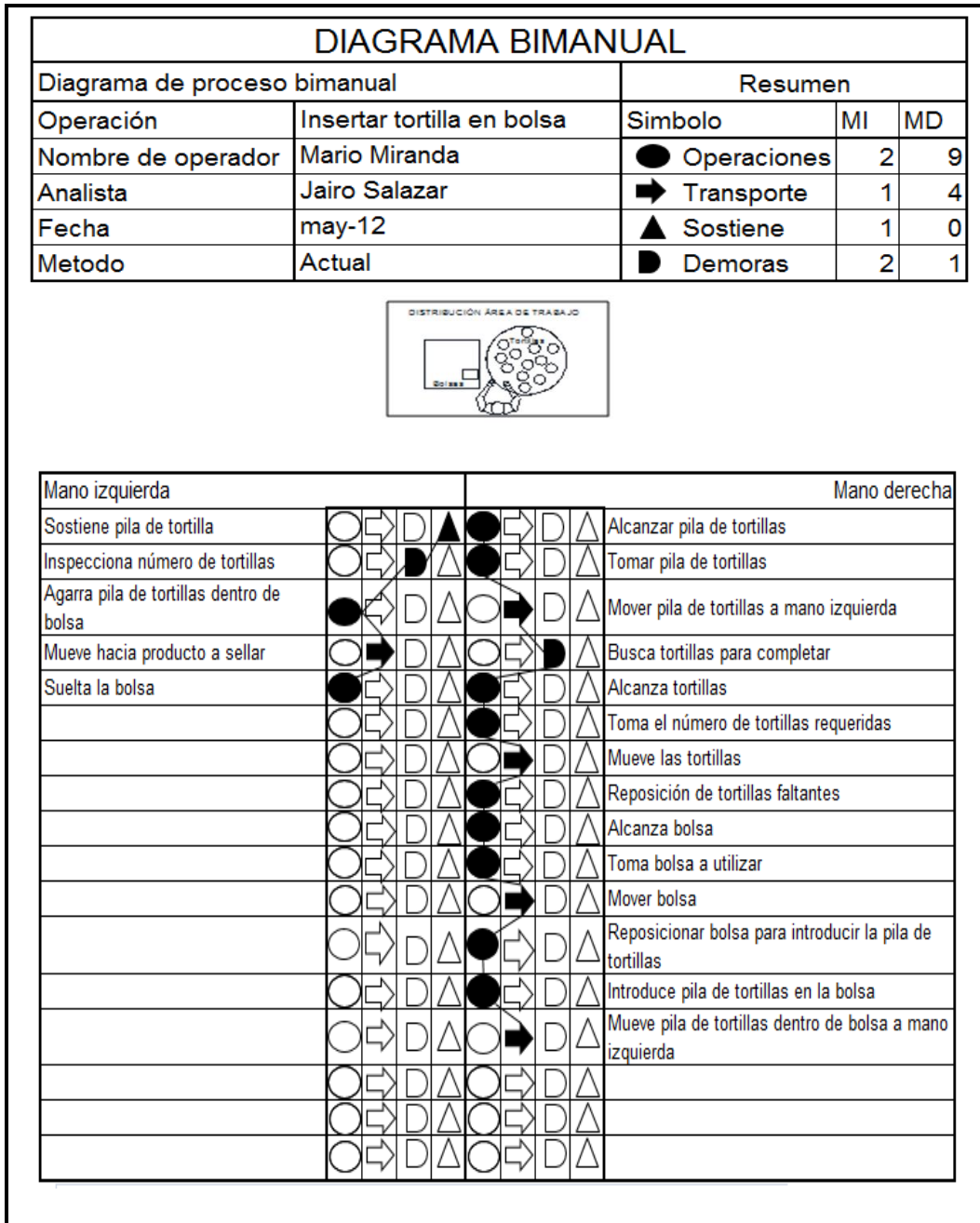
Para el estudio del proceso de conteo-apilador y embolsado de tortillas de harina, se realizó diagrama bimanual para describir los movimientos elementales de las extremidades, en el cual se registran las tareas rutinarias, repetitivas realizadas por los operarios (ver figura 28).

### **2.4.3.2. Ergonomía**

Los operadores realizan el proceso de conteo, apilado y embolsado parados alrededor del plato de levantado con las condiciones idóneas, ya que en la planta de producción se han tomado en cuenta todas las condiciones de trabajo, eliminando las situaciones que puedan poner en riesgo la seguridad del trabajador, mediante la verificación de reglamentos y procedimientos de operación.



Figura 28. Diagrama de proceso bimanual



Fuente: elaboración propia.

### **3. PROPUESTA, MODELO A IMPLANTAR**

#### **3.1. Formulación de la propuesta**

La formulación de la propuesta se basa en la necesidad de automatizar completamente la línea de producción de tortillas, siendo el área de envoltura donde el proceso se realiza de forma manual. Con la implementación de este sistema se aumentará el ritmo de producción actual, disminuirán los costos de producción directos y se generarán mayores ganancias.

El costo de mantenimiento del equipo industrial es bajo, ya que tiende a tener un menor número de fallas mecánicas y sus accesorios son más eficientes durante el periodo de funcionamiento.

En cuanto a la lubricación, poseen accesorios que solamente necesitan limpieza. La maquinaria industrial que se va a instalar no genera residuos peligrosos ni emisiones de gases al medio ambiente.

#### **3.1.1. Variables de investigación**

Son los elementos, datos y características que se investigarán para la implementación del sistema. Estas se clasifican en dependientes e independientes.

### **3.1.1.1. Variables independientes**

Las variables independientes son los elementos o características que generan o influyen el problema que se necesita solucionar con el montaje e instalación del sistema contador-apilador con embolsadora. Entre estas se tienen:

- Aumento de demanda
- Automatización completa de la línea de producción de tortillas

### **3.1.1.2. Variables dependientes**

Al momento de ejecutar el proyecto se analizarán las variables dependientes, ya que en estas se centra la investigación y se obtendrán mediante la implementación del sistema. Son variables dependientes las siguientes:

- Aumento del ritmo de producción
- Disminución de costo mano de obra

## **3.2. Actividades a realizar antes de la instalación**

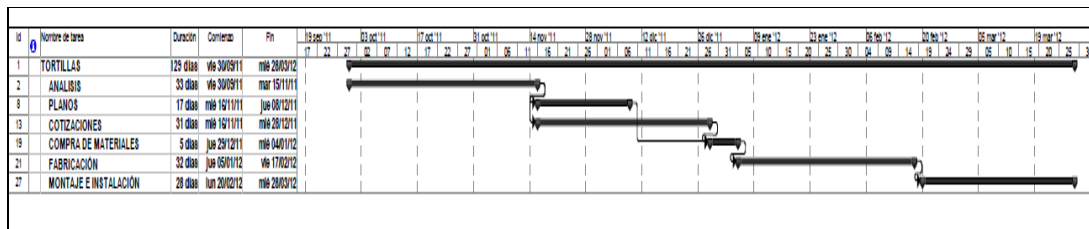
Para realizar el montaje e instalación del sistema de manera ordenada, se deben realizar diversas actividades en donde para su ejecución se estipula un tiempo determinado, el cual se debe cumplir para no afectar las actividades posteriores.

### 3.2.1. Cronograma de actividades para la realización del proyecto

Al realizar la planificación del proyecto, se consideraron diversas actividades como:

- Análisis
- Planos
- Cotizaciones
- Compra de materiales
- Fabricación
- Montaje e instalación

Figura 29. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.

### 3.2.2. Ubicación del equipo

Se posee el área para ubicar el sistema contador-apilador con embolsadora, por lo que se realizarán las adecuaciones necesarias, retirando el plato de levantado para realizar el diseño óptimo de ubicación.

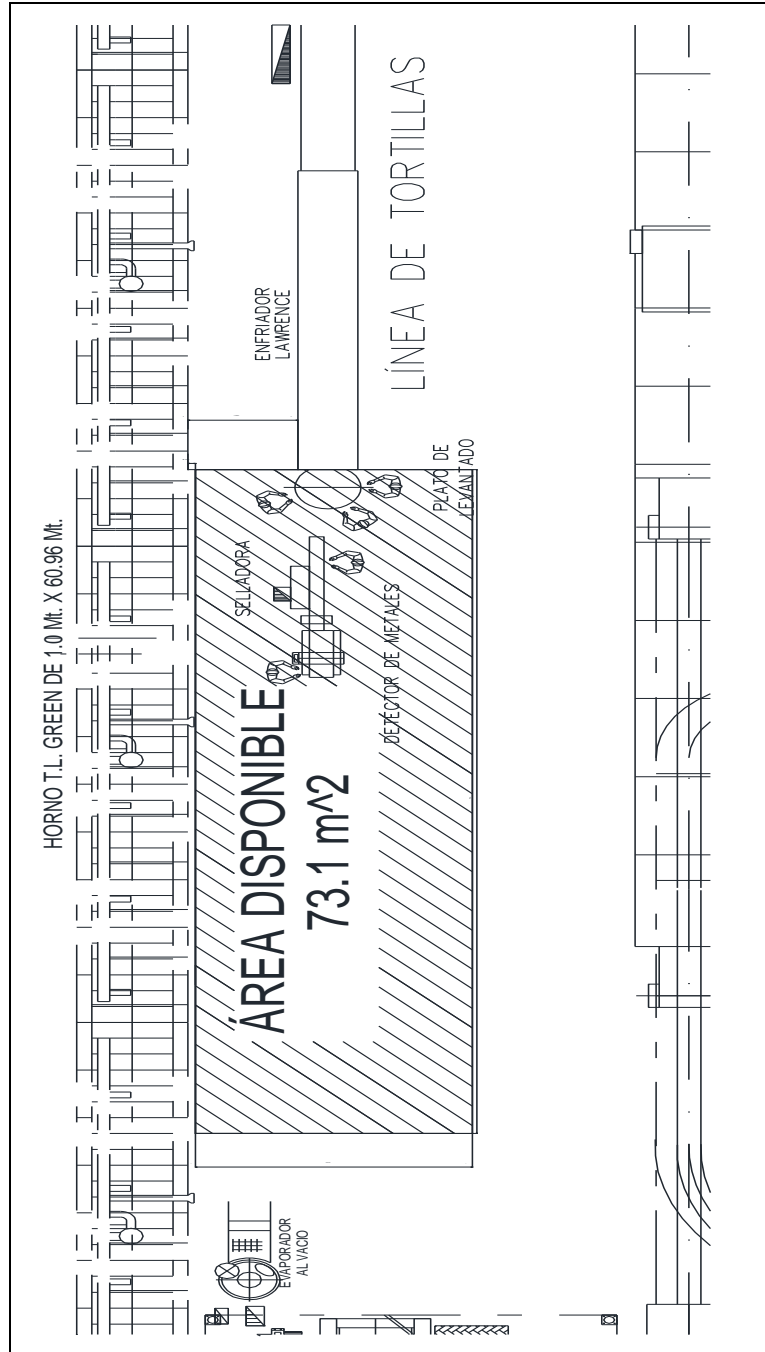
### **3.2.2.1. Desarrollo de los planos de instalación del sistema**

Se midió el área disponible para realizar los planos de instalación de los elementos del sistema contador-apilador con embolsadora.

#### **3.2.2.1.1. Área de instalación del sistema**

Se dispone de un área de 73.1 m<sup>2</sup> para la instalación del sistema contador-apilador con embolsadora; el área disponible es lo adecuado para realizar la instalación (ver figura 30).

Figura 30. **Plano del área de instalación del sistema**

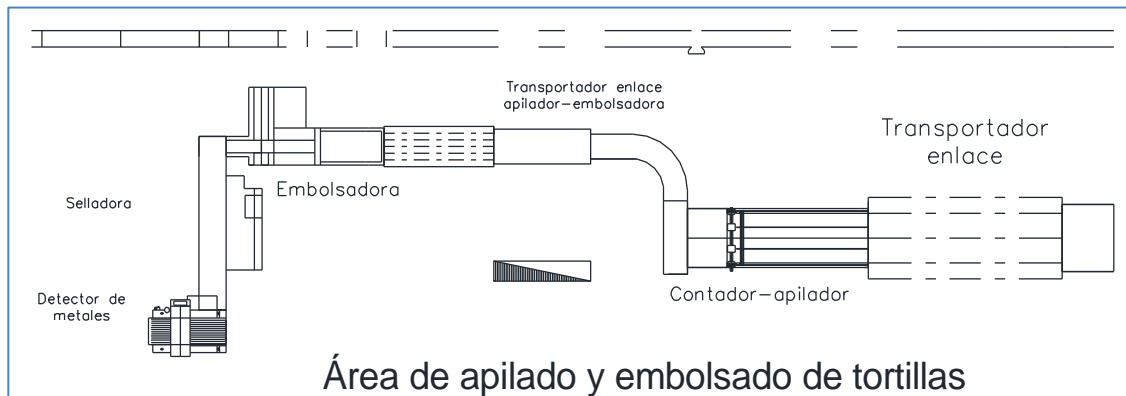


Fuente: elaboración propia, con programa Autocad.

### 3.2.2.1.2. Planos de ubicación del sistema

La instalación del sistema contador-apilador con embolsadora, la selladora y el detector de metales quedará como se visualiza en el siguiente plano:

Figura 31. Plano de área para instalar el sistema

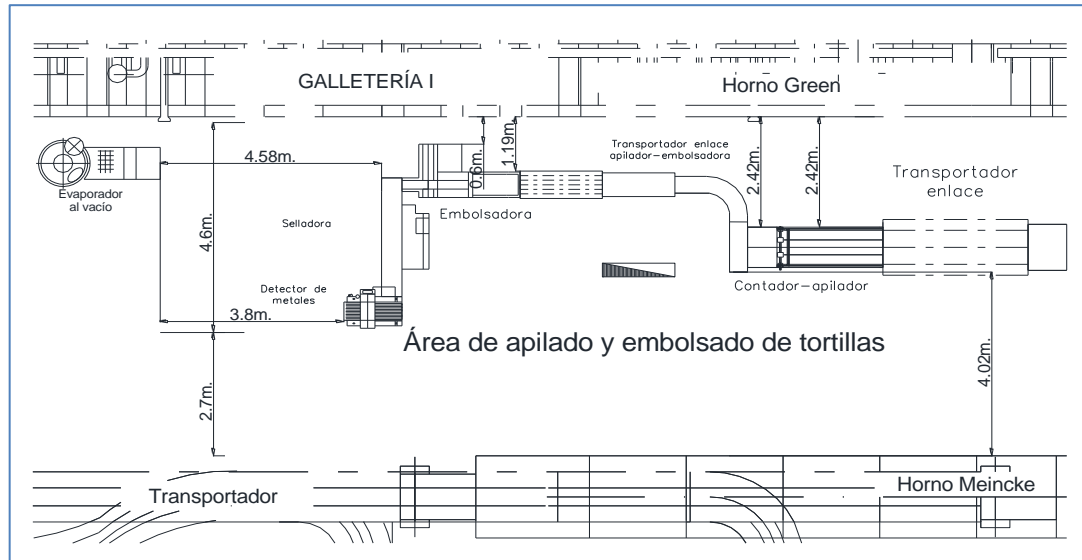


Fuente: elaboración propia, con programa Autocad.

### 3.2.2.1.3. Puntos de referencia entre equipos

El sistema contador-apilador con embolsadora, la selladora y el detector de metales limitan con la línea de galletería, pastelería y *sponch*. Por lo cual el diseño de instalación de los equipos se realizó, considerando las distancias adecuadas para el paso de operarios y montacargas.

Figura 32. Puntos de referencia entre equipos



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad.

### 3.3. Instalación de la máquina contador-apilador

En la instalación de la máquina apiladora se tomaron en cuenta todos los aspectos técnicos y de seguridad tanto para el personal como para la máquina en mención.

#### 3.3.1. Herramienta y equipos utilizados para la instalación del sistema

Las herramientas y el equipo básico que se utilizó consistieron en: montacargas, máquina para soldadura, metro, destornilladores, llaves hexagonales Allen, amperímetro, barreno, brocas, llave *Stilson*, alicate, cangrejo, pinzas, llaves de cola, ponchadoras hidráulicas, corta alambre y llaves copa.

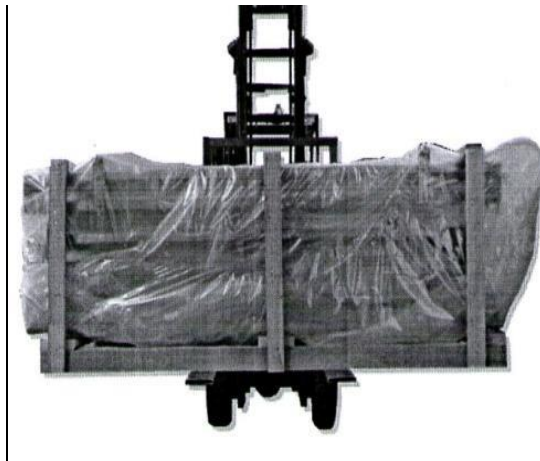


### 3.3.2. Transporte del equipo

Se transportó el contador-apilador mediante un montacargas, y para que este proceso fuera seguro y garantizado; se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- No elevar demasiado la máquina
- Verificar el centro de gravedad de la máquina para ubicar correctamente las horquillas del montacargas y así evitar cualquier desequilibrio.
- Introducir completamente las horquillas del montacargas en la tarima, con el fin de que el peso del contador-apilador esté hacia el montacargas.

Figura 33. Transporte del contador-apilador

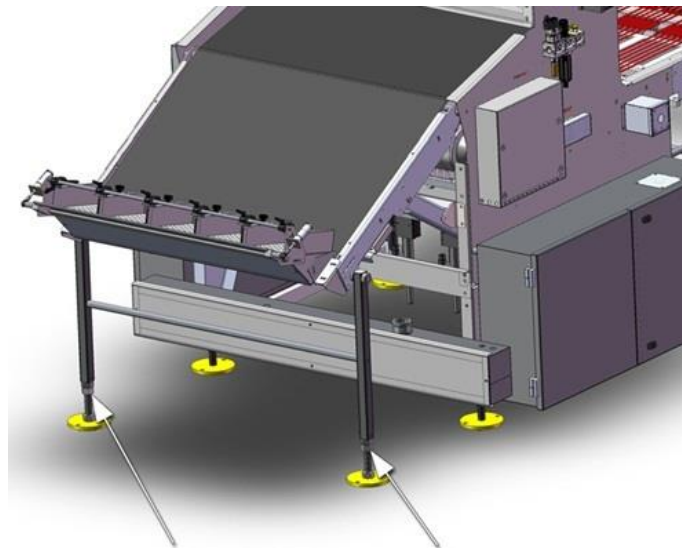


Fuente: empresa productiva panificadora.

### 3.3.3. Pernos de anclaje

Luego del transporte del equipo, este se posiciona al final del transportador del enfriador, en el cual ya se tiene medida el área de operación. Se procede al montaje e instalación del contador-apilador por medio de los pernos de anclaje, los cuales son los encargados de sujetar, como también de definir la altura a la cual va a operar. Esta altura se define por medio de la tuerca y el tornillo de ensamble de la pierna telescópica, en donde se posiciona aproximadamente 1 ½" de la banda del transportador de enfriamiento y luego se aprietan los tornillos.

Figura 34. Pernos de anclaje



Fuente: empresa productiva panificadora.

### 3.3.4. Placas de anclaje

Las placas de anclaje se utilizan para nivelar y prevenir movimientos vibratorios e interferencias de distintos tipos de máquinas industriales, por lo cual el contador-apilador utiliza este tipo de placas que ayudan para el funcionamiento adecuado; estas se ajustan para obtener la nivelación óptima y luego se atornillan al piso para mantener siempre estas condiciones de operación.

Figura 35. Placas de anclaje



Fuente: empresa productiva panificadora.

### **3.3.5. Instalación de las líneas de suministro y servicio**

Para el montaje e instalación del contador-apilador, se deben tener en cuenta las especificaciones del suministro eléctrico y neumático que el equipo requiere para el óptimo funcionamiento.

Antes de conectar el contador-apilador se inspecciona y verifica que:

- Existan posibles daños al transportarse
- Haya interferencia de partes
- Las conexiones eléctricas y/o neumáticas flojas o sueltas

#### **3.3.5.1. Líneas para el sistema eléctrico**

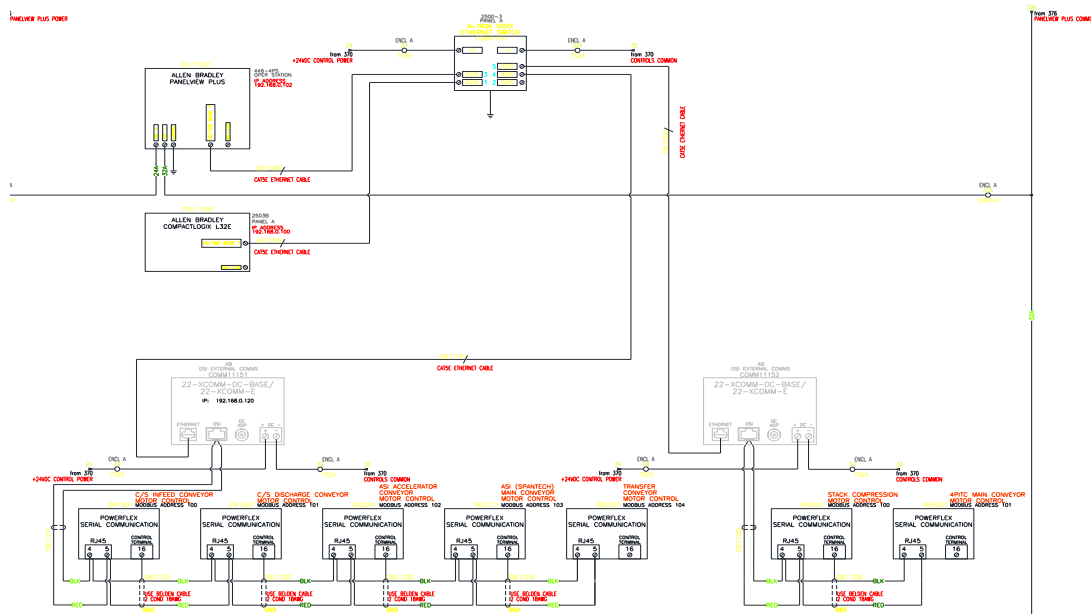
Para la línea del sistema eléctrico, se requiere:

- Línea de alimentación de 440 voltios trifásica (3 fases)
- Línea de sistema de control
- Línea de suministro interface o PLC de 24 voltios

##### **3.3.5.1.1. Diagrama de fuerza y control**

Se presenta el diagrama de fuerza y control del contador-apilador instalado en planta de producción de empresa panificadora (ver figura 36).

Figura 36. Diagrama fuerza y control contador-apilador



Fuente: arr-technautomationtechnology. Consulta: abril de 2013.

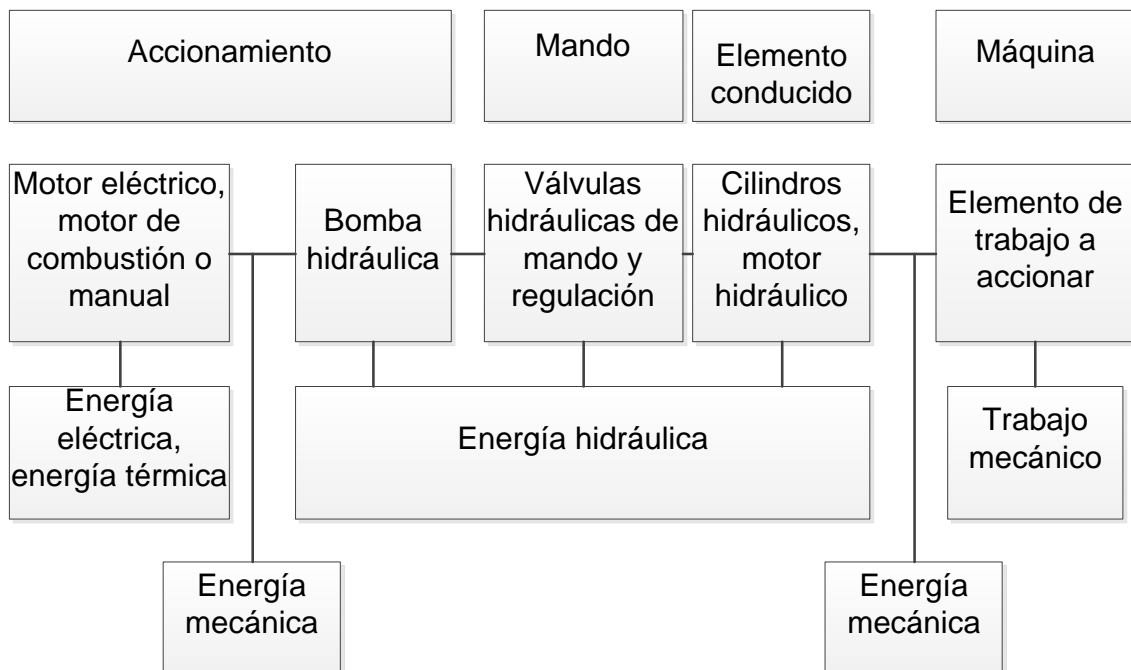
### 3.3.5.2. Líneas para el sistema neumático

Para un buen desempeño del contador-apilador se requiere que el suministro de aire entregado sea limpio y seco. Por lo cual se evaluó la distancia entre el suministro principal de la planta y el contador-apilador, y se utilizó tubería de 1" de diámetro para cumplir con estas especificaciones. El suministro neumático principal de la planta provee una presión de trabajo de 120 psi, siendo esta controlada por medio del filtro y el regulador automático de aire que posee el contador-apilador, para entregar una presión de trabajo 40 psi que permanece constante, siendo esta la presión necesaria para el óptimo funcionamiento.

### 3.3.5.2.1. Diagrama para el sistema neumático

Se presenta el diagrama de accionamiento del sistema neumático del contador-apilador instalado.

Figura 37. Diagrama sistema neumático de contador-apilador



Fuente: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/tello\\_c\\_vr/capitulo8.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/tello_c_vr/capitulo8.pdf).

Consulta: marzo de 2013.

### 3.4. Instalación de la máquina embolsadora

Al igual que el contador-apilador, en el montaje e instalación de la embolsadora se tomaron en cuenta todos los aspectos técnicos y de seguridad necesarios, con el fin de evitar cualquier imprevisto para el personal y la embolsadora. También se determinó que el producto se introducía de frente, ya

que la embolsadora puede funcionar, introduciéndole el producto de un lado o de frente.

#### **3.4.1. Herramientas y equipos utilizados para la instalación del sistema**

Por ser un sistema en línea, la maquinaria y herramienta que se utilizó en el montaje e instalación del contador-apilador es la misma para la embolsadora.

#### **3.4.2. Transporte del equipo**

Al transportar la embolsadora hacia el área de instalación se aseguró con tornillos en una tarima de madera más larga que la embolsadora, para prevenir daño durante el transporte. Se utilizó el montacargas tomando en cuenta lo siguiente:

- El peso de la embolsadora, puesto que el centro de gravedad no está a la mitad de la embolsadora.
- Las horquillas del montacargas deben tener un largo mínimo de 1,9 m. para poder sujetar bien la embolsadora.

#### **3.4.3. Pernos de anclaje**

Son los encargados de sujetar la estructura de la embolsadora, también es donde se realizan los ajustes para determinar la elevación adecuada de funcionamiento.

#### **3.4.4. Placas de anclaje**

Para el soporte de la embolsadora se utilizaron placas de anclaje, las cuales están fabricadas de acero inoxidable, poseen un birlo con rosca helicoidal que está acoplado a la placa de anclaje y a la embolsadora por medio de tuercas de rosca interna.

Con este tipo de placa de anclaje se nivela, se eliminan las vibraciones y se reducen las tensiones sobre la embolsadora.

Figura 38. **Placas de anclaje de embolsadora**



Fuente: empresa productiva panificadora.

#### **3.4.5. Instalación de las líneas de suministro y servicio**

Para el montaje e instalación de la embolsadora se tomaron las especificaciones que demanda esta, respecto del suministro eléctrico y neumático para sus óptimas condiciones.



### 3.4.5.1. Líneas para el sistema eléctrico

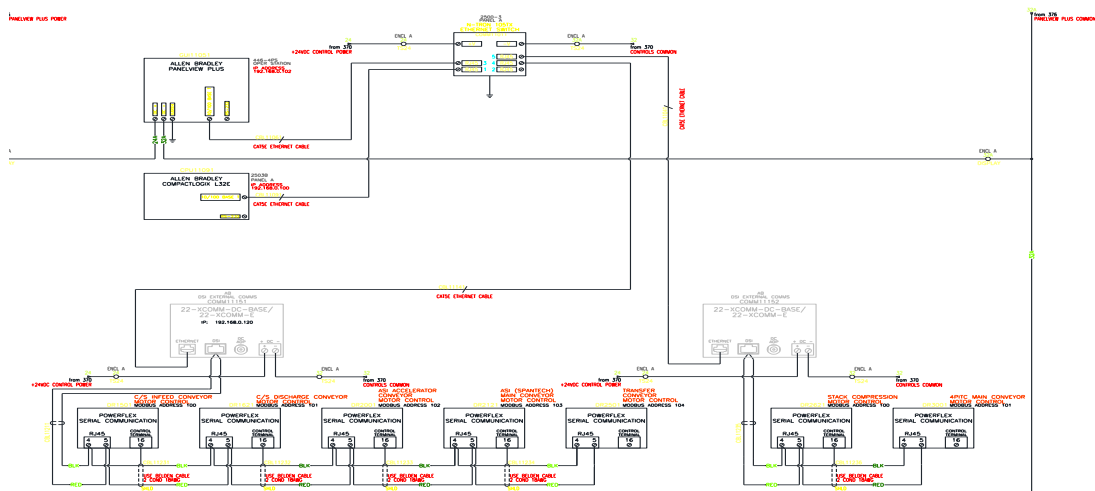
Para el óptimo funcionamiento de la línea del sistema eléctrico se requiere:

- Línea de alimentación de 220 voltios trifásica (3 fases)
- Línea de sistema de control
- Línea de suministro interface o PLC de 24 voltios
- Motor reductor de 2 hp con una alimentación de 220 voltios

#### 3.4.5.1.1. Diagrama de fuerza y control

Se presenta el diagrama de fuerza y control de embolsadora instalado en planta de producción de empresa panificadora.

Figura 39. Diagrama fuerza y control embolsadora



Fuente: Formost Fuji Corp. Consulta: abril de 2013.

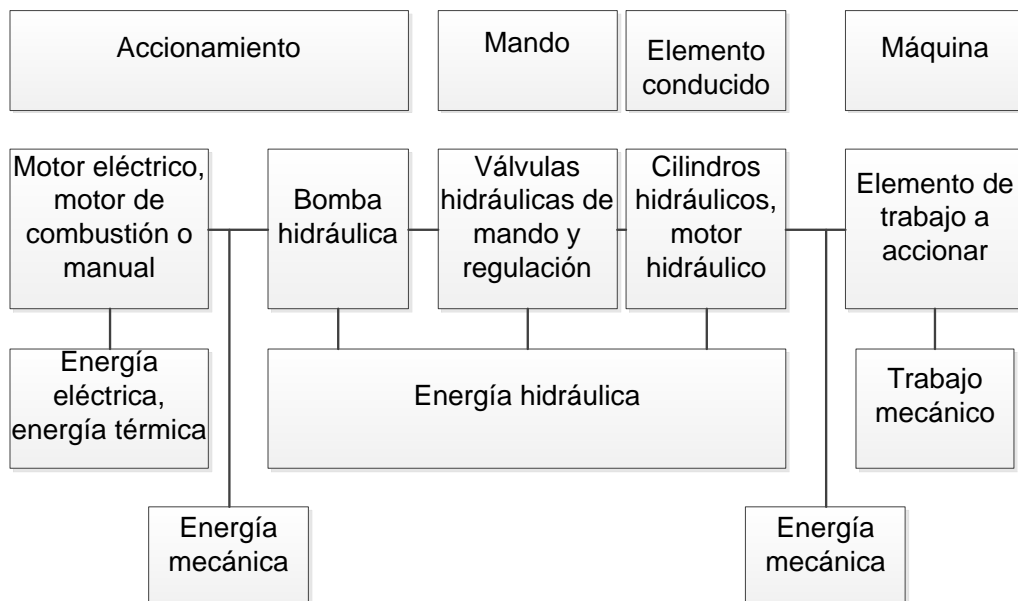
### 3.4.5.2. Líneas para el sistema neumático

La embolsadora requiere un suministro de aire entregado de 85 psi, el cual debe ser constante para el óptimo funcionamiento; al igual que en el contador-apilador se utilizó tubería de 1" de diámetro para cumplir con estas especificaciones.

#### 3.4.5.2.1. Diagrama para el sistema neumático

Se presenta el diagrama de accionamiento del sistema neumático del embolsadora instalado.

Figura 40. Diagrama del sistema neumático embolsadora



Fuente: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/tello\\_c\\_vr/capitulo8.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/tello_c_vr/capitulo8.pdf).

Consulta: marzo de 2013.

### **3.5. Costos del proyecto**

El montaje e instalación del sistema contador-apilador con embolsadora representó diversos costos, por lo cual se realizó el análisis financiero para determinar la viabilidad económica del proyecto, y el tiempo de recuperación de la inversión realizada.

#### **3.5.1. Análisis financiero**

Se consideran los parámetros financieros involucrados, para el montaje e instalación de sistema contador-apilador.

##### **3.5.1.1. Relación beneficio/costo**

Los factores que se deben tomar en cuenta en el cálculo de beneficio/costo son:

- Los beneficios que se obtendrán por la instalación del sistema contador-apilador con embolsadora, con base en la proyección del aumento de producción.
- El tiempo de vida del proyecto, equivalente a 5 años y que corresponde al tiempo de depreciación.
- La inversión inicial realizada al adquirir el sistema.
- Los costos relacionados con mantenimiento, lubricación y funcionamiento.

Con los factores anteriores se evalúan todos los beneficios y costos anuales en dólares americanos y se obtiene el siguiente flujo efectivo proyectado para un tiempo de vida de 5 años:

Tabla VII. **Flujo de efectivo del proyecto**

<b>Concepto</b>		<b>Monto</b>	
Inversión inicial		-\$400 000,00	
Flujo de efectivo anual a través de los 5 períodos de depreciación permitida por el gobierno		<b>Beneficios</b>	<b>Costos</b>
	A1	\$ 671 440,74	\$ 211 706,91
	A2	\$ 671 440,74	\$ 211 706,91
	A3	\$ 671 440,74	\$ 211 706,91
	A4	\$ 671 440,74	\$ 211 706,91
	A5	\$ 671 440,74	\$ 211 706,91

Fuente: <http://www.banguat.gob.gt/cambio/>. Consulta: 27 de septiembre del 2013.

Con el flujo de efectivo anterior se realiza el cálculo para llevar todas las anualidades al presente, con una tasa de interés del 20 %; luego se procede a calcular la relación beneficio / costo del proyecto, de donde se obtiene lo siguiente:

Tabla VIII. **Cálculo de la relación beneficio / costo**

<b>Concepto</b>	<b>Monto</b>
Valor actual neto(beneficios)	\$2 008 017,06
Valor actual neto(Costos)	\$1 033 129,31
<b>Relación beneficio/ costo</b>	<b>1,94</b>

Fuente: <http://www.banguat.gob.gt/cambio/>. Consulta: 27 de septiembre del 2013.

Con el cálculo que se realizó se concluye que por cada dólar que se invierte en el proyecto, se obtendrá un beneficio de \$0,94 dólares. Por lo cual este proyecto resulta rentable para la empresa.

### **3.5.1.2. Cálculo del tiempo de recuperación de inversión en años**

Al implementar el proyecto se calcula el tiempo de recuperación de la inversión, en donde se tienen en cuenta los siguientes costos y beneficios:

- Ahorros o beneficios por año: se toman según la proyección del aumento de producción que se espera.
- Costo total del proyecto: se incluye el costo del equipo, instalación y servicios técnicos.
- Número de años de depreciación fiscal: por tratarse de maquinaria o equipo, las leyes de Guatemala indican que son 5.
- Impuestos por utilidad: se deben descontar los impuestos establecidos por ley en proporción de un 30% del total de beneficios generados.

El siguiente cuadro resume los costos para la implementación del proyecto, relacionado con el cálculo del tiempo de recuperación de la inversión.

Tabla IX. **Cálculo del tiempo de recuperación de la inversión**

<b>Tiempo de recuperación de la inversión</b>		
1	Aumento o beneficios por año	\$ 671 440,74
2	Costo total del proyecto incluyendo el costo del equipo, instalación, servicios técnicos, kit de refacciones, embalaje	\$ 400 000,00
3	Número de años para depreciación fiscal	5
4	Depreciación fiscal anual	\$ 80 000,00
5	Ahorros anuales antes de impuestos	\$ 591 440,74
6	Total de impuestos por utilidad	30,00%
7	Impuestos por pagar	\$ 177 432,22
8	Utilidades después de impuestos	\$ 414 008,52
9	Re-adición de la depreciación	\$ 80 000,00
10	Flujo total de efectivo por año	\$ 494 008,52
<b>TRI (Tiempo de recuperación de la inversión en años)</b>		<b>0,81</b>

Fuente: <http://www.banguat.gob.gt/cambio/>. Consulta: 27 de septiembre del 2013.

El cálculo del tiempo de recuperación de la inversión indica que en aproximadamente 0,81 años se recuperará el costo total del montaje e instalación del sistema contador-apilador con embolsadora; por lo cual el proyecto es rentable para la empresa.

### **3.5.1.3. Tasa Interna de Retorno**

El cálculo de la tasa interna de retorno (TIR) se basa en la inversión inicial realizada por la empresa, que tiene un valor total de lo pagado por el sistema contador-apilador con embolsadora; se proyecta el flujo efectivo para 5 años, el cual es el establecido por las leyes guatemaltecas para la depreciación del equipo, de donde se obtienen anualidades constantes al valor utilizado para

el flujo de efectivo del último costo obtenido en el cálculo del tiempo de recuperación de la inversión. En la siguiente tabla se muestra el flujo efectivo, de donde se obtiene el valor de la TIR.

Tabla X. **Flujo de efectivo para el cálculo de la TIR**

Tasa interna de retorno TIR		
Concepto		Monto
Inversión inicial		-\$400 000,00
Flujo de efectivo anual a través de los 5 períodos de la depreciación permitida por el gobierno.	A1	\$ 494 008,52
	A2	\$ 494 008,52
	A3	\$ 494 008,52
	A4	\$ 494 008,52
	A5	\$ 494 008,52
<b>TIR Tasa interna de retorno</b>		<b>121.17 %</b>

Fuente: <http://www.banguat.gob.gt/cambio/>. Consulta: 27 de septiembre del 2013.

Se obtiene una TIR de 121.17 %; esta tasa de interés indica que no existe ni beneficio ni pérdida para el proyecto, y por los beneficios que se obtendrán, es un proyecto rentable para la empresa.

#### 3.5.1.4. Costos de instalación

En los costos de instalación del sistema se requiere de alguna inversión. Estos costos se especifican a continuación.

#### **3.5.1.4.1. Desmontaje del equipo actual**

Son los costos generados por mover la línea de tortillas, entre los que están:

- Mano de obra
- Materiales
- Contrataciones externas (pruebas y ajustes por personal ajeno a la empresa productiva panificadora para entregar el sistema en óptimo funcionamiento).

#### **3.5.1.4.2. Montaje del equipo nuevo**

Las actividades que generan los costos del montaje del equipo nuevo son:

- Instalación del sistema eléctrico
- Instalación del sistema neumático
- Montaje del contador-apilador
- Montaje de la embolsadora
- Montaje del transportador
- Instalación del tablero eléctrico
- Pruebas y ajustes al sistema

### **3.5.2. Costos de equipos y materiales**

Se detallan los costos de los equipos y materiales a utilizar para realizar la instalación del sistema.



### 3.5.2.1. Equipos

Se detallan los costos de accesorios y equipos secundarios del contador-apilador y embolsadora.

#### 3.5.2.1.1. Contador-apilador

Los costos de adquisición del contador-apilador incluyen los componentes, equipo opcional, *kit* de repuestos, servicios externos y los imprevistos que puedan existir al momento del montaje e instalación.

Tabla XI. **Costo del equipo y accesorios de contador-apilador**

COSTO DEL CONTADOR-APILADOR			
Cant.	Descripción	Precio unitario	Valor total
1	Servo de génesis 2, 3, y 4 apilador – contador.	\$74 519,00	
4	Bandejas de entrada del producto.	\$3 600,00	
1	Unidad de índice automática 2,3, 4 fila incluye radio 90 ° combinado con transportador 14 " x 127 "	\$60 500,00	
1	Transportador de transferencia 14 " x 60 " incluye unidad de compresión y guía de alineación	\$14 134,00	
1	Transportadores de engranaje de distribución	\$28 000,00	
1	Línea eléctrica	\$5 400,00	
1	Material de embalaje (750.00 dólares patine x 3)	\$5 550,00	\$191 703,00
	<b>Equipo opcional</b>		
	Kit de piezas de cambio	\$8 950,00	
	Eléctrico 440 v. 3 fases, 60 hz	\$1 702,00	\$10 652
	Servicios externos		\$31 500
	Imprevistos		\$25 000
	<b>TOTAL</b>		<b>\$258 855,00</b>

Fuente: <http://www.banguat.gob.gt/cambio/>. Consulta: 27 de septiembre del 2013.

### 3.5.2.1.2. Embolsadora

Los costos de adquisición la embolsadora incluyen: los componentes, equipo opcional, *kit* de repuestos, servicios externos y los imprevistos que puedan existir al momento del montaje e instalación.

Tabla XII. Costo del equipo y accesorios de embolsadora

<b>COSTO DE EMBOLSADORA</b>			
<b>Cant.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Valor total</b>
1	Embolsadora Formost modelo FFB, 86"	\$67 105,00	
1	Abridores para embolsadora modelo FFB	\$1 380,00	
1	Bolsas continuas	\$6 285,00	
1	Modificaciones y partes para bandeja de bolsas	\$1 680,00	
1	Mejoras de Allen Bradley 1769-L32E	\$6 420,00	
1	Mejoras eléctricas certificadas por UL	\$2 030,00	
1	Pintura con acabado plateado	N/C	
1	Etiqueta en español	N/C	
1	conducido mattop transportador, ampliado 40"	\$7 690,00	
1	Embalaje de exportación	\$1 680,00	
1	Kit de piezas de cambio	\$2 640,00	<b>\$96 910,00</b>
	<b>EQUIPO OPCIONAL</b>		
1	10' transportador		<b>\$17 735,00</b>
	Servicios externos		<b>\$15 500,00</b>
	Imprevistos		<b>\$11 000,00</b>
	<b>Total</b>		<b>\$141 145,00</b>

Fuente: <http://www.banguat.gob.gt/cambio/>. Consulta: 27 de septiembre del 2013.

### 3.5.2.2. Materiales

Para el funcionamiento del sistema deben considerarse los costos de lubricantes y suministro de energía eléctrica.

### 3.5.2.2.1. Lubricantes

El costo de lubricantes para el sistema contador-apilador con embolsadora es menor, ya que solamente las partes mecánicas utilizan grasa del tipo SG-500-HT. A continuación se presentan los costos:

Tabla XIII. Costo de lubricantes

COSTO DE LUBRICANTES		
Descripción	Presentación	Precio unitario
Grasa SG-500-HT	Cartucho	Q175,00
<b>Costo total</b>		<b>Q175,00</b>

Fuente: Tecno Empaques S. A. Consulta: marzo de 2013.

### 3.5.2.2.2. Energía eléctrica

El costo de la energía eléctrica se calcula a partir de las siguientes condiciones:

- La corriente demandada por la máquina es 23.4 amperios.
- El voltaje de fuerza es de 440 volts.
- El costo de la energía eléctrica que cobra la compañía ENERGUATE, es de Q2.28/Kw-h consumido.
- El tiempo efectivo de servicio del sistema es de 21.6 horas; esto corresponde al tiempo de servicio de aproximadamente del 90 % de las 24 horas, ya que es una planta que funciona las 24 horas del día.

Con base en los datos anteriores, se calcula la potencia consumida:

$$\text{Potencia} = I \times V \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

I = corriente eléctrica

V = voltaje fuerza de la máquina

Sustituyendo los datos de la ecuación 5, se obtiene:

$$\text{Potencia} = 23,4 \text{ amp.} \times 440 \text{ volts} = 10\,296 \text{ watt}$$

$$\text{Potencia} = 10\,296 \text{ watt} \times 1 \text{ K watt} / 1000 \text{ watt} = 10,3 \text{ K watt}$$

Del cálculo anterior se obtiene que el sistema consume 10.3 Kw. con base en este dato se obtiene el consumo y costos de energía eléctrica; los cuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla XIV. **Costo de energía eléctrica**

<b>COSTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Costos</b>
Consumo de corriente (I)	23,4 amperios
Consumo de voltaje (V)	440 voltios
Potencia consumida	10,3Kw
Kw-h consumida	222,48Kw-h/día
Kw-h/ mes consumida	6 674,4 K w-h/mes
Costo de la EE en Q/Kw-h	Q2,28
<b>COSTO TOTAL AL MES</b>	<b>Q15 217,63</b>

Fuente: <http://www.energuate.com/tarifas-vigentes>. Consulta: 27 de octubre de 2013.

Para mantener en funcionamiento el sistema instalado, el costo de energía eléctrica para la empresa es de Q 15 217,63 al mes.

## **4. IMPLEMENTACIÓN Y MODIFICACIÓN**

### **4.1. Descripción de la propuesta**

La implementación del nuevo sistema indica que satisface las necesidades para cubrir la demanda del mercado de la región, como también entrega el producto satisfaciendo la necesidad del consumidor. El proyecto es rentable desde los distintos puntos de vista de montaje e instalación, costos de mantenimiento y la recuperación de inversión del sistema.

### **4.2. Pruebas antes de arrancar el equipo**

Para encender el sistema contador-apilador con embolsadora, se verifica si las conexiones eléctricas y neumáticas están cerradas para evitar cualquier tipo de fuga.

Después de realizar estas acciones se gira la válvula neumática principal, y se verifica el manómetro en cada máquina para ajustar y comprobar que la presión de trabajo requerida sea la establecida y constante.

Se verifica el estado de cada uno de los pulsadores de paro de emergencia, como también el interruptor principal localizado en el frente del tablero eléctrico, ya que al accionar cualquiera de estos, la línea debe dejar de funcionar; el botón reinicia el circuito de seguridad luego de haber presionado cualquiera de los pulsadores de paro de emergencia o levantado alguna guarda de seguridad. Se verifica que las poleas de las bandas estén conectadas y apretadas.

El sistema contador-apilador con embolsadora, cuenta con una serie de funciones, las cuales se modifican y ajustan a través de la pantalla del panel de control siendo estos:

- Ayuda: menú de ayuda
- Estadística: para ver las cuentas de paquetes y la velocidad de procesamiento
- Recetas: establece parámetros para un nuevo producto o para cambiar parámetros del producto vigente
- Mantenimiento: para realizar pruebas en la línea
- Administración: para manejar las contraseñas
- Iniciar sesión: introducir contraseña y tener mayor acceso
- Idioma: selección de idioma
- Contador-apilador: ajustar la calibración del contador - apilador
- Auto regulado(ASI) para ajustar o ver la calibración para ASI
- Compresión: para ajustar o ver las escenas para el ponchador de compresión
- Sincronizar: ajustar o ver la calibración de embolsado

Figura 41. **Panel de control sistema contador-apilador con embolsadora**



Fuente: empresa productiva panificadora.

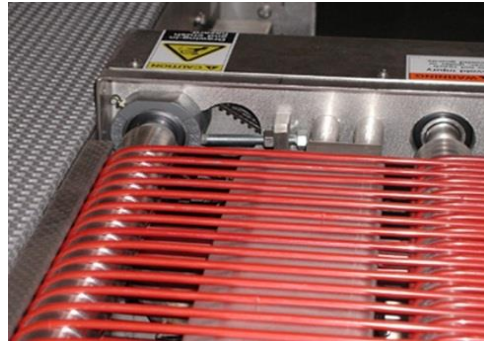
#### 4.2.1. **Ajustes para punto de inicio del equipo**

Luego de realizar las pruebas de arranque de sistema contador-apilador con embolsadora, se realiza una serie de ajustes y sincronización del producto deseado.

Se ajusta la tensión de la banda transportadora, como también el centrado de las guías de apilamiento, para que las tortillas no tengan desviación y queden centradas en cada horquilla.



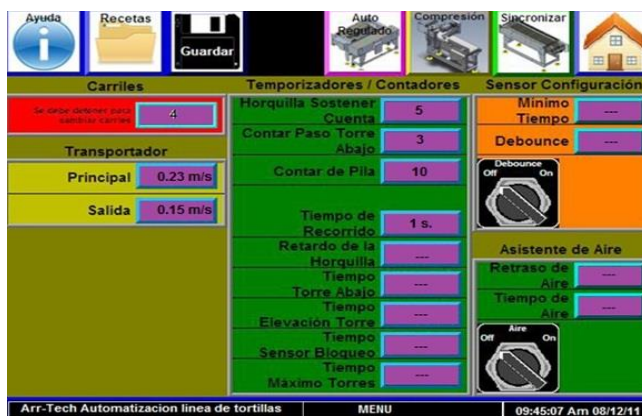
Figura 42. **Banda transportadora**



Fuente: empresa productiva panificadora.

Luego de los ajustes necesarios en la línea, se procede a sincronizar la línea del sistema contador-apilador con embolsadora. Se ingresan los valores del número de carriles a utilizar, los cuales son 4. Mediante pruebas realizadas y ajustes, se determinó que la velocidad de entrada es de 0.23 m/s y la de salida de 0.15 m/s, para el conteo de 10 unidades.

Figura 43. **Pantalla de ajustes iniciales**



Fuente: empresa productiva panificadora.

#### 4.2.1.1. Tipo de producto

Se procede a seleccionar el tipo de producto que va a trabajar el sistema contador-apilador con embolsadora, para lo cual se configura en la pantalla la receta, mediante los pulsadores de flecha situados en el lado derecho de la pantalla; se selecciona “conseguir” para almacenar el número de tortillas que se requiere para luego presionar “guardar”, para que estos valores se mantengan.

Como la producción de tortillas de harina pequeñas en la planta son diversas (tortilla chica 10 pz, tortilla La Mejor, tortillas Consumo), se selecciona “cambiar nombre de receta”, para editar el nombre y los valores para cada una de ellas.

Figura 44. Pantalla para configurar recetas

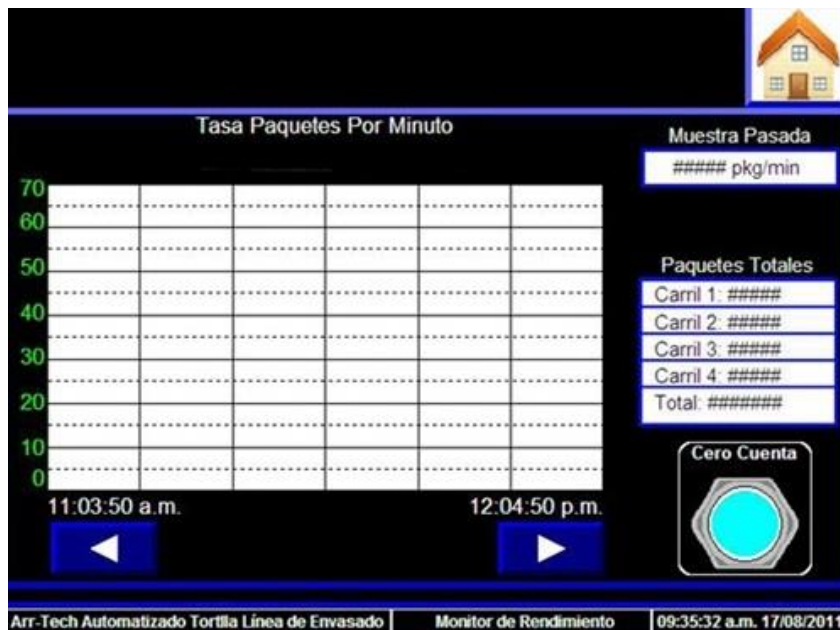


Fuente: empresa productiva panificadora.

#### 4.2.1.2. Ritmo de conteo del producto

En la pantalla del panel de control se muestra el número de paquetes procesados en cada carril y la sumatoria total de la línea, así como también la tasa de procesamiento (paquetes por minuto). Esta cuenta puede ser reiniciada al presionar en la parte inferior derecha “cero cuenta”.

Figura 45. Pantalla de ritmo de conteo de tortillas



Fuente: empresa productiva panificadora.

#### 4.2.1.3. Ritmo de embolsado

Con el montaje e instalación del sistema contador-apilador con embolsadora, el ritmo de embolsado queda como se describe en la siguiente tabla.

Tabla XV. **Ritmo de embolsado mejorado**

<b>AUMENTO DEL RITMO DE EMBOLSADO</b>		
Producto	Unidades	Ritmo (bol. /min.)
Embolsado anterior	10	32
Embolsado nuevo	10	48.8
<b>Aumento del ritmo de embolsado</b>		<b>16.8</b>

Fuente: elaboración propia.

Por lo que se observa el incremento de 16,8 bolsas/min.

#### **4.2.1.4. Tamaño del producto**

Al momento de seleccionar la receta para tortillas de harina chica, en el contador-apilador se inserta la copa al tamaño del producto, en el cual se tiene que realizar el paro, ya sea por algún pulsador de paro o directamente desde el desconectador principal localizado en el frente del tablero eléctrico principal. El procedimiento para el cambio de copa es el siguiente:

- Se desliza cada horquilla interruptora a la posición retraída.
- Se levantan las manijas rojas para hacer subir el pedal de goma y luego la bandeja de inserción de cubeta y se retira del contador-apilador.
- Se introduce la bandeja de copa a utilizar, sobre las clavijas de las guías.
- Se suben las manijas rojas que se encuentran a cada lado de la máquina para bajar el pedal de goma y asegurar la bandeja en su lugar.

- Se levantan los botones de parada de emergencia que hayan sido accionados.
- Se presiona “reinicio” en la pantalla del panel de control y luego el botón “arranque del ciclo”.

Figura 46. **Copa para tortilla chica**



Fuente: empresa productiva panificadora.

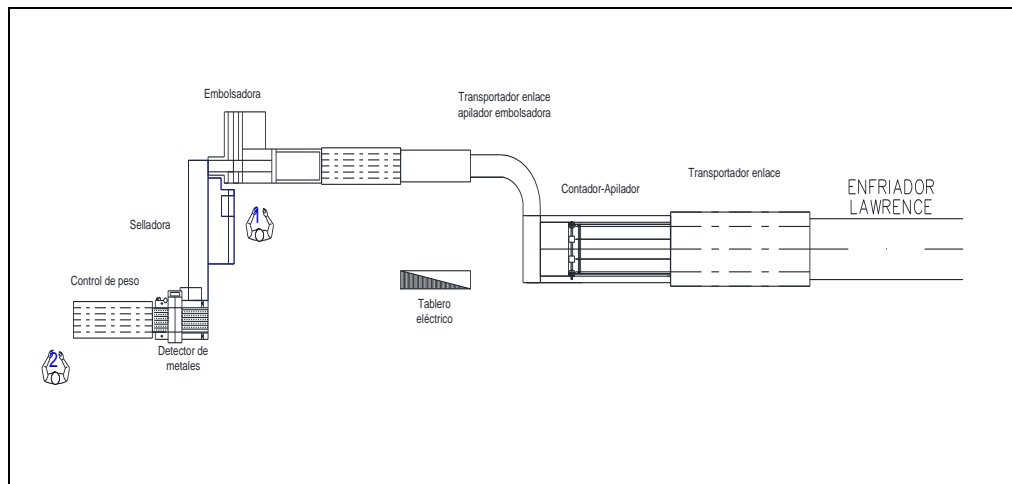
- Colocación de las bolsas: la colocación de las bolsas se puede realizar durante el funcionamiento de la embolsadora, puesto que se tiene el control de la cantidad que se está utilizando, y por lo cual es un procedimiento sencillo, en el que se retiran las guías y el porta bolsas, para introducir un nuevo lote de bolsas a utilizar.

#### **4.2.1.5. Número de operarios**

El número de operarios disminuyó de 8 a 2; se describe a continuación la función de cada uno de ellos:

- Operario1: encargado de suministrar material a la embolsadora, como también de verificar el funcionamiento del sistema.
- Operario 2: recibe el producto embolsado y sellado.

Figura 47. **Número de operarios con el montaje e instalación del sistema**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad.

Con esto se logró disminuir la mano de obra un 75 %, ya que de tener a 8 operarios, se redujo a 2, como se refleja en la siguiente tabla.

Tabla XVI. **Disminución de mano de obra**

	<b>No. de operarios</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Antes del sistema</b>	8	100 %
<b>Después del sistema</b>	2	25 %
<b>Reducción</b>	<b>6</b>	<b>75 %</b>

Fuente: elaboración propia.

#### **4.2.2. Comprobación de funcionamiento**

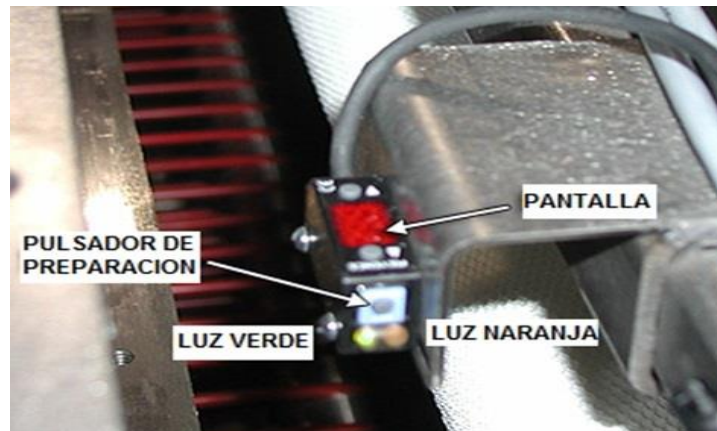
Se realiza la comprobación del funcionamiento de los elementos de sistema instalado, para verificar el estado de cada uno de estos.

##### **4.2.2.1. Sensores de movimiento**

Se procede a comprobar el funcionamiento de los sensores de movimiento tanto, en el contador-apilador como en la embolsadora.

El correcto funcionamiento de los sensores fotoeléctricos es la activación automática al detectar el paso del producto (tortilla para el contador-apilador, pila de tortillas para la embolsadora). Estos dispositivos tienen 2 luces, las cuales funcionan así: la luz verde debe estar encendida siempre y la luz naranja, debe encender cuando el producto es detectado. Para el ajuste de los sensores fotoeléctricos, se coloca el producto en la banda directamente bajo el ojo fotoeléctrico y se presiona el pulsador de preparación; luego se retira el producto y se vuelve a presionar el pulsador de preparación. Con esto se logra que el sensor detecte el paso del producto (tortillas o la pila de tortillas).

Figura 48. **Sensor de movimiento**



Fuente: empresa productiva panificadora.

Si es necesario el ajuste de la posición, se afloja el tornillo y luego se desliza sobre el riel para dejarlo en la posición deseada.

### **4.2.3. Líneas de suministro eléctrico**

Para evitar sobrecarga de voltaje en los equipos, se debe comprobar con el multímetro las líneas de suministro eléctrico, antes de ponerlos en funcionamiento.

#### **4.2.3.1. Ajustes**

En las líneas de suministro eléctrico, se realizaron los siguientes ajustes:

- Voltaje regulado 440 voltios
- Voltaje de control 120 voltios
- Voltaje fuerza 24 voltios



#### **4.2.3.1.1. Lectura de voltaje fuerza (440 voltios)**

El voltaje fuerza para el sistema contador-apilador con embolsadora verifica la acometida eléctrica completa (conductores que provienen desde el banco de transformadores, ductos, tablero general, tablero de distribución e interruptores). Después de analizar acometida eléctrica completa se procede a verificar el sistema eléctrico, el cual para la planta de producciones, el de un sistema trifásico con conexión tipo estrella tetra filiar; se comprueba el voltaje de la línea y voltaje de fase de las líneas de suministro eléctrico general.

#### **4.2.3.1.2. Lectura de voltaje de control (120 voltios)**

A la entrada de las fuentes de suministro eléctrico, se comprueba con un multímetro el voltaje de control 120 voltios para los dispositivos electrónicos que funcionan con un voltaje de 24 VCD.

#### **4.2.3.1.3. Lectura de voltaje regulado (24 voltios)**

A la salida de las fuentes de suministro eléctrico, se utiliza el multímetro para comprobar el voltaje regulado de 24 voltios y si presenta alguna falla se realizan los ajustes necesarios; el sistema utiliza accesorios electrónicos que funcionan con voltaje de 24 VCD y con estas verificaciones se evita posibles sobrecargas.

#### **4.2.4. Líneas de suministro de aire comprimido**

Para el sistema neumático del sistema contador-apilador con embolsadora, se necesita realizar pruebas a los accesorios para verificar que suministren el aire limpio seco requerido.

En el contador-apilador el aire comprimido se utiliza para controlar la velocidad de los elevadores y los cilindros de aire para las horquillas interruptoras y en la embolsadora para el inflado de las bolsas.

##### **4.2.4.1. Verificación de la presión del sistema comprimido**

Se verifica la presión de sistema de aire comprimido entregado por el suministro principal de la planta al contador-apilador, el cual debe ser aire limpio y seco, a una presión de 120 psi, la cual es regularizada por el filtro y regulador automático para entregar una presión constante de 40 psi. Para la embolsadora se requiere una presión constante de 85 psi.

#### **4.3. Diagramas de procesos mejorados**

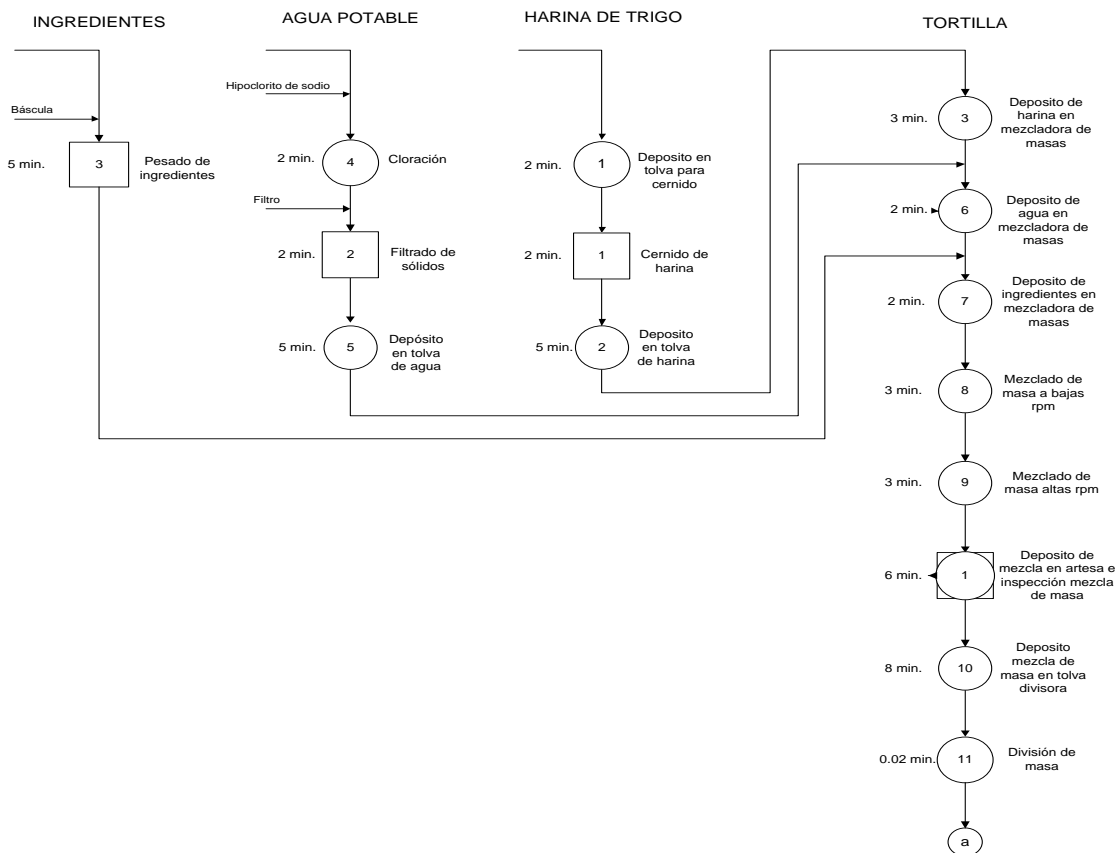
Se realizaron los diagramas de proceso de operación, flujo y recorrido en donde se incluye el sistema contador-apilador con embolsadora para la elaboración de tortillas de harina, en los cuales se describen las actividades y el tiempo de ejecución.

### 4.3.1. Diagrama de proceso

Se realizó el diagrama de operación en el cual se indican las principales operaciones e inspecciones de producción de la línea de tortillas de harina, en el cual se incluyen las operaciones del sistema contador-apilador con embolsadora.

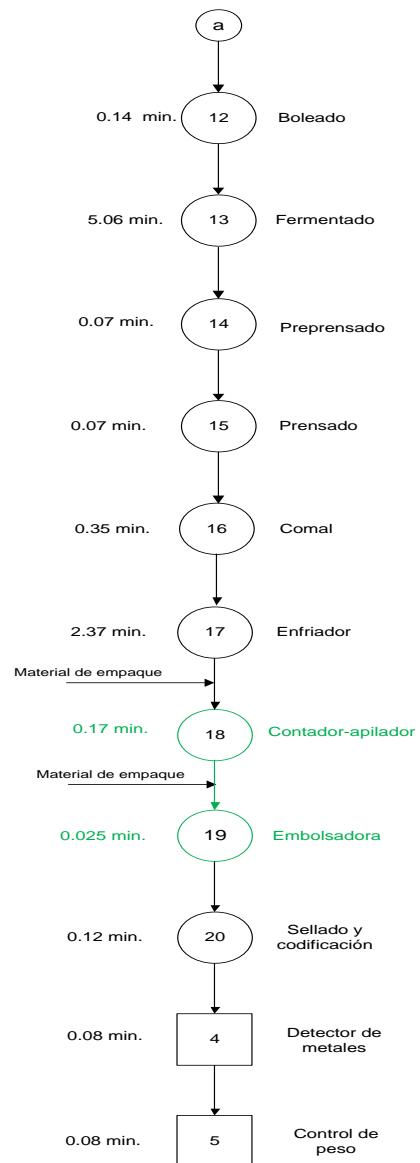
Figura 49. Diagrama de proceso mejorado

DIAGRAMA DE OPERACIÓN	
<b>Empresa:</b> productiva panificadora	<b>Analista:</b> Jairo Salazar
<b>Departamento:</b> producción	<b>Página:</b> 1/2
<b>Producto:</b> tortillas	<b>Fecha:</b> octubre de 2012
<b>Método:</b> mejorado	



Continuación de la figura 49.

DIAGRAMA DE OPERACIÓN	
<b>Empresa:</b> productiva panificadora	<b>Analista:</b> Jairo Salazar
<b>Departamento:</b> producción	<b>Página:</b> 2/2
<b>Producto:</b> tortillas	<b>Fecha:</b> octubre de 2012
<b>Método:</b> mejorado	



Resumen		
Símbolo	Cantidad	Tiempo(min)
○	20	43,4
□	5	9,16
○□	1	6
<b>Sumatoria</b>	<b>26</b>	<b>58,56</b>

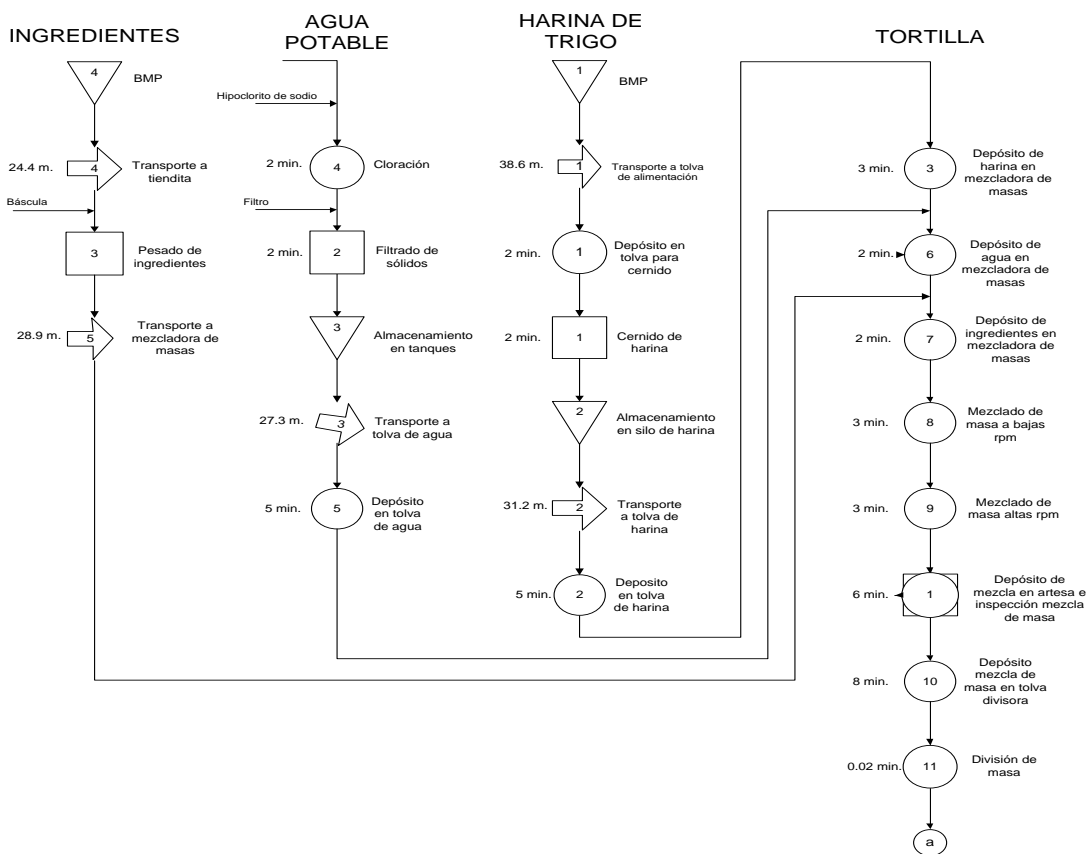
Fuente: elaboración propia.

### 4.3.2. Diagrama de flujo

Se realizó el diagrama de flujo en el cual se indican las operaciones, inspecciones, almacenaje, transporte, demora de la línea de producción de la línea de tortillas de harina. Se incluyen las operaciones realizadas por el sistema contador-apilador con embolsadora.

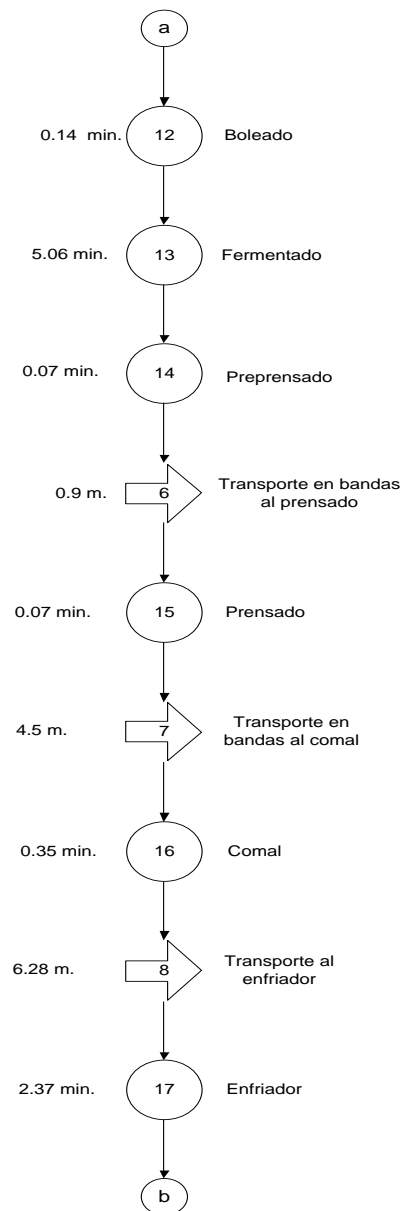
Figura 50. Diagrama de flujo mejorado

DIAGRAMA DE FLUJO	
<b>Empresa:</b> productiva panificadora	<b>Analista:</b> Jairo Salazar
<b>Departamento:</b> producción	<b>Página:</b> 1/3
<b>Producto:</b> tortillas	<b>Fecha:</b> octubre de 2012
<b>Método:</b> mejorado	



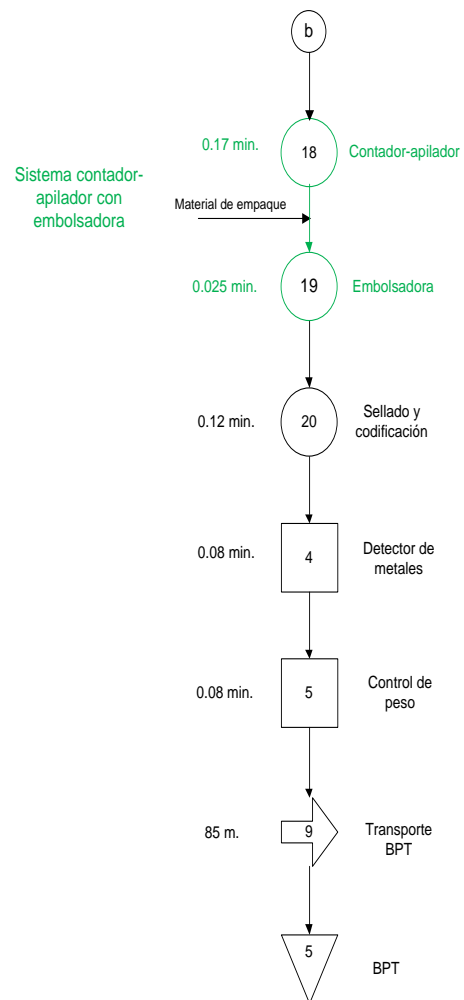
Continuación de la figura 50.

DIAGRAMA DE FLUJO	
<b>Empresa:</b> productiva panificadora	<b>Analista:</b> Jairo Salazar
<b>Departamento:</b> producción	<b>Página:</b> 2/3
<b>Producto:</b> tortillas	<b>Fecha:</b> octubre de 2012
<b>Método:</b> mejorado	



Continuación de la figura 50.

DIAGRAMA DE FLUJO	
<b>Empresa:</b> productiva panificadora	<b>Analista:</b> Jairo Salazar
<b>Departamento:</b> producción	<b>Página:</b> 3/3
<b>Producto:</b> tortillas	<b>Fecha:</b> octubre de 2012
<b>Método:</b> mejorado	



Resumen			
Símbolo	Cantida d	Tiempo (min.)	Distancia (m.)
○	20	43,4	--
□	5	9,16	--
◻	1	6	--
➡	9	--	247,08
D	0	--	--
▽	5	--	--
<b>Sumatoria</b>	<b>40</b>	<b>58,56</b>	<b>247,08</b>

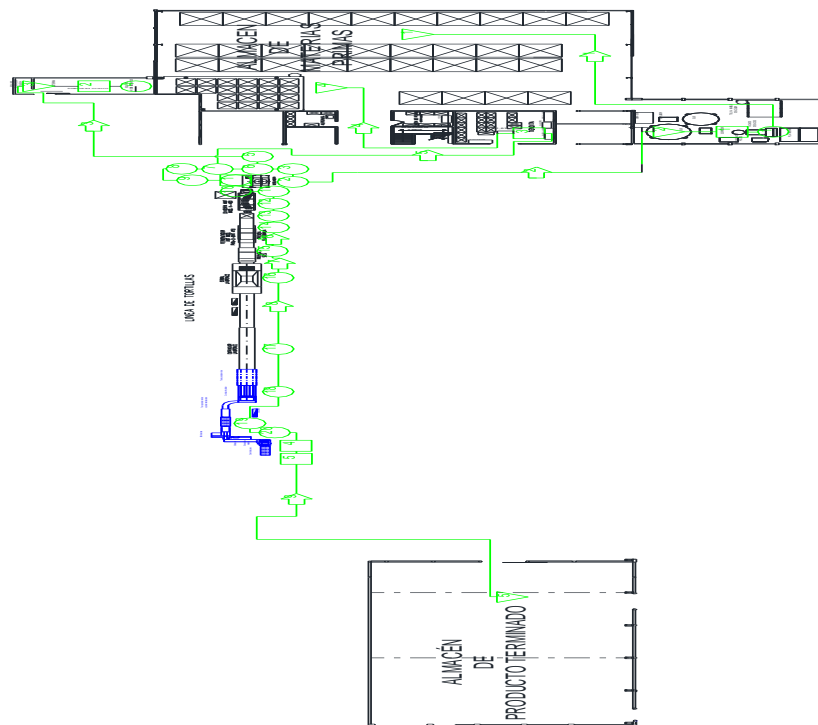
Fuente: elaboración propia.

### 4.3.3. Diagrama de recorrido

La realización del diagrama de recorrido indica el manejo de materiales y la distribución de los procesos, por lo cual se realizó el diagrama de recorrido de la línea de producción de la línea de tortillas de harina incluyendo el sistema instalado.

Figura 51. Diagrama de recorrido mejorado

DIAGRAMA DE RECORRIDO	
<b>Empresa:</b> productiva panificadora	<b>Analista:</b> Jairo Salazar
<b>Departamento:</b> producción	<b>Página:</b> 1/1
<b>Producto:</b> tortillas	<b>Fecha:</b> octubre de 2012
<b>Método:</b> mejorado	



Fuente: elaboración propia.



#### **4.3.4. Diagrama de proceso bimanual**

Al efectuar el montaje e instalación del sistema contador-apilador con embolsadora, se descartan los colaboradores que realizaban el conteo y apilado e insertaban las tortillas en las bolsas, por lo cual no se realiza el diagrama bimanual mejorado.

## **5. SEGUIMIENTO, MEJORA CONTINUA**

### **5.1. Trabajo de campo**

Para el montaje e instalación del sistema contador-apilador con embolsadora se tendrán en cuenta los factores relacionados con productividad, montaje e instalación, seguridad industrial y posibles mejoras de funcionamiento.

#### **5.1.1. Hallazgos**

Durante la ejecución del montaje e instalación del sistema contador-apilador con embolsadora, se encontró: la falta de descripción de las tareas a realizar durante el mantenimiento preventivo, formato de lubricación confuso, archivo donde se especifique la situación durante y después del funcionamiento de diversos accesorios y control de calidad de empaque final del producto.

### **5.2. Plan de mantenimiento preventivo**

Este es el elemento de referencia básico que, de forma sistemática y ordenada establece las bases sobre las cuales se ejecutarán las actividades de mantenimiento establecidas en su programación. Esto con el objetivo de alargar la vida de los equipos e instalaciones y prevenir el paro de actividades laborales por imprevistos. El principal propósito es planificar periodos de paralización de trabajo en momentos específicos, para inspeccionar y realizar las acciones de mantenimiento del equipo, con lo que se evitan reparaciones de emergencia.

Con un plan de mantenimiento preventivo bien ejecutado se mejora la productividad hasta en 25 %, reduce el 30 % de los costos de mantenimiento y se alarga la vida de la maquinaria y equipo hasta en un 50 %.

### **5.2.1. Descripción de las tareas de mantenimiento**

Las tareas de mantenimiento preventivo son las actividades que se deben realizar al sistema contador-apilador con embolsadora, para mantener su correcto funcionamiento. Siendo estas tareas las siguientes:

- Tareas condicionales: se realizan dependiendo del estado en que se encuentre el equipo.
  - Limpieza en el equipo antes, durante y después de la operación.
  - Ajustes del sistema por si se localiza un desajuste (presión, temperatura, lubricación, etc.).
  - Cambio de piezas, si tras una inspección o verificación se observa que es necesario realizar el reemplazo de algún elemento del sistema contador-apilador con embolsadora.
- Tareas sistemáticas: como parte del mantenimiento preventivo, se realiza a cada cierto tiempo, sin importar cómo se encuentre el equipo (limpieza, ajustes, sustitución de piezas, etc.).

## 5.2.2. Rutinas de mantenimiento semanales

Se realiza la rutina de mantenimiento semanal y diario a los componentes que presentan un mayor desgaste.

Tabla XVII. **Formato para realizar mantenimiento preventivo diario**

MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
MÁQUINA:		CONTADOR-APILADOR	
LÍNEA:		TORTILLAS	MANTENIMIENTO: <b>DIARIO</b>
REALIZÓ:		ORDEN DE TRABAJO:	
No.	Partes a revisar	Actividades	Observaciones
1	Banda de transportador	Inspeccionar tensión de banda	
2	Banda de alimentación	Inspeccionar tensión de banda	
3	Sensores fotoeléctricos y de proximidad	Inspeccionar el funcionamiento apropiado de sensores	
4	Filtro de unidad de preparación aire	Inspeccionar filtro, drenar si es necesario	
5	Cable de servomotores	Inspeccionar cables de tierra de los servomotores	
		Repuestos	
MÁQUINA:		EMBOLSADORA	
No.	Partes a revisar	actividades	Observaciones
1	Filtro de aire	Inspeccionar limpieza del filtro de aire	
2	Guías	Revisar movimiento libre de las guías	
3	Embolsadora	Inspeccionar funcionamiento sin bolsas	
4	Limpieza	Limpiar y sanitizar equipo después de intervención	
		Repuestos	
REVISIÓN	MANTTO:	REALIZÓ:	
	PRODUCCIÓN:		
	SANIDAD:		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Formato para realizar mantenimiento preventivo semanal**

<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>			
MÁQUINA: _____		CONTADOR-APILADOR _____	
LÍNEA: <u>TORTILLAS</u>		MANTENIMIENTO: <b>SEMANAL</b>	
REALIZÓ: _____		ORDEN DE TRABAJO: _____	
No.	Partes a revisar	Actividades	Observaciones
1	Sistema neumático	Verificar operación y velocidad adecuada. Verificar funcionamiento de componentes (filtro, válvulas, manómetro). Revisar presión de aire 80 psi.	
2	Chumacera	Lubricar con grasa los componentes. Apretar tornillos si es necesario	
3	Cadena de rodillos	Verificar tensión de la cadena(ajustar y lubricar cuando se requiera).	
4	Banda de distribución	Verificar el desgaste y la tensión (reemplazar o ajustar cuando se necesite)	
5	Bandas de plástico	Reemplazar bandas desgastadas o sobre alargadas.	
6	Cadena del transportador	Inspeccionar y reemplazar si es necesario.	
7	Entrada contador-apilador	Controlar el funcionamiento de ojos fotoeléctricos, interruptores de proximidad, sensores, servomotores y horquillas interruptoras.	
8	Sistema de seguridad	Verificar guardas y contra guardas estén en su lugar. Verificar estado físico de paros de emergencia y comprobar su funcionamiento. Verificar estado físico de micros de seguridad.	
9	Sujetadores	Verificar vibración de la máquina.	
		Repuestos	
MÁQUINA: _____		EMBOLSADORA _____	
No.	Partes a revisar	Actividades	Observaciones
1	Sistema neumático	Revisar funcionamiento, realizar ajustes si es necesario. Revisar mangueras, reemplazar si es necesario. Revisar inyectores de aire. Revisar válvula solenoide.	
2	Chumaceras	Revisar torque de cojinetes, cambiar cojinetes si es necesario. Revisar condición física de los ejes.	
3	Cadenas	Revisar y engrasar.	
4	Porta bolsas	Verificar que no haya desgaste en bujes. Verificar correcto funcionamiento de inflado de bolsas.	
5	Sensor fotoeléctrico	Revisar funcionamiento.	
REVISIÓN		MANTTO: _____	REALIZÓ: _____
		NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
		PRODUCCIÓN: _____	
		NOMBRE Y FIRMA	
		SANIDAD: _____	
		NOMBRE Y FIRMA	

Fuente: elaboración propia.

### 5.2.3. Rutinas de mantenimiento anual

Esta rutina está incluida en el programa de mantenimiento anual de la planta, en la cual la verificación de cada uno de los componentes se realiza detalladamente.

Tabla XIX. Formato para realizar mantenimiento preventivo anual

MANTENIMIENTO PREVENTIVO			
MÁQUINA: _____		CONTADOR-APILADOR	
LÍNEA: _____		MANTENIMIENTO: <b>ANUAL</b>	
REALIZÓ: _____		ORDEN DE TRABAJO: _____	
No.	Partes a revisar	Actividades	Observaciones
1	Interruptor de arranque	Revisar y limpiar módulo de arranque	
2	Mordaza	Inspeccionar correa del transportador	
3	Motor reductor	Realizar análisis de vibración a motor del reductor y análisis de vibración de caja reductora Medir amperaje de motor (fase 1, 2 y 3) Verificar estado físico de ventilador, retenedores internos, externos y aislamiento de devanados Reapretar conexiones eléctricas Cambiar rodamiento si es necesario	
4	Sistema eléctrico	Inspeccionar cables eléctricos, cordones, accesorios	
5	Terminales eléctricas	Verificar conexiones seguras	
		Repuestos	
MÁQUINA: _____		EMBOLSADORA	
No.	Partes a revisar	Actividades	Observaciones
1	Sistema neumático	Verificar operación y velocidad adecuada Desmontar y limpiar válvula de solenoide Verificar funcionamiento de componentes (filtro, válvulas) Revisión presión de aire	
2	Motor reductor	Reapretar tornillería de anclaje Anotar corriente que consume y la placa del motor Revisar tapa del motor Revisar condición de baleros Realizar limpieza de motor en seco verificar el aseguramiento del ajuste de la prensa	
3	Embolsadora	Realizar pruebas a equipo Revisar sincronización de todo el ciclo de embolsado	
4	Revisión final	Revisar que no existan tornillos sueltos, herramientas, accesorios de limpieza, ni cualquier objeto extraño al equipo	
REVISIÓN	MANTTO:	_____	REALIZÓ: _____
		NOMBRE Y FIRMA	NOMBRE Y FIRMA
	PRODUCCIÓN:	_____	
		NOMBRE Y FIRMA	
	SANIDAD:	_____	
		NOMBRE Y FIRMA	

Fuente: elaboración propia.

### **5.2.3.1. Tareas de mantenimiento preventivo**

Las tareas de mantenimiento preventivo se pueden clasificar en 3 tipos, siendo estas: críticos, importantes y tolerables.

- En las tareas tolerables están las inspecciones visuales, lubricación y lectura de instrumentos propios del sistema. El costo es bajo, y el daño que puede sufrir el sistema es asumible.
- Entre las tareas importantes están: verificaciones con instrumentos externos al equipo, limpieza, ajustes, sustitución de determinados elementos, así como tareas de tipo condicional; estas tareas solo se llevan a cabo si el sistema presenta algún problema. Si fuese así, el mecánico busca las causas para después tomar la decisión de reparar.
- Las tareas críticas son las que presentan graves consecuencias y se debe realizar cualquier actividad para evitarlas. El personal debe actuar para evitar o minimizar los efectos limpiando, ajustando, sustituyendo piezas o realizar revisiones, sin esperar a que el equipo presente problemas.

### **5.2.3.2. Tareas de lubricación**

La lubricación tiene fundamentalmente dos diferentes funciones:

- Proteger la maquinaria
- Detallar información acerca de las condiciones de operación de la maquinaria y la presencia de posibles de fallas.

Al efectuar la lubricación el personal de mantenimiento, con la ayuda de la lista de inspección, podrá darse cuenta de la temperatura, color, olor y vibración anómala en el sistema, con lo cual podrá determinar si las condiciones que presenta puedan convertirse en una falla potencial. Los lubricantes deben inspeccionarse y verificarse según su condición con base en las recomendaciones del fabricante del equipo; estos se deben manejar y hacer uso correcto desde el momento que se adquieren hasta cuando se desechan.

Tabla XX. **Formato para control de lubricación**

CONTROL DE LUBRICACIÓN															
LUBRICACIÓN DE MÁQUINARIA Y EQUIPO															
MÁQUINA: CONTADOR-APILADOR CON EMBOLSADORA															
LÍNEA: <u>TORTILLAS</u> MANTENIMIENTO: <u>TRIMESTRAL</u>															
ENCARGADO: _____      ORDEN DE TRABAJO: _____															
FECHA DE INICIO: _____      FECHA DE FINALIZACIÓN: _____															
ACTIVIDADES A REALIZAR	SEMANA														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	13	14
Lubricación															
Revisión mecánica															
Limpieza															
Revisión de transmisión															
Revisión de aceite															
Eliminación de exceso															
Golpeteo de cadena															
Revisión de cuñero															
Revisión de nivel															
Colocación de pernos															
Reapretar															
Alineación															
Reapretar de poleas															
Revisar cople															
Revisar bandas															
Cambio de elementos															
Sopletear de filtros															
Purga y limpieza de filtros															
Área															
Fecha de checador															
OBSERVACIONES															
REALIZÓ: _____      REVISÓ: _____															
NOMBRE Y FIRMA      NOMBRE Y FIRMA															

Fuente: elaboración propia.



## 5.2.4. Costos de mantenimiento

Los costos de mantenimiento para el sistema se toman en cuenta en repuestos y servicios externos.

### 5.2.4.1. Repuestos

Se adquirió el *kit* de repuestos del sistema contador-apilador con embolsadora, con el fin de mantener siempre un *stock* en el almacén de repuestos. Con esto se pretende evitar paros no programados por falta de repuestos o la adquisición de estos a costos más elevados.

Tabla XXI. Costo de repuestos del sistema contador-apilador con embolsadora

COSTOS DEL <i>KIT</i> DE REPUESTOS DE SISTEMA CONTADOR-APILADOR CON EMBOLSADORA		
Descripción	Marca	Valor total
Ojo fotoeléctrico antirreflejante	Keyence	
Ojo fotoeléctrico anti reflejante de amplitud corta	Keyence	
Sensor de proximidad	Festo	
Válvula neumática / slice 24v	Festo	
Puente de corriente	Festo	
Cilindro neumático de 1 x 13"	Festo	
Control de flujo 1/4 npt – tubo 1/4"	SMC	
Juego refacciones cilindro neumático a98-k0n-eb	Numatics	
Banda de accionamiento 1/4" x 100 con clips	Fenner	
Vertedero con control de flujo, tubo 1/4", 1/8 npt	Q Dump	
Banda de distribución, cadena p, gt2 8mgt-800		
Corona dentada, 12 dientes x 1k		
Banda de accionamiento 1/2p 40" ancho		
Aislador de estática 1/4-20 x 1/4-20 (torre de apilado)		
8 m. De cable con desconectores rápidos		
<b>TOTAL</b>		<b>\$11 590,00</b>

Fuente: <http://www.banguat.gob.gt/cambio/>. Consulta 27 de septiembre del 2013.

#### 5.2.4.2. Servicios externos

La empresa productiva panificadora contrata servicios externos solamente para el montaje e instalación del sistema contador-apilador con embolsadora; luego de esto la empresa se hace cargo del mantenimiento, por medio del personal que está capacitado para las diversas rutinas de mantenimiento.

### 5.3. Índices de mejora

Para realizar la evaluación de las mejoras realizadas en la línea de tortilla de harina, se mide lo siguiente: eficiencia de la máquina, eficiencia de la línea, reducción de paros no programados y aumento de productividad.

#### 5.3.1. Eficiencia de la maquina según la OEE

La OEE es una razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de una maquinaria industrial o una línea de producción.

Para calcular la OEE se multiplican tres razones porcentuales: la disponibilidad, la eficiencia y la calidad. Los datos utilizados para calcular la OEE se tomaron de una semana aleatoria.

- Disponibilidad

$$Disponibilidad = \left( \frac{TO}{TPO} \right) \times 100 \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

TPO = tiempo total de trabajo – tiempo de paradas planificadas

TO = TPO + paradas o averías

$$\text{Disponibilidad} = \left( \frac{150 \text{ horas} - 6.5 \text{ horas}}{168 \text{ horas} - 18 \text{ horas}} \right) \times 100 = 95.67 \%$$

- Eficiencia

$$\text{Eficiencia} = \left( \frac{\text{Producción total real}}{\text{Producción teórica en el tiempo operativo}} \right) \times 100 \quad (\text{Ec. 7})$$

Donde:

Producción total real = 488 unidades x 140 horas

Producción teórica en el tiempo operativo = 488 unidades x 150 horas

$$\text{Eficiencia} = \left( \frac{68320 \text{ unidades}}{73200 \text{ unidades}} \right) \times 100 = 93,33 \%$$

- Índice de calidad

$$\text{Calidad} = \left( \frac{\text{Producción conforme}}{\text{Producción total real}} \right) \times 100 \quad (\text{Ec. 8})$$

$$\text{Calidad} = \left( \frac{67380}{68320} \right) \times 100 = 98,62 \%$$

$$\text{OEE} = 95,67\% \times 93,33\% \times 98,62\% = 88,06 \%$$

### 5.3.2. Eficiencia de la línea

Con el valor obtenido se procede a medir la eficiencia de la línea, mediante la siguiente tabla:

Tabla XXII. Rangos de eficiencia de la OEE

OEE	Nivel	Descripción
OEE < 65%	Inaceptable	Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.
65% < OEE < 75%	Regular	Aceptable solo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.
75% < OEE < 85%	Aceptable	Continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la <i>WorldClass</i> . Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85% < OEE < 95%	Buena	Entra en valores <i>WorldClass</i> . Buena competitividad.
OEE > 95%	Excelencia	Valores <i>WorldClass</i> . Excelente competitividad.

Fuente: <http://www.produktika.com/es/cas/problem05.php>. Consulta 20 de septiembre de 2012.

Por lo cual la línea de tortillas de la planta de producción se encuentra en: 85 % < OEE < 95 % Buena. Entra en valores *WorldClass*. Buena competitividad.

### 5.3.3. Aumento de volumen de producción

El sistema contador-apilador con embolsadora es más eficiente y rápido; por lo cual cuenta-apila y embolsa una mayor cantidad por minuto; a continuación se presentan los datos anteriores y los actuales:

Tabla XXIII. **Aumento del volumen de producción**

	Planchadas * minuto	Piezas. * minuto	Aumento piezas. / min
Producción anterior	13.33	320	
Producción actual	15.25	488	168

Fuente: elaboración propia.

Por lo cual se calcula el aumento de producción:

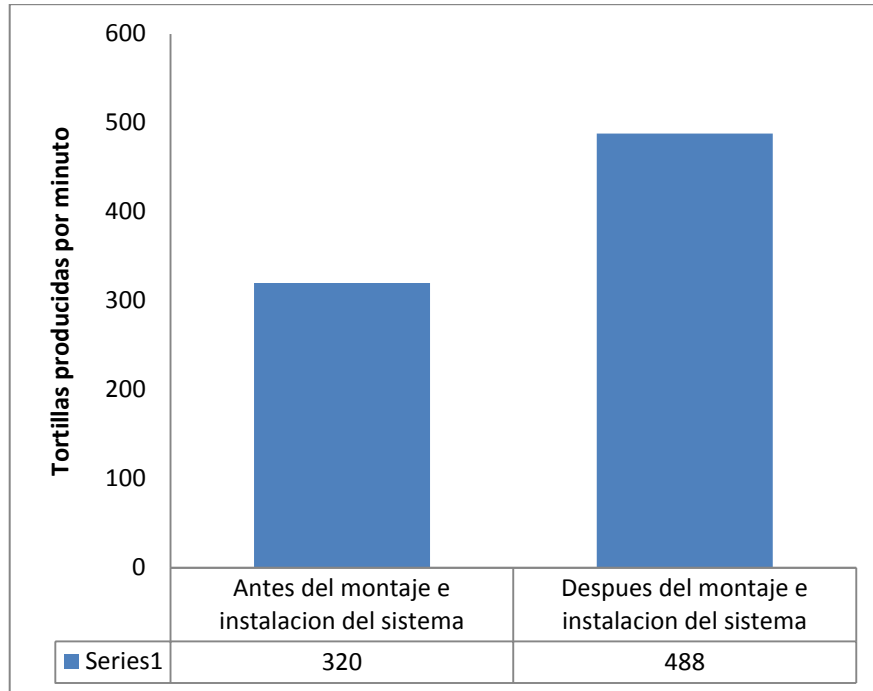
$$\% \text{ de aumento producción} = \left( \left( \frac{\text{producción actual}}{\text{producción anterior}} \right) - 1 \right) \times 100 \quad (\text{Ec. 9})$$

$$\% \text{ de aumento producción} = \left( \left( \frac{488}{320} \right) - 1 \right) \times 100$$

$$\% \text{ de aumento producción} = 40 \%$$

La producción anterior era de 320 tortillas/min. Al efectuar el montaje e instalación del sistema contador-apilador con embolsadora, la producción aumentó a 488 tortillas/ min. Esto representa un aumento de producción de un 40 %. Ver gráfico comparativo en la siguiente página.

Figura 52. **Comparativo del aumento de producción**



Fuente: elaboración propia.

#### 5.3.4. **Reducción de paros no programados**

El índice de paro por falla mecánica (IPFM) que utiliza la planta de producción refleja reducción de paros no programados; esto a través de comparar valores del mes de octubre de 2011 y agosto 2012, periodo en el que se realizó el montaje e instalación del contador-apilador con embolsadora, de donde refleja una reducción de paros no programados del 81,75 %.

Tabla XXIV. **Reducción paros de mantenimiento**

<b>REDUCCIÓN PAROS DE MANTENIMIENTO</b>	
<b>Mes</b>	<b>Horas de IPFM</b>
oct-11	35,61
jun-12	6.5
% reducción	81,75 %

Fuente: elaboración propia.

#### **5.4. Control de calidad del proceso de producción de tortillas de harina**

Las tortillas de harina chica elaboradas en planta de la empresa productiva panificadora deben pasar un control de calidad para poder ser distribuidas al mercado; entre los aspectos con que debe cumplir se pueden mencionar: diámetro y simetría, grosor (espesor), temperatura, empaque.

##### **5.4.1. Dimensiones y especificaciones de producción**

Es de suma importancia estandarizar el diámetro, grosor y temperatura de tortilla de harina elaborada en línea de producción, por lo cual a continuación se describen los valores establecidos.

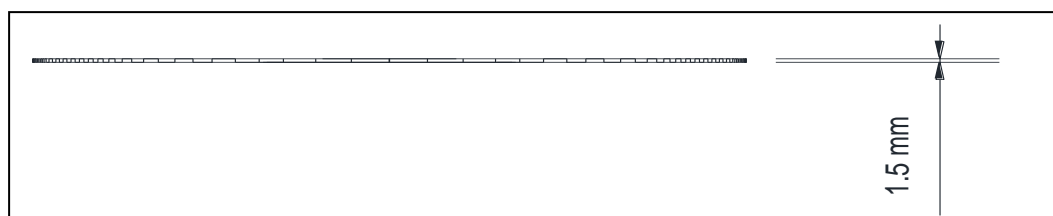
###### **5.4.1.1. Diámetro establecido**

Las tortillas de harina pequeñas producidas, tienen un diámetro establecido de 15 cm; es importante tener un control en el boleado y en el preprensado, ya que la simetría y diámetro de la tortilla dependen de estos factores.

#### 5.4.1.2. Grosor del producto terminado

El grosor establecido de la tortilla chica, es de 1,5 mm. Para obtener este grosor se debe tener control en la prensa y el tiempo de prensado, ya que la presión aplicada es de 300 – 600 psi.

Figura 53. Grosor tortilla chica



Fuente: elaboración propia.

#### 5.4.1.3. Temperatura

La temperatura a la que deben estar las tortillas de harina al momento de su envoltura es de 29- 31°C; con esto se evita la humedad dentro de la bolsa.

#### 5.4.2. Empaque del producto terminado

El empaque del producto es la presentación final hacia el consumidor, por lo cual debe tener características e información hacia el consumidor final.

##### 5.4.2.1. Hermeticidad

Se debe proteger las tortillas de harina por medio de la envoltura, y para esto la hermeticidad del empaque a utilizar es importante, puesto que previene la humedad e introducción de partículas que rodean al producto a su alrededor



al momento de ser empacado dentro de la planta, como también de diversos factores de contaminación del medio ambiente, al que pueda estar expuesto para su distribución y venta.

#### **5.4.2.2. Código de barras**

Para el empaque de tortillas de harina, se utiliza en las bolsas el código de barras lineal. Este tipo de código es de suma importancia, puesto que se puede tener un control del *stock* de mercadería existente; permite automatizar el registro y seguimiento de los productos, y obtienen los beneficios de los distribuidores, tales como: agilidad en etiquetar precios (ya que no se realiza sobre el artículo) y poseer estadísticas sobre ventas. Todos estos beneficios que se obtienen mediante el código de barras aseguran que la venta sea de forma fácil y segura.

#### **5.4.2.3. Código de producción**

Como parte de las normas de Buenas Prácticas de Manufactura, en cada bolsa de tortillas de harina elaboradas se muestra la fecha de producción y la caducidad del producto.

#### **5.4.3. Seguridad e higiene industrial**

Dentro de los objetivos como empresa y el cuidado integral de los trabajadores, se ha implementado un sistema de seguridad industrial para prevenir accidentes laborales, por lo cual se debe cumplir las políticas establecidas en el sistema implementado.

#### **5.4.3.1. Política de seguridad de la empresa**

La empresa productiva panificadora realiza un gran esfuerzo en el análisis de instalaciones, procesos y equipos, así como en la consistencia en el cumplimiento de las normas de trabajo y reglamentos. Uno de los principios de la política de seguridad y salud es considerar este tema como una inversión, no como un gasto. El modelo de seguridad y salud es un modelo de gestión de prevención de riesgos laborales. El objetivo de dicho modelo es integrar y registrar actividades y procedimientos de seguridad en las operaciones

##### **5.4.3.1.1. Programa de capacitación para el personal**

Los esfuerzos para desarrollar al personal son prioritarios. Una de las prácticas más comunes es capacitarlos, entrenarlos y propiciar su constante desarrollo. El desarrollo nunca termina; cuando un trabajador domina las funciones relacionadas con su puesto, se procura capacitarlo para más puestos laterales o superiores.

Se aplica constantemente el principio de subsidiaridad, en el cual se aspira a que los colaboradores crezcan en todos los aspectos.

Para lograr esto, los jefes también tienen que atravesar por una actualización continua en la que aprenden la aplicación de los principios y la filosofía de participación. Un buen colaborador es mejor en la medida en que aprende y se desarrolla. Como producto de las capacitaciones, se logran grandes resultados para la empresa, como también el trabajador aumenta sus conocimientos y habilidades.

La empresa productiva panificadora, por medio de la Universidad Virtual (UV), actualiza cursos institucionales para contribuir a la concientización en el tema de seguridad. Desarrolla seminarios pilotos en seguridad y salud, en donde se promueve la responsabilidad y el cuidado personal de cada colaborador, independientemente de su función en empresa.

#### 5.4.3.1.2. Equipo de seguridad

El personal de mantenimiento y producción, cuenta con equipos de seguridad, así como el personal externo que realiza distintos trabajos dentro de la planta; debe ingresar y laborar con los equipos de seguridad necesarios para realizar el trabajo, los cuales se describen en la siguiente tabla:

Tabla XXV. **Equipo de seguridad personal**

<b>EQUIPO DE SEGURIDAD PERSONAL</b>	
Mantenimiento	Producción:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para laborar en la planta:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Cinturón porta herramientas</li> <li>○ Calzado de seguridad</li> <li>○ Lentes</li> <li>○ Guantes</li> <li>○ Cofia</li> <li>○ Cubre boca</li> </ul> </li> <li>• Para trabajos extras:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Caretas de soldadura</li> <li>○ Guantes de cuero para soldadura</li> <li>○ Gabacha de cuero para soldadura</li> <li>○ Arnés de seguridad</li> <li>○ Cascos de seguridad</li> </ul> </li> <li>• Tapones para oídos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzado de seguridad</li> <li>• Lentes</li> <li>• Guantes de cuero</li> <li>• Cinturón de cuero</li> <li>• Mandil</li> <li>• Cofia</li> <li>• Cubre boca</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

#### **5.4.3.1.3. Prevención de accidentes**

Con el objetivo de reducir accidentes y mejorar la prevención de riesgos, se realizan diferentes programas en las áreas de formación, consejería, emergencias y tratamiento de enfermedades.

Se cuida por encima de todo la integridad física y mental de cada uno de los colaboradores. Se cree que los accidentes se pueden prevenir, por lo que se dedica todo el esfuerzo a la prevención de los mismos y capacitación del personal.

Como empresa implementa su modelo de seguridad y salud. Este modelo incluye medidas preventivas y correctivas. Los jefes y colaboradores, son los responsables directos de dar seguimiento al modelo de seguridad y salud en sus áreas de trabajo, por lo que el compromiso con cada jefe hacia la seguridad debe ser visible y demostrado en todo momento.

En caso de ocurrencia de algún accidente, el jefe directo tiene que emitir un reporte de accidentes graves o fatales, el cual compartirá con todas las direcciones y, en particular con la dirección regional a cargo. Este documento asegura el conocimiento sobre los accidentes en todos los niveles de la organización para evitar la reincidencia de los mismos.

El modelo de seguridad y salud se enfoca en conceptos básicos de seguridad, reglas y procedimientos, primeros auxilios, detección y prevención de riesgos, procedimientos de emergencia, investigación y análisis de incidentes y accidentes, cultura en seguridad vial y manejo seguro.

#### **5.4.4. Higiene en la elaboración del producto**

Para garantizar la inocuidad sanitaria al elaborar las tortillas de harina por el personal y que las mismas mantengan sus cualidades y contenido nutricional, se cumplen diversos factores en al ingresar a planta de producción.

##### **5.4.4.1. Uniformes**

El uniforme es muy importante, por lo cual se posee una política de utilizar uniformes limpios, lo que indica no permitir que el personal operativo ingrese a las instalaciones con el uniforme de trabajo. El personal debe cambiarse antes de entrar a las áreas de procesamiento de alimentos.

##### **5.4.4.2. Reglas para ingresar a la planta de producción**

Para el ingreso a la planta se debe cumplir con una serie de reglas en el uniforme y hábitos de higiene personal; esto para aumentar la confiabilidad al cliente del buen manejo de los alimentos elaborados, como por ejemplo: cabello corto, uso de cofia, afeitado, uso de cubrebocas, no utilizar reloj y pulseras ni anillos, uñas cortas y limpias, uso de calcetines, zapatos limpios y camisa sin bolsas ni botones. También hábitos de higiene personal, como: baño diario, uniforme limpio, evitar el uso de lociones, no usar cosméticos y en caso de tener heridas, cubrirlas. Por lo que en varios puntos de la planta se tienen colocados diversos afiches con las instrucciones descritas anteriormente.

Figura 54. Reglas para el ingreso a planta de producción



Fuente: empresa productiva panificadora.

#### 5.4.4.3. Acciones a realizar antes de ingresar a la planta

El personal interno y externo que ingrese a la planta, debe de seguir una serie de acciones, siendo estas las siguientes.

- Uso de limpia suelas: se encarga de limpiar las suelas de los zapatos por medio de cepillos, los cuales al frotarlos con las suelas de los zapatos, retiran las partículas que se encuentran alojadas en ellas y son recolectadas con una aspiradora incorporada en la máquina.

Figura 55. **Limpiasuelas**



Fuente: empresa productiva panificadora.

- Uso de rodillo atrapa cabello: para desprenderse de cabellos y mota que puedan estar adheridos en la ropa, se utiliza este tipo de rodillo, el cual es de uso práctico y efectivo.

Figura 56. **Rodillo atrapa cabello**



Fuente: empresa productiva panificadora.

- Lavado de manos: esta es una norma fundamental para cuando se ingrese a la planta de producción, como también cuando se considere que las manos estén contaminadas por cualquier agente, como por ejemplo: cuando se va al baño, al momento de tocarse la cara o el cuerpo, estornudar, toser, etc.

Figura 57. **Lavado de manos**



Fuente: empresa productiva panificadora.

#### **5.4.5. Análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP)**

El sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP), es un enfoque sistemático para identificar peligros y estimar los riesgos que pueden afectar la inocuidad de un alimento, a fin de establecer las medidas para controlarlos. El enfoque está dirigido a controlar los riesgos en los diferentes eslabones de la cadena alimentaria, desde la producción primaria hasta el consumo.



#### **5.4.5.1. Generalidades**

El sistema fue presentado en 1971 por Howard Bauman, de la Compañía Pillsbury, atendiendo el interés de su principal cliente, la NASA, de garantizar la inocuidad de los alimentos. Desde sus inicios, el sistema cuenta con la aceptación y aprobación de organizaciones internacionales que trabajan en el área de alimentos en toda la cadena, desde la producción a la comercialización. En la práctica se ha constituido en una norma de aceptación universal.

#### **5.4.5.2. Prerrequisitos de sanidad**

Para la implementación del programa HACCP se debe seguir una serie de programas de prerrequisitos, los cuales son necesarios para la inocuidad de los alimentos, siendo estos:

- Programa de Buenas Prácticas de Manufactura: está directamente relacionado con la seguridad alimenticia de los productos elaborados en la planta, por lo que se debe mantener y manipular el ambiente sanitario dentro de las instalaciones.
- Programa de control de plagas: se tiene un programa de control de plagas, el cual lo realiza una compañía que cumple con todos los requerimientos reglamentarios.
- Programa de sanidad: en este programa se abarcan las instalaciones, áreas de trabajo y equipo utilizado. Esto con el propósito de mantener un ambiente sanitario y poder producir alimentos de alta calidad e inocuidad.
- Programa de control de químicos: se debe proteger el área de trabajo, la bodega de materia prima y de producto terminado y cualquier agente que

tenga contacto directo con el producto; esto con el fin de eliminar la posibilidad de contaminación química al proceso de elaboración del producto.

- Programa de control de alérgenos: todo producto embolsado tiene una etiqueta, la cual lleva información acerca del producto, esto con el fin de que los consumidores susceptibles a reacciones de ciertas sustancias alergénicas estén prevenidos; también se debe eliminar las posibles contaminaciones del producto con cualquier tipo de estas sustancias.
- Programa de rastreo y retiro de producto: los canales de distribución son controlados, puesto que aquí se pueden encontrar productos con fallas de seguridad, los cuales deben ser removidos lo más pronto posible.
- Programa de quejas de consumidores/clientes: el programa de quejas de consumidores/clientes, debe tener un control en el cual exista la división de: quejas sobre falta de calidad, seguridad e inocuidad. Las cuales se deben resolver y analizar las distintas causas que provocan dichas quejas.

#### **5.4.5.3. Programas de limpieza**

La programación de limpieza y el control de plagas se realiza para mantener en condiciones sanitarias la estructura física de la planta de producción, los materiales, maquinaria industrial y materias primas. El cumplimiento de los operarios con la utilización del uniforme limpio y las normas de higiene personal, complementan que en la línea de producción de tortillas se garantice que el proceso cumple con la inocuidad del producto final.

#### 5.4.5.4. Los 7 principios del HACCP

Los 7 principios del sistema HACCP son:

- Principio 1: realizar un análisis de peligros. Se evalúan los diversos peligros que puedan afectar al producto; dicha evaluación debe empezar desde el almacenamiento de la materia prima, hasta la elaboración final del producto. Todos los peligros establecidos deben ser evaluados y documentados.
  
- Principio 2: identificar los puntos críticos de control (PCC). Los puntos críticos de control (PCC) son un paso en los que puede aplicarse un control y que es esencial para evitar o eliminar un peligro para la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable. Para la elaboración de tortillas de harina, pueden existir diversos puntos críticos de control, como por ejemplo:
  - Control de número de tortillas apiladas
  
  - Embolsado adecuado según las especificaciones para cada tamaño de tortillas
  
- Principio 3: establecer los límites críticos para asegurar que cada PCC esté bajo control. Los límites críticos son valores observables y/o medibles que permiten controlar un parámetro físico, químico o biológico en un PCC para evitar eliminar o reducir a un nivel aceptable un peligro que pueda afectar la seguridad del alimento. Ejemplos:
  - La cocción insuficiente de las tortillas de harina

- Los ganchos de la embolsadora no sujetan bien la bolsa y por lo tanto se retrasa el empaque del producto
- Principio 4: establecer un sistema de monitoreo, para asegurar el control de cada PCC.
  - Se debe tener una planificación de observación y documentación de los procedimientos de monitoreo de los procesos, para tener un control correcto de la ejecución de estos y así garantizar la seguridad en los alimentos. De esta manera se pueden eliminar o reducir los peligros que han sido establecidos. El funcionamiento correcto del sistema contador-apilador con embolsadora requiere de un monitoreo, para asegurar el empaque final establecido del producto.
- Principio 5: establecer las acciones correctivas aplicables, cuando el sistema de monitoreo indique que un PCC particular se desvía de los límites críticos establecidos. Estas acciones correctivas tienen la finalidad de recuperar el control del proceso cuando los límites críticos de un determinado PCC han sido sobrepasados. Estas acciones correctivas deben establecerse con anterioridad, con el fin de recuperar el control de manera rápida; debe incluir la identificación, el procedimiento de la corrección de la causa y el registro de las acciones tomadas.
- Principio 6: establecer procedimientos de verificación. La verificación es la actividad que no es de monitoreo, pero que determina la validez del plan HACCP y a la vez, permite determinar si el sistema se está implementando de acuerdo con lo establecido en el plan. Este proceso se enfoca en recopilar y evaluar información científica y técnica con el fin

de determinar si el plan HACCP está debidamente implementado, controlando efectivamente los peligros. Ejemplo:

- El control de los sensores en el contador-apilador es un ejemplo de verificación.
  
- Principio 7: documentar los procedimientos y registros. Se documentan los procedimientos y registros en los cuales se demuestra que las actividades han sido realizadas en forma cronológica y conducidas de acuerdo con los procedimientos establecidos. En este principio se incluyen los registros de capacitaciones, certificaciones de análisis de peligros en la materia prima, el monitoreo y verificación realizados en los PCC, registros de calibración de los equipos de la línea de tortillas y del nuevo sistema contador-apilador con embolsadora.

## **6. MEDIO AMBIENTE**

### **6.1. Responsabilidad con el medio ambiente**

La empresa productiva panificadora fortalece una cultura ambiental hacia toda la cadena de valor a través del cumplimiento de las leyes ambientales, mejora continua en la gestión ambiental y el uso de nuevas tecnologías. El compromiso con la sustentabilidad ha llevado a minimizar los impactos ambientales generados por los procesos y servicios.

Es por ello que dentro de este rubro, durante el 2011 centró sus esfuerzos al retomar las cinco líneas de acción originales del programa "Comprometidos con el Medio Ambiente":

- Ahorro de energía
- Ahorro de agua
- Disminución de emisiones
- Manejo integral de residuos
- Comunicación y cultura ambiental

### **6.2. Plan de prevención y mitigación de impactos ambientales**

En la siguiente tabla se detallan acciones que se deben realizar para prevenir impactos ambientales.

Tabla XXVI. **Medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales**

IMPACTO	TIPO DE MEDIDA	OBJETIVO	ACCIONES DE MITIGACIÓN
Perdida de estabilidad de taludes	Prevención y control	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evitar taludes inestables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colocar antideslizantes.</li> </ul>
Destrucción de suelo	Prevención y mitigación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evitar ocurrencia de impacto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limitar áreas,</li> <li>Promover generación natural de vegetación</li> </ul>
Contaminación de suelo	Prevención y mitigación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evitar la posible contaminación de suelos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manejo adecuado de combustibles y líquidos dañinos al medio ambiente,</li> <li>En caso de riego realizar limpieza inmediata,</li> <li>En zona de depósitos de materiales peligrosos colocar ripio, el cual puede servir como sustrato para recibir posibles fugas y derrames.</li> </ul>
Deterioro de calidad de agua	Prevención y mitigación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evitar deterioro de la calidad de agua</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planta de tratamiento</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

### 6.2.1. Manejo de residuos

El manejo de residuos es de suma importancia para la empresa productiva panificadora, por lo cual para ofrecer al mercado productos más competitivos, continuamente se buscan nuevas formas de optimizar el abastecimiento de materias primas. En la planta de producción se utiliza 97.4 % de la materia prima que se adquiere para la elaboración de los productos y 2.6 % para empaques. Lo anterior representa más de 2 millones de toneladas de materiales consumidos en 2012.

#### **6.2.1.1. Sólidos**

La generación de residuos sólidos va disminuyendo cada año, por lo cual se tienen programas de manejo de desechos, en donde se pretende aprovechar la materia prima desechada mediante la información de estos, para luego contactar proveedores para su posible reutilización. Se cuenta con sistemas de cuantificación de residuos sólidos generados, para poder reportarlos en cada informe anual.

La generación de residuos peligrosos es menor al 1 % del total de residuos. Durante el 2012 no se presentaron derrames significativos de ninguna sustancia química, aceite o combustible.

#### **6.2.1.2. Reciclables**

Con el objetivo de reducir, reutilizar y reciclar todos los materiales que se desechan en el proceso productivo, se ha desarrollado un sistema de registro que permite reportar más de 71 % de residuos reciclados desde el 2011. Esto gracias a la réplica de Buenas Prácticas de Manufactura, medidas para fomentar el mayor reciclaje posible y reducción de la generación de residuos.

#### **6.2.2. Manejo de insumos**

El principal insumo utilizado en los procesos productivos es la harina de trigo, la cual se adquiere principalmente de molinos locales. La empresa productiva panificadora mantiene contratos de suministro a largo plazo, a fin de contar con un abastecimiento oportuno del producto.

Es importante mencionar que la empresa productiva panificadora se ha preocupado por desarrollar sistemas en seguridad de alimentos. Cuenta con



sistemas tales como: ISO 9000, HACCP, administración de riesgos, manejo de crisis, etc., que permiten prevenir, así como disminuir el riesgo de causar algún daño al consumidor.

#### **6.2.2.1. Producción**

Al momento que el producto es embolsado, se traslada hacia la bodega de producto terminado, donde se conservan todos los productos elaborados en la planta de producción. En este punto el producto está a la espera para colocarlo en el mercado. Se realiza lo siguiente:

- Recibir el producto terminado para su cuidado y protección
- Controlar los productos terminados para su posterior destino

#### **6.2.2.2. Bodegas y almacenamiento**

Para el manejo de bodegas y almacenamiento, se tienen los siguientes principios:

- Recibir para su cuidado y protección todos los materiales, suministros, materias primas, materiales parcialmente trabajados, productos terminados, piezas para fabricación, para mantenimiento y para la oficina.
- Hacerse cargo de los materiales en curso de fabricación o de las materias primas que se almacenen con el fin de que se conserven de la mejor manera.

- Mantener el almacén limpio y en orden, teniendo un lugar para cada material o accesorio, conservando cada objeto en su lugar, es decir, en los lugares destinados según los sistemas aprobados para clasificación y localización.
- Mantener las líneas de producción ampliamente abastecidas de materias primas, materiales indirectos y de todos los elementos necesarios para un flujo continuo de trabajo.

### **6.2.3. Medidas de reciclaje y reutilización**

La metodología de la empresa productiva panificadora, para asegurar un proceso óptimo de reciclaje y reutilización, comienza con la clasificación de todos los residuos que se generan dentro de la instalación. El objetivo es aprovechar los materiales que fueron desechados y que aún sirven para elaborar otros productos. Para lograr esto, es necesario obtener información de los residuos: tipo de producto, características y cantidades de los mismos. Luego, con esta información se determina si es posible su reutilización y reciclaje, y se definen los proveedores para hacerlo.

### **6.2.4. Reducción de costos en la utilización de lubricantes**

Los costos en la utilización de lubricantes se ven disminuidos, puesto que el sistema contador-apilador con embolsadora utiliza solamente grasa SG-500-HT para el motor y partes del sistema de transmisión de movimiento, el cual se complementa con fajas. El resto de componentes es accionado en su mayoría por el sistema neumático (horquillas, levantado de torres, inflado de bolsas) y eléctrico. El sistema es un equipo amigable al medio ambiente, ya que reduce los costos de lubricación y de mantenimiento.

### **6.2.5. Reducción de ruido**

El ambiente laboral es uno de los principales compromisos, por lo que los diferentes puntos de trabajo son evaluados para identificar la intensidad de ruido para el colaborador, como también si el lugar es el apropiado. Teniendo estos informes se determina si es necesaria la implementación de protección auditiva.

### **6.2.6. Ahorro de consumo de agua potable**

La disminución y reutilización de agua dentro y fuera de la planta es uno de los principales compromisos que se tiene con el medio ambiente, por lo que se ha implementado una serie de mejoras:

- Reducción de caudal de agua en lavado de moldes, duchas, lavamanos y sanitarios.
- Recuperación de agua de lluvia mediante la instalación de pozos de absorción para filtrar agua pluvial y restablecer mantos acuíferos.
- Tratamiento terciario del agua para la reutilización en torres de enfriamiento.
- Reutilización del retorno de agua condensada para la caldera.
- Instalación de planta de tratamiento de agua.

Estas acciones están basadas en un plan de monitoreo, reducción y control, para ubicar los puntos en los cuales se usa la mayor cantidad de agua.

### **6.2.7. Educación y capacitación ambiental**

La educación y capacitación ambiental es un compromiso colectivo, por lo cual se implementan las mejores prácticas en los procesos, las cuales son compartidas y replicadas por los colaboradores. La empresa productiva panificadora realiza diferentes actividades para que el personal se involucre y tenga conocimiento de la importancia del cuidado del medio ambiente, como por ejemplo:

- Campaña interna de comunicación, en la que se promueven las fechas internacionales enfocadas al cuidado y cultura ambiental.
- Campaña interna de comunicación en la que se muestran las mejores prácticas de los colaboradores en el cuidado del medio ambiente, y se estimula el compromiso y la acción del personal.
- Semana del medio ambiente, donde se abre la posibilidad de adquirir a precios preferenciales diversas tecnologías limpias que apoyan la disminución de uso de energía, reducción del consumo de agua, pláticas de separación de residuos y reciclaje, conservación y cuidado de áreas verdes.

La empresa productiva panificadora procura que aquellas prácticas que funcionan puedan ser compartidas y replicadas por todos los colaboradores.

### **6.2.8. Plan de monitoreo ambiental**

Para fortalecer la gestión ambiental existen comités que velan por el compromiso hacia la política de medioambiente.

Las cuales se enfocan en diversos propósitos para promover la cultura ambiental:

- Identificar y aplicar planes de mejora que reduzcan el impacto al medioambiente.
- Cumplir con las leyes locales y convenios internacionales en materia ambiental.
- Medir la huella ambiental en los centros de trabajo.

En México y Estados Unidos, las plantas de producción se han alineado para cumplir los compromisos que se tienen hacia el medio ambiente. Por lo tanto, ahora son ejemplo de buenas prácticas en materia de inversión, capacitación y equipos para las organizaciones de Centroamérica, Asia y Sudamérica. El liderazgo de los comités y la transmisión de conocimiento entre las organizaciones del grupo fomentan la concientización, la aplicación de buenas prácticas y el uso de tecnologías cada vez más eficientes.

El objetivo de la empresa productiva panificadora es continuar a la vanguardia en la identificación, validación y uso de nuevas tecnologías amigables con el medio ambiente y su difusión a lo largo de la cadena de valor. Cada una de las organizaciones debe trabajar para establecer, mantener y mejorar su sistema de gestión conforme a la Visión 2015 de medioambiente de la empresa productiva panificadora: "En el 2015 somos un modelo a seguir, con reconocimiento mundial en materia de medio ambiente. Integramos nuestras metas económicas y sociales, con conciencia y compromiso para reducir la huella ambiental."([Http: //www.grupobimbo.com/es/grupo-bimbo.html](http://www.grupobimbo.com/es/grupo-bimbo.html), 2013).

## CONCLUSIONES

1. La línea de producción de tortillas de harina cuenta con automatización desde el mezclado de la harina con el agua en la tolva de masas hasta el enfriamiento. Por lo cual con el montaje e instalación del sistema contador-apilador con embolsadora, queda la línea de producción de tortillas automatizada en su totalidad. Con este montaje e instalación del sistema se logran diversos beneficios, así como el cumplimiento de la demanda de tortillas de harina en el mercado alimenticio mediante la implementación de maquinarias eficientes.
2. El ritmo de producción anterior en la línea de tortillas era de 320 piezas/min; con el montaje e instalación del sistema contador-apilador con embolsadora aumentó a 488 piezas/min; por lo cual el incremento fue de 168 piezas por minuto. Esto representa un 40 % de aumento de producción en la línea de tortillas de harina de la planta.
3. Antes de realizar el montaje e instalación del sistema contador-apilador con embolsadora, se utilizaban 8 operarios, quienes realizaban diversas funciones para el conteo, apilado, embolsado y sellado del producto. Al realizar el montaje e instalación del sistema se disminuyó de 8 a 2 operarios, siendo estos los encargados de recibir el producto embolsado y sellado, suministrar bolsas a la embolsadora, así como de supervisar el funcionamiento del sistema. Con esto se logró disminuir la mano de obra un 75 % en el área de empaque.

4. Para la evaluación de los detalles técnicos del montaje e instalación del sistema contador-apilador con embolsadora, se utilizó el manual de la maquinaria, en el cual se especifican detalles técnicos como el voltaje, potencia, presión de aire comprimido de los diversos accesorios, sistemas de seguridad, así como del conocimiento aportado por el personal de mantenimiento. Los planos desarrollados de ubicación y puntos de referencia de la maquinaria fueron vitales para establecer el área a utilizar para el montaje e instalación del sistema.
  
5. Para el mantenimiento preventivo del contador-apilador con embolsadora se deben realizar las rutinas de mantenimiento y lubricación conforme lo indique la programación establecida, para asegurar el óptimo funcionamiento de los accesorios del sistema. Con esto se logrará eliminar los paros no programados, posibles fallas mecánicas de piezas desgastadas y sin duda alguna los costos de mantenimiento no tendrán alzas significativas al disminuir el mantenimiento correctivo.
  
6. Mediante las pruebas realizadas al momento del montaje e instalación del sistema contador-apilador con embolsadora, se dio a conocer al personal el funcionamiento adecuado del equipo, la introducción y selección de las diversas recetas para producir tortillas de harina; así como los diversos sistemas de seguridad que posee para evitar cualquier tipo de accidente durante su funcionamiento.

## RECOMENDACIONES

1. Al poner en funcionamiento el sistema contador-apilador con embolsadora, de la línea de tortillas de harina, debe darse un tiempo para evaluar los posibles inconvenientes que presente, por lo cual el aumento de producción planificado no se verá reflejado inmediatamente. El almacén de repuestos deberá adquirir las refacciones que no dispone del sistema, para evitar el paro por la falta de estos.
2. Es necesario disponer de las bolsas con las especificaciones establecidas para la embolsadora, con el objetivo de realizar el óptimo embolsado, evitando así el atraso en la línea de producción.
3. El cumplimiento de la programación del mantenimiento preventivo es de vital importancia, debido a que si sufre alguna modificación podría variar el funcionamiento del sistema y con esto se verá afectado el número de operarios en la línea de producción de tortillas de harina.
4. Las pruebas de funcionamiento se realizarán de acuerdo con los detalles técnicos establecidos por el fabricante, para garantizar el funcionamiento del sistema contador-apilador con embolsadora.
5. Se deberá realizar el mantenimiento preventivo de acuerdo con la programación establecida, debido a que es de vital importancia garantizar el buen funcionamiento del sistema, evitando así tiempos muertos generados por paros no programados.



6. Para el montaje e instalación de próximas maquinarias, se debe realizar una capacitación más adecuada hacia el personal, debido a que todos, directa o indirectamente, tendrán contacto con la línea de producción de tortillas de harina en la planta de producción.

## BIBLIOGRAFÍA

1. CALERO PÉREZ, Roque. *Fundamentos de mecanismos y máquinas para ingenieros*. Madrid: McGraw-Hill, 1999. 615 p.
2. CHAPMAN, Stephen J. *Máquinas eléctricas*. 4a. ed. México: McGraw-Hill, 2005, 746 p.
3. DUFFUAA, Salih O. & DIXON CAMPBELL, John. *Sistemas de mantenimientos: planeación y control*. México: Limusa, 2002. 419 p.
4. ENRÍQUEZ HAPPER, Gilberto. *Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales*. 2a. ed. México: Limusa, 2000. 452 p.
5. FERNÁNDEZ SOTO, Pilar. *Montaje e Instalación de accesorios, elementos y equipos auxiliares*. España: Vigo, 2003. 168 p.
6. \_\_\_\_\_. *Montaje e Instalación en planta de máquinas industriales*. España: Vigo, 2003. 168 p.
7. FIUSAC. *Oficina de lingüística* [en línea]. <<http://linguistica.ingenieria-usac.edu.gt/>>. [Consulta 30 de enero de 2012].
8. GÓMEZ DE LEÓN, Félix Cesáreo. *Tecnología del mantenimiento industrial*. Murcia: Universidad de Murcia: Servicio de Publicaciones, 1998. 341 p.

9. KONZ, Stephan. *Diseño de instalaciones industriales*. México: Limusa, 1991. 405 p.
10. MOTT, Roberto L. *Diseño de elementos de máquinas*. 2a. ed. México: Prentice-Hall, 1995. 871 p.
11. ROMERO BETANCOURT, Samuel. *Principios y fundamentos de la administración de empresas*. México: Limusa, 2000. 185 p.