



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

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN PARA LA INDUSTRIA
MANUFACTURERA DE ENVASE PLÁSTICO DE LA LÍNEA DE LINAZA,
EN LA EMPRESA PLÁSTICOS ESCOBAR, S. A.**

Ivan Arturo Girón Castillo

Asesorado por la Inga. Mildred Lily Sánchez Rivas

Guatemala, agosto de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN PARA LA INDUSTRIA
MANUFACTURERA DE ENVASE PLÁSTICO DE LA LÍNEA DE LINAZA,
EN LA EMPRESA PLÁSTICOS ESCOBAR, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

IVAN ARTURO GIRÓN CASTILLO

ASESORADO POR LA INGA. MILDRED LILY SÁNCHEZ RIVAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Alberto Eulalio Hernández García
EXAMINADORA	Inga. Karla Lizbeth Martínez Vargas
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN PARA LA INDUSTRIA
MANUFACTURERA DE ENVASE PLÁSTICO DE LA LÍNEA DE LINAZA,
EN LA EMPRESA PLÁSTICOS ESCOBAR, S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 8 de abril de 2016.



Ivan Arturo Girón Castillo

Guatemala, 23 de mayo de 2016

Ingeniero

Juan José Peralta Dardón

Director de Escuela Mecánica Industrial

Facultad de Ingeniería

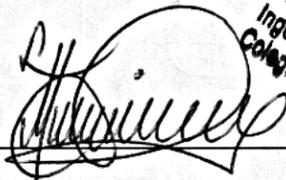
Universidad de San Carlos de Guatemala

Presente.

Por este medio me permito informar que se procedió a la asesoría y revisión del trabajo de graduación titulado: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN PARA LA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE ENVASE PLÁSTICO DE LA LÍNEA DE LINAZA, EN LA EMPRESA PLASTICOS ESCOBAR S. A.”**, elaborado por el estudiante **IVAN ARTURO GIRÓN CASTILLO** identificado con No. de carnet: **2013-13725**.

Luego de su revisión y corrección considero que, a mi criterio, cumple con los objetivos trazados por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,



Mildred Lily Sánchez Rivas
Ingeniera Industrial
Colegiado No. 8997

Inga. Mildred Lily Sánchez Rivas

Colegiado No. 8997



REF.REV.EMI.098.016

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN PARA LA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE ENVASE PLÁSTICO DE LA LÍNEA DE LINAZA, EN LA EMPRESA PLASTICOS ESCOBAR S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Ivan Arturo Girón Castillo**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, julio de 2016.

Byron Gerardo Chocooj
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO 4.509

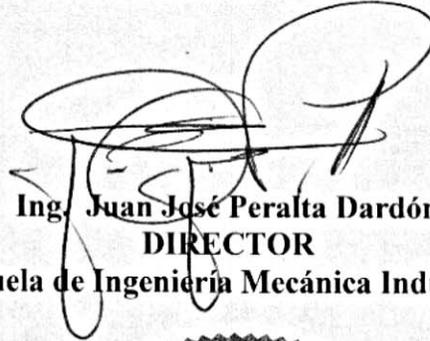
/mgp



REF.DIR.EMI.134.016

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 **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN PARA LA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE ENVASE PLÁSTICO DE LA LÍNEA DE LINAZA, EN LA EMPRESA PLÁSTICOS ESCOBAR, S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Ivan Arturo Girón Castillo**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. **Juan José Peralta Dardón**
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2016



/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala

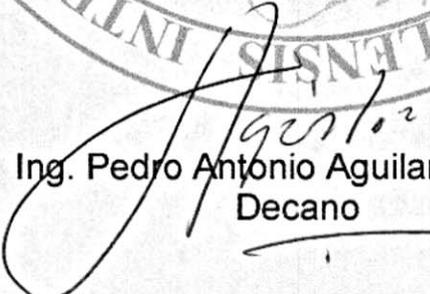


Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.370-2016

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: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN PARA LA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE ENVASE PLÁSTICO DE LA LÍNEA DE LINAZA, EN LA EMPRESA PLÁSTICOS ESCOBAR, S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **Ivan Arturo Girón Castillo**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, agosto de 2016

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por sus bendiciones y por permitirme cumplir uno de mis sueños.
Mis padres	Por su apoyo y amor incondicional, porque sin ustedes nunca hubiera podido cumplir esta meta.
Mis hermanos	Por haber estado presentes en cada etapa de mi vida, gracias por todo el apoyo.
Mi novia	Ligia, por tu amor, cariño y apoyo en todo momento. Gracias por ser una persona especial en mi vida.
Mis cuñadas y sobrina	Por su cariño y apoyo, por estar siempre conmigo.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Especialmente a la Facultad de Ingeniería, por abrirme sus puertas y permitir hacer realidad este sueño.
Mi asesor	Inga. Lily Sánchez Rivas, por su apoyo a lo largo de todo el camino.
Empresa Plásticos Escobar, S. A.	Empresa que me dio la oportunidad de desarrollarme como profesional, amablemente.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Empresa Plásticos Escobar, S. A.	1
1.1.1. Reseña histórica	1
1.1.2. Ubicación	2
1.1.3. Misión	3
1.1.4. Visión.....	3
1.2. Organización	3
1.2.1. Definición	3
1.2.2. Organigrama.....	4
1.2.3. Descripción de puestos	5
1.3. Manejo de materiales y distribución de la empresa	6
1.3.1. Definición	6
1.3.2. Diagrama de proceso	10
1.3.2.1. Diagrama de operaciones.....	11
1.3.2.2. Diagrama de flujo.....	12
1.3.2.3. Diagrama de recorrido	13
1.4. Control de la producción.....	13
1.4.1. Definición	13
1.4.2. Características.....	13

1.4.3.	Pronóstico	14
1.4.3.1.	Definición.....	14
1.4.3.2.	Tipos de pronósticos	14
1.4.3.2.1.	Modelo de series temporales	15
1.4.3.2.2.	Análisis de correlación ..	15
1.4.3.2.3.	Modelo cíclicos.....	15
1.4.3.2.4.	Método combinado.....	15
1.5.	Producción	16
1.5.1.	Definición.....	16
1.5.2.	Características	16
1.5.3.	Tipos de producción	17
1.5.3.1.	Producción continua.....	17
1.5.3.2.	Producción intermitente.....	17
1.5.3.3.	Producción por proyecto.....	17
1.6.	Envase plástico	18
1.6.1.	Características	18
1.6.2.	Definición.....	18
1.6.3.	Tipos de envase plástico	18
1.6.3.1.	Polipropileno.....	19
1.6.3.2.	Polietileno de alta densidad.....	19
1.6.3.3.	Cloruro de polivinilo (PVC)	19
1.6.3.4.	Polietileno de baja densidad.....	20
1.7.	Mantenimiento.....	20
1.7.1.	Características	20
1.7.2.	Definición.....	21
1.7.3.	Tipos de mantenimiento	21
1.7.3.1.	Mantenimiento correctivo	21
1.7.3.2.	Mantenimiento preventivo	22

2.	SITUACIÓN ACTUAL.....	23
2.1.	Departamento de Producción empresa Plásticos Escobar, S. A.....	23
2.1.1.	Línea de producción de linaza.....	24
2.1.1.1.	Materia prima.....	24
2.1.1.1.1.	Polipropileno.....	24
2.1.1.1.2.	Polietileno de alta y baja densidad	26
2.1.1.1.3.	Material PVC	28
2.1.1.2.	Descripción del equipo	30
2.1.1.2.1.	Máquina de soplado	30
2.1.1.2.2.	Máquina inyectora	30
2.2.	Proceso de producción.....	31
2.2.1.	Diagrama de operaciones.....	31
2.2.2.	Diagrama de flujo.....	33
2.2.3.	Diagrama de recorrido	34
2.3.	FODA.....	35
2.3.1.	Fortalezas.....	35
2.3.2.	Oportunidades	36
2.3.3.	Amenazas.....	36
2.3.4.	Debilidades.....	37
2.4.	Distribución de la planta	38
2.4.1.	Planos de la empresa Plásticos Escobar, S. A.....	38
2.5.	Seguridad e higiene Industrial	45
2.5.1.	Área de trabajo	45
2.5.2.	Equipo de protección personal	47
2.5.3.	Señalización	48
2.6.	Buenas prácticas de manufactura	48
2.6.1.	Instalaciones físicas.....	49

2.6.2.	Instalaciones sanitarias	49
2.6.3.	Abastecimiento de agua	49
2.6.4.	Manejo de desechos	50
2.6.5.	Control de plagas	50
2.7.	Mantenimiento.....	50
2.7.1.	Mantenimiento correctivo	51
3.	PROPUESTA PARA DISEÑAR UN SISTEMA DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN	53
3.1.	Área de producción de la empresa Plásticos Escobar, S. A. ...	53
3.1.1.	Diagramas de procesos propuestos.....	53
3.1.1.1.	Diagrama de operaciones	53
3.1.1.2.	Diagrama de flujo	55
3.1.1.3.	Diagrama de recorrido.....	56
3.2.	Condiciones físicas laborales en la línea de producción de linaza.....	58
3.2.1.	Iluminación	58
3.2.2.	Ventilación.....	63
3.2.3.	Ruido.....	65
3.2.4.	Techo	69
3.2.5.	Pintura y señalizaciones.....	72
3.3.	Pronóstico de producción.....	75
3.3.1.	Recopilación de datos históricos	75
3.3.1.1.	Análisis primario	77
3.3.1.1.1.	Gráfica de tendencia de las ventas históricas	77
3.3.1.1.2.	Determinación de tipo de comportamiento	78

3.3.1.2.	Análisis secundario.....	79
3.3.1.2.1.	Comprobación de error.....	79
3.3.1.2.2.	Determinación de tipo de pronóstico adecuado.....	82
3.3.1.3.	Elaboración de pronóstico de riesgo para un periodo determinado.....	83
3.4.	Cálculo de manejo de materiales	83
3.4.1.	Matriz de producción	84
3.4.1.1.	Cantidad a producir	85
3.4.1.2.	Tiempo a utilizar	85
3.4.1.3.	Mano de obra requerida	86
3.4.1.4.	Costos	86
3.4.2.	Construcción del modelo de inventario.....	87
3.4.3.	Cronograma de pedidos	91
3.5.	Mantenimiento de maquinaria	92
3.5.1.	Tipo de mantenimiento	92
3.5.1.1.	Mantenimiento preventivo.....	92
3.6.	Planeamiento para la aplicación del mantenimiento preventivo	93
3.6.1.1.	Mantenimiento correctivo.....	94
3.7.	Costos de implementación	95
3.7.1.	Relación beneficio-costo.....	95
3.8.	Beneficios para la empresa	96
3.8.1.	Determinación del mejor sistema de producción	96
3.8.2.	Plan de contingencia industrial	97
3.9.	Implementación de la ergonomía en la línea de producción de linaza	99

3.9.1.	Puesto de trabajo	100
3.9.1.1.	Altura de la cabeza.....	101
3.9.1.2.	Altura de los hombros	101
3.9.1.3.	Alcance de los brazos	101
3.9.1.4.	Altura de la mano	102
3.9.1.5.	Longitud de las piernas	102
3.9.1.6.	Tamaño del cuerpo	102
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	105
4.1.	Control de la producción	105
4.1.1.	Requerimientos área administrativa	105
4.1.2.	Seguridad industrial.....	106
4.1.3.	Procedimientos.....	106
4.2.	Pronóstico de producción para línea de linaza.....	107
4.2.1.	Procedimiento para la recopilación de datos históricos	107
4.2.2.	Datos de métodos y procesos de fabricación.....	108
4.2.3.	Datos de materiales	109
4.2.4.	Registro de la información.....	109
4.3.	Plan de producción para área de linaza	109
4.3.1.	Diagramas de proceso	110
4.3.2.	Procedimiento	110
4.3.3.	Costos	111
4.4.	Manejo de materiales	111
4.4.1.	Materia prima	111
4.4.2.	Producto terminado	112
4.5.	Método de salida de la bodega	112
4.5.1.	Método PEPS.....	112
4.6.	Recursos necesarios.....	113

4.6.1.	Recurso humano	113
4.6.2.	Recurso financiero.....	113
4.6.3.	Recurso de planta y equipo	114
4.7.	Decisiones básicas de inventario	114
4.7.1.	Niveles apropiados de inventario.....	115
4.8.	Implementación de un sistema de control de calidad	115
4.8.1.	Áreas de inspección	115
4.8.2.	Formatos de inspección.....	116
5.	MEJORA CONTINUA.....	119
5.1.	Línea de producción de linaza.....	119
5.1.1.	Resultados.....	120
5.1.2.	Estadísticas	121
5.1.3.	Auditorías internas.....	122
	5.1.3.1. Acciones preventivas, correctivas y de mejora.....	122
	5.1.3.2. Programa de auditoría	123
5.2.	Capacitación.....	123
5.2.1.	Sistema de gestión de inventarios	123
	5.2.1.1. Importancia	124
	5.2.1.2. Utilidad.....	124
	5.2.1.3. Ventajas.....	124
5.3.	Sistema propuesto.....	124
5.3.1.	Ventajas.....	125
5.3.2.	Desventajas	125
	CONCLUSIONES	127
	RECOMENDACIONES.....	129
	BIBLIOGRAFÍA.....	131

ANEXOS..... 133

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa del lugar donde se encuentra la empresa Plásticos Escobar, S. A.	2
2.	Organigrama de la empresa Plásticos Escobar, S. A.....	4
3.	Gráfica de control de inventarios.....	8
4.	Símbolos para diagramas de proceso.....	10
5.	Tipos de producto	23
6.	Diagrama de operaciones	32
7.	Diagrama de flujo	33
8.	Diagrama de recorrido.....	34
9.	Plano de la planta baja de la nave	39
10.	Plano de la planta alta de la nave	40
11.	Vista aérea de la planta.....	41
12.	Vista lateral de la planta	42
13.	Vista trasera de la planta.....	42
14.	Distribución de la maquinaria	43
15.	Distribución de la maquinaria y molino.....	44
16.	Distribución de áreas en la empresa	44
17.	Piso de concreto en la empresa Plásticos Escobar, S. A.....	47
18.	Diagrama de operaciones propuesto	54
19.	Diagrama de flujo propuesto	55
20.	Diagrama de recorrido propuesto.....	56
21.	Bodega de la empresa Plásticos Escobar, S. A.	58
22.	Distribución techo de la empresa Plásticos Escobar, S. A.....	70

23.	Área efectiva para cálculo de techo	71
24.	Rótulos de ruta de evacuación y emergencia.	74
25.	Ventas reales de la línea de producción de linaza.....	77
26.	Manejo de inventarios.....	89
27.	Utilización de los recursos en caso de emergencia	99
28.	Distancias de la zonas de trabajo	100
29.	Posiciones en el puesto de trabajo	103
30.	Formato de inspección de producto terminado.....	117
31.	Ciclo de Deming.....	119

TABLAS

I.	Distribución de las alturas para análisis de techos	59
II.	Resultados reflexión efectiva cavidad cielo	60
III.	Coeficiente de utilización K.....	61
IV.	Reflexión efectiva cavidad piso.....	61
V.	Espacio máximo.....	62
VI.	Análisis de la percepción del ruido cuando las máquinas trabajan al mismo tiempo.....	67
VII.	Escala para combinar decibeles	67
VIII.	Cálculo exposición al ruido	68
IX.	Costo de la implementación propuesta.....	72
X.	Ventas reales de los envases de linaza	76
XI.	Características de los tipos de pronósticos.....	78
XII.	Cálculo pronósticos último periodo	79
XIII.	Cálculo pronóstico promedio aritmético	80
XIV.	Cálculo pronóstico promedio móvil simple.....	80
XV.	Cálculo pronóstico promedio móvil ponderado	81
XVI.	Calculo pronóstico promedio exponencial, caso A.....	81

XVII.	Cálculo pronóstico promedio exponencial caso B.....	82
XVIII.	Cálculo pronóstico de riesgo.....	83
XIX.	Matriz de producción.....	84
XX.	Existencias de materiales.....	85
XXI.	Cantidad a producir.....	85
XXII.	Tiempo a utilizar en entregas de pedidos.....	86
XXIII.	Costos de operarios.....	87
XXIV.	Cronograma de pedidos.....	91
XXV.	Relación beneficio/costo.....	96
XXVI.	Recursos financieros para la implementación de la propuesta.....	114
XXVII.	Resultados pronósticos de riesgo.....	120

GLOSARIO

<i>Batch/lote</i>	El número de <i>batch</i> o lote asocia un artículo con la información que el fabricante considera relevante. Los datos se pueden referir al artículo comercial mismo o a artículos contenidos.
Nivel de reorden	Es el punto de cantidad de existencia de inventario en el cual se debe realizar un nuevo pedido de materia prima.
PEPS	Método que consiste básicamente en darle salida del inventario a aquellos productos que se adquirieron primero, por lo que en los inventarios quedarán aquellos que fueron comprados más recientemente.
Stock de seguridad	Cantidad de materia prima que se mantiene en inventario de bodega.
UEPS	En este método lo que se hace es darle salida a los productos que se compraron recientemente, con el objetivo de que en el inventario final queden aquellos que se compraron primero.

RESUMEN

Debido a que el control de producción interno de la empresa Plásticos Escobar, S. A. no es adecuado, se derivan muchos atrasos en la entrega de producto terminado con los clientes, por lo que es una de las razones principales para que estos abandonen la empresa y busquen proveedores alternativos que sí cumplan con fechas establecidas.

Estos sucesos se dan cuando los operarios no cumplen con el número de envases plásticos estipulados con anterioridad; por consiguiente los clientes no quedan satisfechos con el pedido y realizan reclamos, afectando así la economía de la empresa y su prestigio. Es por ello la necesidad de una planificación de la producción y el manejo de pronósticos, para tener un estimado que deberá realizarse en el área de producción.

Se tiene contemplado para el presente trabajo de graduación analizar cada uno de los procesos dentro del Departamento de Producción, desde el ingreso de la materia prima (para analizar el manejo de materiales), hasta la bodega de producto terminado (para determinar si se cumplió la planificación de la producción establecida), tomando en cuenta las limitaciones que se presenten. Además es importante estudiar la demanda del envase plástico de linaza, ya que a partir de las ventas históricas se puede llegar a establecer pronósticos.

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema de control de la producción para la industria manufacturera de envase plástico de la línea de linaza en la empresa Plásticos Escobar, S. A.

Específicos

1. Analizar las ventas históricas de la línea de producción de linaza y proponer nuevas técnicas aplicables para estimar las ventas futuras, logrando con ello mayor utilidad para la empresa.
2. Graficar y determinar el comportamiento de las ventas históricas de la empresa, de los tres periodos anteriores.
3. Desarrollar el marco teórico que englobe y describa los conceptos y pasos necesarios para la elaboración de un pronóstico de producción y manejo de materiales.
4. Evaluar las condiciones de trabajo iniciales de la empresa: iluminación, ventilación y ruido, para mejorar la eficiencia de los trabajadores.
5. Elaborar los diagramas de procesos en el área de producción para determinar las operaciones donde existan puntos críticos en el proceso.

6. Establecer el modelo a utilizar mediante el análisis primario en el cálculo de pronósticos, de acuerdo con los parámetros que se adapten a la tendencia de la curva.

7. Realizar la planificación y programación del manejo de materiales de la empresa, y determinar los niveles mínimos de materia prima para la producción de la línea de linaza.

INTRODUCCIÓN

Plásticos Escobar, S. A. es una empresa que se dedica a la fabricación y comercialización de distintos envases plásticos como pachones, goteros, envases de linaza, entre otros. Estos se distribuyen a mercados como empresas privadas, clientes individuales e incluso partidos políticos durante los meses de elección.

La empresa opera mediante dos principales máquinas: la sopladora y la inyectora. Una es utilizada para dar la forma deseada al envase plástico y la otra únicamente realiza el proceso de elaboración de tapaderas, respectivamente. Debido a que solo se utilizan las dos máquinas para producir, es necesario realizar estudios destinados a la evaluación y diagnóstico de la empresa.

Dado que cuentan actualmente con una alta demanda semanal de envases plásticos para la línea de linaza, es preciso realizar una planificación y control de la producción para dicha línea, para incrementar la eficiencia y eficacia al momento de entregar el producto terminado; como también eliminar la mayor cantidad de residuos por parte de los plásticos utilizados en las máquinas y evitar rechazos, reclamos y devoluciones por parte de los clientes.

Es por ello que en el presente trabajo de graduación se propone un sistema de control de la producción que se enfoca en un adecuado manejo de los materiales y pronósticos basados en las ventas históricas de la empresa.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Empresa Plásticos Escobar, S. A.

Con la finalidad de conocer sobre la empresa Plásticos Escobar, S. A. se dará a conocer la misión, visión y la reseña histórica de la empresa.

1.1.1. Reseña histórica

La empresa Plásticos Escobar, S. A. surgió con la iniciativa de su propietario de poner un taller de torno que brindara servicios de reparación, mantenimiento y elaboración de moldes para la industria, especialmente del área de la industria del plástico. Con el paso del tiempo el propietario observó que el que obtenía la mayor ganancia era el productor de artículos plásticos.

Sin un conocimiento previo en mercadotecnia, vio un nicho de mercado y se propuso instalar una fábrica de plásticos, que aparte de fabricar los moldes, también produciría diferentes artículos plásticos, tanto para la industria formal como la industria informal. Debido a que nunca se hicieron análisis de mercado, de costos de producción, ni estudios previos, la empresa se ha ido desarrollando en forma empírica, donde el propietario pone los precios de los productos de acuerdo con un estimado. A pesar de esto el negocio se ha mantenido por 13 años y ha logrado un crecimiento sostenido.

Hoy en día la empresa cuenta con 9 máquinas; entre ellas se puede mencionar la máquina de soplado, máquina de inyección, incluyendo una especial para PVC; dedicándose principalmente a la producción de la industria

farmacéutica; sin embargo, también proporciona otro tipo de productos con el fin de desarrollar proyectos promocionales, tanto en el área capitalina como para algunos departamentos como Escuintla, El Progreso, entre otros. Este crecimiento permitió ofrecer oportunidades de empleo; actualmente cuenta con 20 colaboradores, 13 en producción de envases y 7 en el taller de moldes. Mientras que al inicio solamente contaba con 2 personas del área operativa.

1.1.2. Ubicación

La empresa Plásticos Escobar, S. A. se encuentra ubicada en 9ª. calle 8-74 zona 7 Castillo Lara.

Figura 1. **Mapa del lugar donde se encuentra la empresa Plásticos Escobar, S. A.**



Fuente: Google Maps. Consulta: diciembre de 2015.

1.1.3. Misión

“Somos una empresa guatemalteca dedicada al diseño, elaboración y distribución de envases plásticos. Tenemos el orgullo de atender y satisfacer las necesidades de los clientes que necesitan envases plásticos para diferentes propósitos a un precio justo.”¹

1.1.4. Visión

“Liderar la oferta de productos promocionales y envases plásticos aportando soluciones creativas y a precio justo para satisfacer las necesidades de los clientes. Además realizar todos los tipos de envases plásticos posibles de acuerdo a las necesidades del cliente.”²

1.2. Organización

Con la finalidad de conocer sobre la empresa Plásticos Escobar, S. A. se dará a conocer más sobre su organización.

1.2.1. Definición

Es un sistema diseñado para alcanzar metas y objetivos, de acuerdo con el establecimiento de una estructura intencionada, con base en los roles que los individuos o trabajadores deberán desempeñar en la empresa. La organización puede ser local, regional, nacional o internacional. Además, de acuerdo con su propiedad, se puede clasificar en privada y pública, tomando en cuenta su tamaño pequeño, mediano y grande, y por su finalidad (puede ser con o sin ánimo de lucro).

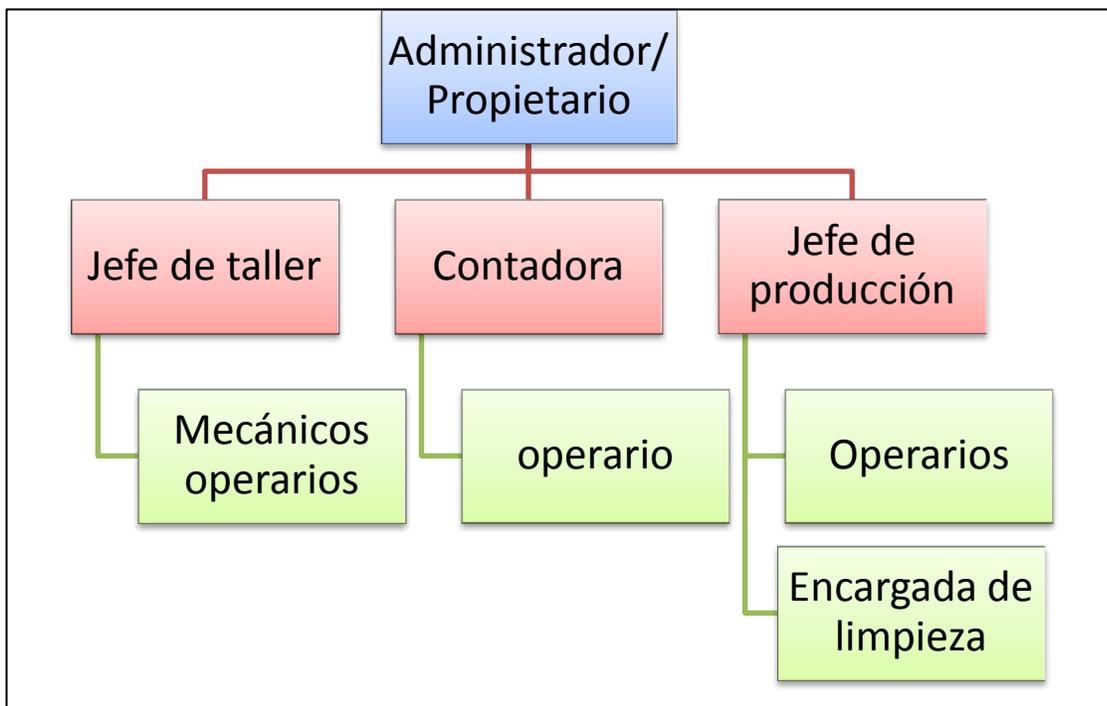
¹ Empresa Plásticos Escobar, S. A.

² *Ibíd.*

1.2.2. Organigrama

La empresa Plásticos Escobar, S. A. es una empresa relativamente pequeña en comparación con otras que existen en el mercado, en la cual, como se puede observar en la siguiente figura, se cuenta con un número de empleados alrededor de 20, representados en la siguiente estructura organizacional.

Figura 2. Organigrama de la empresa Plásticos Escobar, S. A.



Fuente: elaboración propia.

1.2.3. Descripción de puestos

Como se muestra en la figura 2, la empresa de productos plásticos cuenta con siete puestos de trabajo. A continuación se describen las funciones que se desarrollan en cada puesto, con base en distintas responsabilidades establecidas.

- **Administrador:** este puesto tiene como función principal la administración general de la empresa, archiva la documentación, planifica la producción y supervisa a la contadora; además se reúne con los clientes y realiza los pedidos; así también se reúne con los proveedores para cotizar la materia prima al área de producción.
- **Contadora:** dicho puesto tiene la responsabilidad de elaborar cheques de planilla y llevar control de la caja chica; maneja toda el área contable de la empresa. También analiza cotizaciones y se reúne con proveedores.
- **Jefe de taller:** tiene una de las mayores responsabilidades en la empresa, ya que es el encargado de realizar todos los diseños de los moldes de envases plásticos de acuerdo con las necesidades de los clientes, para luego proceder a fabricarlo junto con sus operarios en las distintas máquinas de torno y fresadora. Es el encargado de la compra de repuestos para la maquinaria utilizada.
- **Jefe de producción:** es el responsable de la programación de producción según las ventas que lleva a cabo o de los pedidos que recibe; es el encargado de la compra de materia prima; también compra repuestos y accesorios para la maquinaria, cuando es necesario. Asimismo, es la persona que cobra y distribuye la mercadería. Sin dejar a un lado que

una de sus responsabilidades dentro de la planta de producción es la supervisión de los operarios.

- Encargada de limpieza: es la responsable de mantener las instalaciones limpias en todas las áreas de la empresa de productos plásticos sobre todo para remover todos los residuos de plástico que quedan en el suelo, luego de haber realizado el producto final.
- Operarios: los operarios son las personas que realizan el proceso de producción, son responsables del manejo y cuidado de la maquinaria, incluyendo su mantenimiento. Al recibir órdenes del producto que se va a producir, colocan el molde en la maquinaria, supervisan las especificaciones del producto, verifican el producto terminado, cuentan la cantidad de productos y escriben la información correcta en la boleta de reporte, para ser guardado en bodega. También son los encargados de guardar la materia prima y moler el material a reciclar.

1.3. Manejo de materiales y distribución de la empresa

Con el fin de conocer el manejo de materiales y distribución se presenta una breve definición, diagramas, entre otros.

1.3.1. Definición

El manejo de materiales es una de las herramientas fundamentales en cualquier proceso de producción, ya que comprende una planeación y programación del requerimiento de materiales con base en el análisis del consumo teórico para la producción de lotes.

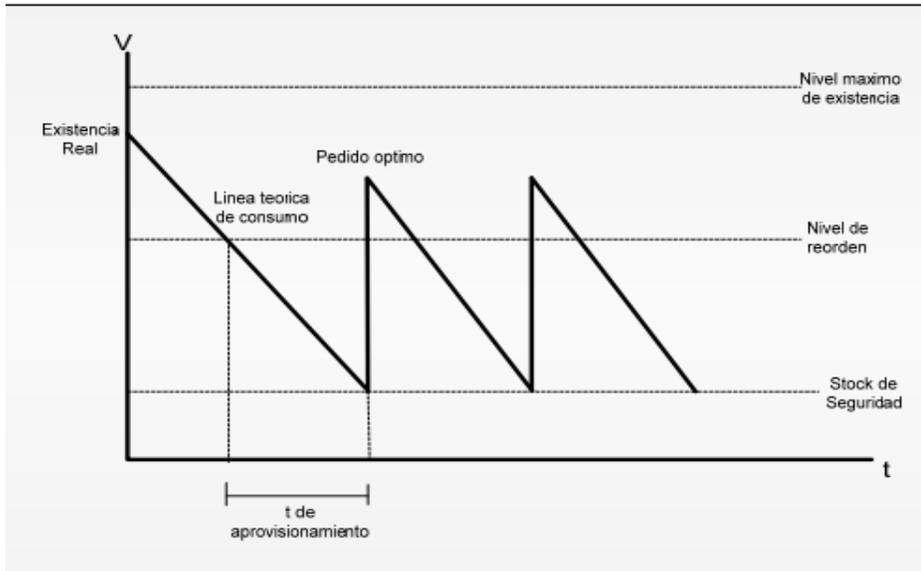
Los tiempos de entrega de materiales por parte de los proveedores, la capacidad de almacenaje de la bodega de la empresa y cambios en el sistema de inventarios.

Un concepto clave en el manejo de materiales es el programa de marco de producción, ya que indica la cantidad necesaria para satisfacer la demanda y cumplir con el plan de producción. Para desarrollar este programa se toma como base el modelo de pedido económico.

Mantener un adecuado manejo de materiales permite conocer con anterioridad la cantidad de materia prima necesaria, para cumplir con las metas de producción establecidas de acuerdo con los pronósticos de ventas; permite determinar el momento adecuado para realizar un pedido, la cantidad óptima a pedir, y conocer el tiempo que tardará en consumirse la materia prima ya existente en bodega, de acuerdo con la planificación de producción.

El diseño de control de inventarios debe realizarse con la ayuda de las siguientes herramientas: *stock* de seguridad, nivel de reorden, nivel máximo, pedido óptimo y la línea teórica de consumo. La distribución de la gráfica de modelo de pedido económico es la siguiente:

Figura 3. **Gráfica de control de inventarios**



Fuente: TORRES, Sergio Antonio. *Control de la producción*. p. 38.

Para el diseño de manejo de inventarios, es necesario establecer un ciclo, que es el número de periodos con base en el cual se está trabajando el manejo de materiales. El ciclo de trabajo puede establecerse en periodos fijos.

En la gráfica anterior se mencionan algunas herramientas cuyos términos serán utilizados de aquí en adelante y es por ello que resulta importante explicar brevemente su descripción y cálculo; estas herramientas son las siguientes:

- Nivel máximo: cantidad máxima de materia prima que se puede tener almacenada; este valor está en función de si el material es perecedero o no; se define por la siguiente fórmula:

$$N_{max} = \frac{\text{Planificado}}{\text{Ciclo}} * RN_{max} \qquad RN_{max} = \text{Criterio est.}$$

- Existencia real: cantidad de materia prima en un tiempo determinado.
- Línea teórica de consumo: cuando intersecta dicha línea al *stock* de seguridad, indica la fecha en que ingresa el pedido a la bodega; se define por:

$$LTC = \frac{\text{Existencia}}{\text{Planificado}} * \text{Ciclo}$$

- Pedido óptimo: cantidad de materia prima necesaria para mantener alimentadas las líneas de producción sin que estas se interrumpan; se define por:

$$Q_{opt} = (2 * S.S.) + N.R.$$

- Nivel de reorden: cantidad de materia prima en la cual es necesario realizar un nuevo pedido o requisición de materia prima.

$$N.R. = \frac{\text{Planificado}}{\text{Ciclo}} * Rnr \qquad Rn.r. = X_{prom.}$$

- *Stock* de seguridad: cantidad de materia prima que se debe tener almacenada, de modo que sirva de colchón para la producción en caso de agotarse la materia prima, se define por:

$$S.S. = \frac{\text{Planificado}}{\text{Ciclo}} * Rs.s. \qquad Rs.s. = \text{Pedido} + \text{tardío} - X_{prom.}$$

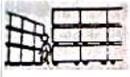
1.3.2. Diagrama de proceso

Los diagramas de procesos son herramientas que se utilizan para representar gráficamente las actividades de un proceso, en donde se detallan las operaciones y se crea una especie de algoritmo para la elaboración de un producto final. Para ello es necesario tener información sobre tiempos para cada una de las operaciones, instalaciones, distancias, entre otros, las cuales hacen uso de símbolos de acuerdo con su naturaleza. Las diversas actividades están clasificadas en operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenajes. La siguiente figura muestra los símbolos para los distintos diagramas de procesos, así como una pequeña descripción.

Figura 4. Símbolos para diagramas de proceso

OPERACION			
			
Un círculo grande indica una operación como →	Clavar	Mezclar	Taladrar
			
Operación de trámite para crear un registro o conjunto de informes →	Mecanografiar cartas	Hacer órdenes de reparación	Iniciar registro de herramientas en mal estado
			
Operación de trámite para agregar información a un registro →	Registrar la cuenta de piezas	Actualizar los saldos de almacén	Registrar el programa de control de producción

Continuacion de la figura 4.

ALMACENAMIENTO			
Un triángulo indica un almacenamiento como →	Materia prima almacenada a granel	Productos terminados apilados sobre tarimas	Documentos en muebles de archivo especiales
RETRASO O DEMORA			
			
Un símbolo grande en forma de "D" indica una demora o retraso como →	Espera ante el elevador o ascensor	Material colocado en un carro o sobre el piso al lado de un banco de trabajo en espera de ser procesado	Papeles en espera de ser archivados
INSPECCIÓN			
			
Un cuadro indica una inspección como →	Examen de material según calidad o cantidad	Observar el manómetro de una caldera	Leer información impresa para obtener datos

Fuente: NIEBEL, Benjamin. *Ingeniería Industrial: métodos, tiempos y movimientos*. p. 19.

1.3.2.1. Diagrama de operaciones

Un diagrama de operaciones de proceso muestra la secuencia y realización de las operaciones, inspecciones, combinados, entradas y salidas de materiales de una forma gráfica, en donde se identifiquen tiempos de las operaciones. Para la elaboración del diagrama se utilizan distintos símbolos: un círculo representa las operaciones; el cuadrado una inspección y un cuadrado dentro de un círculo simula una combinación de las dos anteriores.

Una operación se lleva a cabo cuando se manipula la materia prima que se va a utilizar en el producto; la inspección se realiza cuando califica o se

determina si la materia prima y sus transformaciones pasan la prueba de calidad del producto; y combinado cuando existan las dos descripciones anteriores en una operación. Además, para indicar el flujo del proceso es necesario utilizar conectores, los cuales pueden ser líneas verticales y horizontales para indicar la entrada de materiales. También se colocan los tiempos estimados en la esquina superior izquierda de cada operación para luego calcular un tiempo estimado de la elaboración del producto; es importante mencionar que todos los diagramas llevan encabezado.

1.3.2.2. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo al igual que el diagrama de operaciones muestra la secuencia de las actividades de un proceso donde ya no solo intervienen operaciones, inspecciones y combinados, sino también incluye transporte, demora y almacenamiento. El diagrama de flujo del proceso es utilizado para determinar costos ocultos, trayectos recorridos en el proceso, demoras o tiempos improductivos y lugares de almacenamiento.

En estos diagramas, para indicar un transporte, se utiliza una flecha que designa el movimiento del material desde una distancia a otra; las distancias, que son consideradas como un transporte, deben ser mayores o iguales a 1,5 metros. Las demoras o retrasos que impidan que una pieza sea procesada deben ser mínimas para no tener demasiado tiempo improductivo; los almacenamientos de materias primas y productos terminados en las respectivas bodegas se denotan con un triángulo equilátero invertido y cuando es necesario realizar una operación combinada se acoplan los dos símbolos de operación e inspección.

1.3.2.3. Diagrama de recorrido

El diagrama de recorrido representa gráficamente las actividades del diagrama de flujo, tomando como base la distribución de la planta, en donde se muestran las máquinas y demás instalaciones de la empresa. El diagrama de recorrido es una herramienta muy valiosa, ya que se pueden encontrar áreas congestionadas por maquinaria o personal; también ayuda a mejorar la distribución de la planta y ser más eficientes a la hora del proceso de producción.

1.4. Control de la producción

Con el fin de conocer el control de la producción se presenta una breve definición, características, entre otros.

1.4.1. Definición

El control de producción sirve para establecer diferentes medios para una constante evaluación de algunos factores de producción como la demanda de los clientes, la situación en la que se encuentra el capital de la empresa, la capacidad productiva que posee la misma, entre muchos otros.

1.4.2. Características

El adecuado control de la producción debe comprender características básicas como las que se muestran a continuación:

- Crear una orden de trabajo con una adecuada planificación y programación.

- Liberar la orden de trabajo para iniciar con el proceso de producción.
- Costear los recursos usados en cada orden de trabajo y dar seguimiento a la producción en proceso.
- Monitorear constantemente el desarrollo de la orden de trabajo durante todo el proceso de producción.
- Calcular las variaciones respecto de los costos estándar.
- Cerrar cada orden de trabajo.

1.4.3. Pronóstico

Con el fin de conocer sobre pronósticos de producción se presenta una breve definición, clasificación, entre otros.

1.4.3.1. Definición

Los pronósticos son una sucesión de datos que con base en una serie de estudios se determina la demanda en un futuro de un determinado producto. Los pronósticos a menudo son utilizados para poder prever la demanda del cliente de productos.

1.4.3.2. Tipos de pronósticos

Los pronósticos se pueden clasificar en varios tipos, entre los cuales se pueden incluir:

1.4.3.2.1. Modelo de series temporales

Se basa en la idea de que es posible utilizar información relacionada con la demanda histórica para predecir la demanda futura; es el modelo más simple de pronósticos.

1.4.3.2.2. Análisis de correlación

Se consideran diferentes variables que están de alguna manera, correlacionadas con la cantidad que se va a predecir. Una vez las variables son halladas según parámetros, se construye el modelo que se utilizará para hacer la previsión respectiva.

1.4.3.2.3. Modelo cíclicos

Se da cuando un conjunto de datos sigue un comportamiento repetitivo periódicamente, estos están formados por uno o más componentes de demanda.

1.4.3.2.4. Método combinado

Son familias de curvas que tienen cierta regularidad en el tiempo pero también poseen una actitud creciente o decreciente. Para trabajar este tipo de familias se utilizan los métodos de las familias cíclicas combinados con el método de análisis de correlación.

1.5. Producción

Con el fin de conocer sobre pronósticos de producción se presenta una breve definición, clasificación, entre otros.

1.5.1. Definición

Se le denomina al proceso de fabricar, elaborar y obtener productos terminados. Ahora bien la producción industrial es aquella que se vale de métodos, procesos, técnicas, transformación de la materia prima, mano de obra calificada y demás aspectos, para la elaboración de un producto determinado.

1.5.2. Características

Las principales características de la producción son las siguientes:

- Costos
- Plazos
- Calidad

Es de suma importancia verificar las 3 características principales a la hora de elaborar un producto determinado, debido que los costos deben ser mínimos para generar más utilidades a la hora de la venta de dichos productos. Además es importante el plazo o tiempo en el que se entregará el producto, ya que el cliente es la persona que hay que satisfacer y muchas veces se deja a un lado la parte más importante de cualquier proceso de producción: el cliente final. La calidad del producto en el proceso de producción es de suma importancia, ya que de acuerdo con la calidad el cliente preferirá un producto X en lugar de un producto Y.

1.5.3. Tipos de producción

Con el fin de conocer sobre tipos de producción industrial se presenta una breve clasificación y definición de los mismos.

1.5.3.1. Producción continua

En este tipo de producción es también llamado producción en línea en la cual no existen interrupciones. Las situaciones de fabricación en las cuales las instalaciones se adaptan a ciertas programaciones y flujos de operación, siguen una escala no afectada por interrupciones. Las materias primas se reciben continuamente de los proveedores, son almacenadas, y se transportan para su transformación en el producto final.

1.5.3.2. Producción intermitente

Se caracteriza por ser un sistema de producción por lotes de fabricación o bajo pedido. En estos casos se trabaja con un lote determinado de productos que se limita a un nivel de producción, seguido por otro lote de un producto diferente. Es mayormente utilizada por imprentas que trabajan bajo pedidos. Es utilizada cuando la demanda de determinado producto no es lo bastante grande para utilizar el tiempo total de producción.

1.5.3.3. Producción por proyecto

Este tipo de producción nace con la idea de satisfacer una necesidad empresarial, en la cual es un proyecto u objetivo donde deben considerarse todos los factores que deberán proyectarse con el fin de lograr que los objetivos se realicen óptimamente.

1.6. Envase plástico

Con el fin de conocer sobre los envases plásticos se presenta una breve definición, características, entre otros.

1.6.1. Características

Los envases plásticos poseen muchas características fundamentales a la hora de su utilización en el mercado, entre las cuales se pueden mencionar:

- Durabilidad
- No se corroe o se oxida
- Elasticidad y maleabilidad
- Material reciclable
- Baja densidad
- Elevado aislamiento térmico

1.6.2. Definición

El envase plástico es un contenedor y la imagen exterior que presentan distintos productos en el mercado. Sirve para proteger y conservar el producto, además debe de representar y proporcionar elasticidad, calidad y confianza.

1.6.3. Tipos de envase plástico

Con el fin de conocer sobre los tipos de envase plástico se presenta una breve clasificación de los principales envases plásticos usados en la industria.

1.6.3.1. Polipropileno

Es un plástico que debido a su alto punto de fusión permite envases capaces de contener líquidos y alimentos calientes, lo cual presenta una gran versatilidad a la hora de su venta. Se suele utilizar en envases para medicinas, envases de salsa dulce, tapas, envases de champús, entre otros. Puede tardar en descomponerse entre 100 y 1 000 años. Si se recicla se pueden obtener material para fabricar señales luminosas, cables de batería, escobas, entre otros.

1.6.3.2. Polietileno de alta densidad

Es un plástico versátil y resistente para la industria. Se emplea sobre todo para envases de productos de limpieza del hogar de champús y para detergentes. Su tiempo de descomposición supera los 150 años. En el proceso de reciclaje se puede emplear para obtener tubos, botellas de detergentes, entre otros.

1.6.3.3. Cloruro de polivinilo (PVC)

Es un plástico muy resistente y por ello se puede encontrar muchas aplicaciones en la industria. Se puede ver en botellas de agua y envases de champús, goteros, entre otros. Puede tardar hasta 1 000 años en descomponerse; es por ello que se está tratando de discontinuar en el mercado. En caso del reciclaje, se emplea para hacer canalones de carretera, forro para cables, entre otros materiales.

1.6.3.4. Polietileno de baja densidad

Es un plástico fuerte, flexible y transparente, que se pueden encontrar en algunas botellas o bolsas de plástico de supermercado para un uso único, además también se puede usar para envases de yogures. Puede tardar en descomponerse más de 150 años. En su proceso de reciclaje se puede utilizar de nuevo en contenedores, papeleras, sobres, tuberías, entre otros.

1.7. Mantenimiento

Con el fin de conocer sobre mantenimiento de maquinaria se presenta una breve definición, características, entre otros.

1.7.1. Características

Para el mantenimiento de maquinaria se busca tener en cuenta algunas características como:

- Evitar, reducir y reparar las fallas de la maquinaria
- Disminuir al máximo la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar
- Evitar paros de la maquinaria
- Evitar accidentes con los operarios
- Aumentar la seguridad de las personas
- Conservar los productos en condiciones adecuadas y seguras
- Prolongar la vida útil de la maquinaria

1.7.2. Definición

Mantenimiento es el conjunto de actividades a realizar en maquinaria, equipo e instalaciones para corregir o prevenir fallos; con esto lograr un adecuado funcionamiento de los mismos, para los cuales fueron diseñados.

Además, otra definición de mantenimiento trata la actividad humana que preserva la calidad del servicio que presta la maquinaria, instalaciones y equipo en condiciones seguras, eficientes y económicas.

1.7.3. Tipos de mantenimiento

Con el fin de conocer sobre pronósticos de producción se presenta una breve definición, clasificación, entre otros.

1.7.3.1. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se da si las actividades son necesarias debido a que la calidad y eficiencia del servicio ya se perdió en la maquinaria, equipo e instalaciones.

Este mantenimiento es el menos indicado a la hora de realizarlo en cualquier empresa, ya que todos deberían de usar el mantenimiento preventivo; este mantenimiento tiene como objetivo principal restaurar el funcionamiento de los equipos, maquinaria e instalaciones.

1.7.3.2. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se da si las actividades se ejecutan para evitar que disminuya la calidad de servicio o eficiencia en una maquinaria, instalaciones o equipo.

Este tipo de mantenimiento es de mucha utilidad, ya que permite de manera programada y ordenada tener a toda la maquinaria, instalaciones y equipo en óptimas condiciones, en buen estado y funcionando.

2. SITUACIÓN ACTUAL

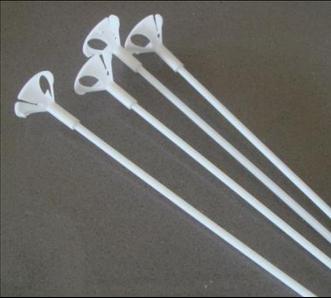
2.1. Departamento de Producción empresa Plásticos Escobar, S. A.

Actualmente el Departamento de Producción de la empresa Plásticos Escobar, S. A. cuenta con una amplia gama de productos para distintas necesidades de la amplia cartera de clientes que posee la empresa. Entre los más importantes se pueden mencionar:

Figura 5. Tipos de producto

Productos de la línea farmacéutica		Tableteros
		Goteros
		Pomaderas
		Envases para suero
		Tarros
		Sueros
Productos promocionales		Pachones
		Alcancillas
		Vasos
Productos agropecuarios		Trampas para chivos Mamones para pachas de chivos

Continuación de la figura 5.

Otros		Porta espejos
		Tapaderas
		Tazas de comida para perro
		Palitos para globos
		Copitas porta globos
		Removedores de licor
		Envases de linaza

Fuente: elaboración propia.

2.1.1. Línea de producción de linaza

La línea de producción de linaza en la empresa Plásticos Escobar, S. A. actualmente cuenta con 7 máquinas, pero solo 3 máquinas están destinadas a la producción de los envases plásticos de linaza; debido a que la demanda es elevada, ya que asciende a veinticinco mil envases al mes, deben emplear la maquinaria las 24 horas para cumplir con la demanda de producción por parte de los clientes.

2.1.1.1. Materia prima

Con el fin de conocer sobre la materia prima de producción se presenta una breve definición, clasificación, entre otros.

2.1.1.1.1. Polipropileno

Se le conoce con las siglas PP. Es un plástico muy duro, resistente, opaco y con gran resistencia al calor, ya que se ablanda a una temperatura mayor a

los 150 °C. Es muy resistente a los golpes y a los productos corrosivos, aunque tiene poca densidad y se puede doblar muy fácilmente.

Estructuralmente es un polímero vinílico, similar al polietileno, solo que uno de los carbonos de la unidad monomérica tiene unido un grupo metilo.

Su alta estabilidad térmica le permite trabajar durante mucho tiempo a una temperatura de 100 °C en el aire. También es resistente al agua hirviente, pudiendo esterilizarse a temperaturas de hasta 140 °C sin temor a la deformación.

- Propiedades:
 - Versatilidad: el polipropileno es compatible con la mayoría de las técnicas de procesamiento existentes, por eso es usado en diferentes aplicaciones comerciales, como en empaques, productos automotrices, textiles, menaje, medicina, tuberías, entre muchos otros.
 - Transparencia: también posee una transparencia superior al resto de las poliolefinas, convirtiéndose en uno de los materiales más usados en envases y embalajes.
 - Liviano: el polipropileno tiene un menor peso específico, por lo tanto permite obtener piezas más livianas en sus aplicaciones.
 - Reciclaje: no contiene cloro ni compuestos aromáticos que puedan afectar su valorización energética.

- Ventajas
 - Ligero
 - Alta resistencia a la tensión y a la compresión
 - Excelentes propiedades dieléctricas
 - Resistencia a la mayoría de los ácidos y álcalis
 - Bajo coeficiente de absorción de humedad

2.1.1.1.2. Polietileno de alta y baja densidad

El polietileno (pe) es un polímero resultante de la polimerización del etileno. Es posiblemente el plástico más popular del mundo. Comúnmente se distinguen dos tipos: el de baja densidad y el de alta densidad.

El polietileno de alta densidad (hdpe) se produce normalmente con un peso molecular que se encuentra en el rango entre 200 000 y 500 000, pero puede ser mayor. Es un polímero de cadena lineal no ramificada. Es más duro, fuerte y un poco más pesado que el de baja densidad, pero es menos dúctil.

- Propiedades:
 - El HDPE es un material termoplástico parcialmente amorfo y cristalino. El grado de cristalinidad depende del peso molecular, y del tratamiento térmico aplicado.
 - Presenta mejores propiedades mecánicas (rigidez, dureza y resistencia a la tensión) y mejor resistencia química y térmica que el polietileno de baja densidad, debido a su mayor densidad.

Además es resistente a las bajas temperaturas, impermeable, inerte (al contenido), con poca estabilidad dimensional y no tóxico.

- También presenta fácil procesamiento y buena resistencia al impacto y a la abrasión. No resiste a fuertes agentes oxidantes como ácido nítrico, ácido sulfúrico fumante, peróxidos de hidrógeno o halógenos.

- Aplicaciones: el HDPE tiene muchas aplicaciones en la industria actual. Más de la mitad de su uso es para la fabricación de recipientes, tapas y cierres; otro gran volumen se moldea para utensilios domésticos y juguetes; un uso también importante que tiene es para tuberías y conductos. Su uso para empaquetar se ha incrementado debido a su bajo costo, flexibilidad, durabilidad, su capacidad para resistir el proceso de esterilización y resistencia a muchas sustancias químicas.

- Ventajas
 - Flexibilidad
 - Elasticidad
 - No mantiene deformaciones permanentes
 - Larga vida útil

El polietileno tiene también entre sus ventajas que es un producto reciclable; esto significa que puede ser utilizado por terceros para fabricar por ejemplo estibas plásticas, sillas ornamentales, macetas plásticas, entre otros. El polietileno de baja densidad (LDPE) por ser un material tan versátil, tiene una estructura muy simple, la más simple de todos los polímeros comerciales. Una molécula del polietileno no es nada

más que una cadena larga de átomos de carbono, con dos átomos de hidrógeno unidos a cada átomo de carbono. Es un sólido más o menos flexible, según el grosor, ligero y buen aislante eléctrico. Se trata de un material plástico que por sus características y bajo coste se utiliza mucho en envasado, revestimiento de cables y en la fabricación de tuberías.

- Propiedades: el polietileno de baja densidad es un termoplástico comercial, semicristalino (un 50 % típicamente), transparente y más bien blanquecino, flexible, liviano, impermeable, inerte (al contenido), no tóxico, tenaz (incluso a temperaturas bajas), con poca estabilidad dimensional, pero fácil procesamiento y de bajo coste.

Además posee excelentes propiedades eléctricas (buen aislante eléctrico) pero una resistencia débil a las temperaturas. Su resistencia química también es muy buena pero es propenso al agrietamiento bajo carga ambiental. Su resistencia a los rayos UV es mediocre y tiene propiedades de protección débiles, salvo con el agua. Buena dureza y resistente al impacto en bajas temperaturas.

- Aplicaciones:
 - Bolsas de almacén
 - Recipientes
 - Revestimientos, envoltorios externos
 - Tapas y cierres

2.1.1.1.3. Material PVC

Al reemplazar en el etileno un átomo de hidrógeno por uno de cloruro se produjo el cloruro de polivinilo (PVC), un plástico duro y resistente al fuego.

- Propiedades:
 - Resistente y liviano: su fortaleza ante la abrasión, bajo peso, resistencia mecánica al impacto y a ambientes agresivos, son las ventajas técnicas claves para su elección en la edificación y construcción.
 - Versatilidad: gracias a la utilización de aditivos tales como estabilizantes, plastificantes y otros, el PVC puede transformarse en un material rígido o flexible, teniendo así gran variedad de aplicaciones.
 - Estabilidad: es estable e inerte. Se emplea extensivamente donde la higiene es una prioridad. Los catéteres y las bolsas para sangre y hemoderivados están fabricados con PVC.
 - Longevidad: es un material excepcionalmente resistente. Los productos de PVC pueden durar hasta más de sesenta años, como se comprueba en aplicaciones tales como tuberías para conducción de agua potable.
 - Seguridad: debido al cloro que forma parte del polímero PVC, no se quema con facilidad ni arde por sí solo y cesa de arder una vez que la fuente de calor se ha retirado. Se emplea eficazmente para aislar y proteger cables eléctricos en el hogar y en las industrias.
 - Reciclable: esta característica facilita la reconversión del PVC en artículos útiles y minimiza las posibilidades de que objetos fabricados con este material sean arrojados en rellenos sanitarios.

2.1.1.2. Descripción del equipo

Con el fin de conocer sobre la descripción del equipo se presenta una breve definición, clasificación, entre otros.

2.1.1.2.1. Máquina de soplado

La máquina de soplado se le llama al sistema de la maquinaria que sopla aire comprimido a la parte baja de la máquina que está metida dentro de las paredes del molde, para que después tome la forma del mismo.

La máquina de soplado es una maquinaria fundamental ya que es la encargada de fabricar el cuerpo del envase plástico de la línea de producción de linaza.

2.1.1.2.2. Máquina inyectora

La máquina inyectora es la encargada de fabricar la tapadera del envase plástico en la línea de producción de linaza, para lo cual se introduce el plástico en la ranura que posee la máquina, junto con el colorante para luego proceder a cerrar la máquina para que realice al mismo tiempo 5 tapaderas.

Las características principales de la máquina inyectora son:

- Simplificada: estructura mecánica simple para un uso confiable a largo plazo.
- Económica: mínimo número de partes del molde para costos de herramientas más económicos.

- Flexible: perfecta para órdenes diversificadas y de bajo volumen de cosméticos, champú, envases farmacéuticos y envases de boca ancha.
- Estandarizada: aire estándar y partes neumáticas e hidráulicas bien conocidas que se consiguen con facilidad.

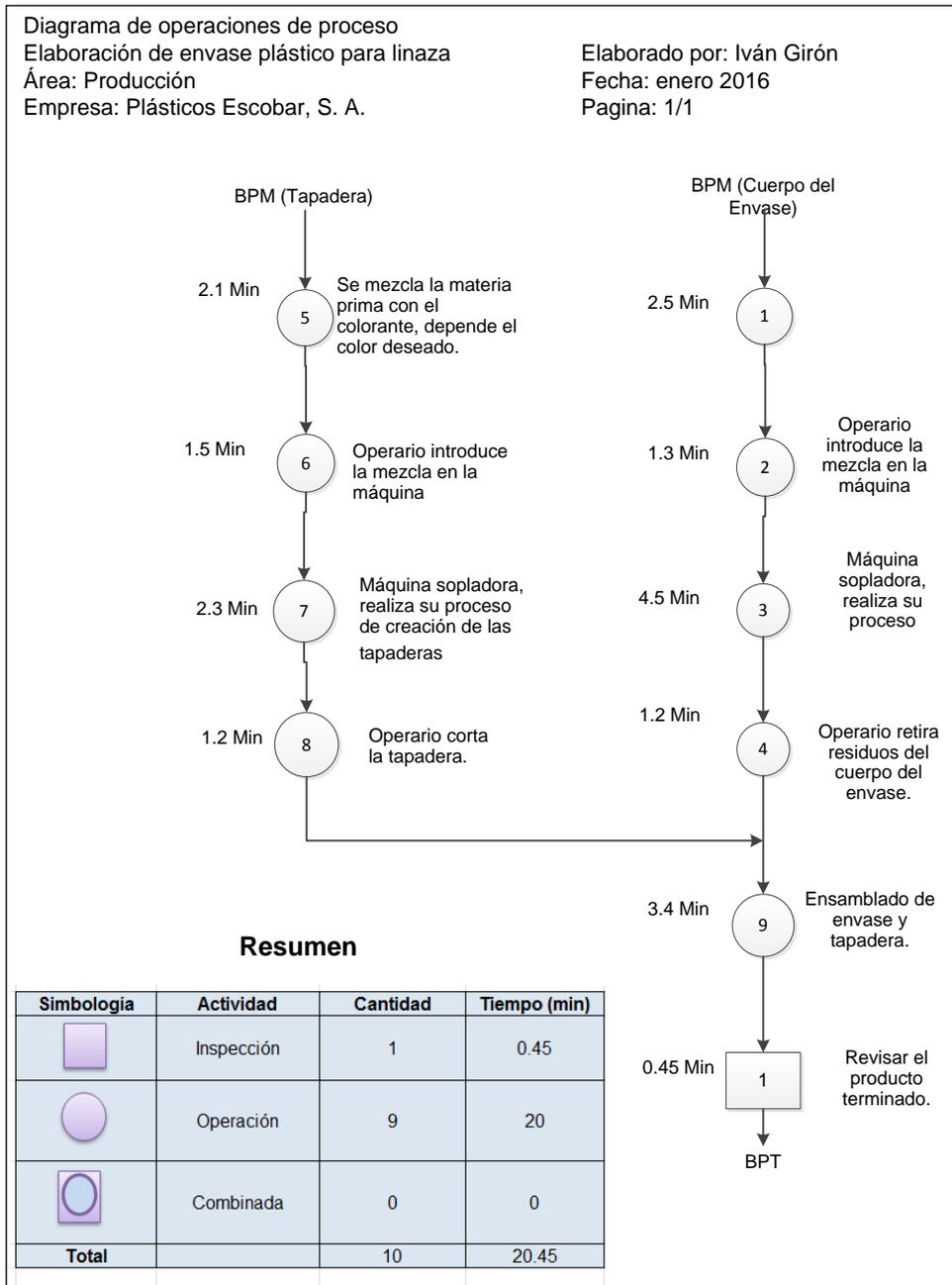
2.2. Proceso de producción

Con el fin de conocer sobre el proceso de producción se presenta una breve definición, clasificación, entre otros.

2.2.1. Diagrama de operaciones

A continuación se muestran los diagramas de operaciones.

Figura 6. Diagrama de operaciones

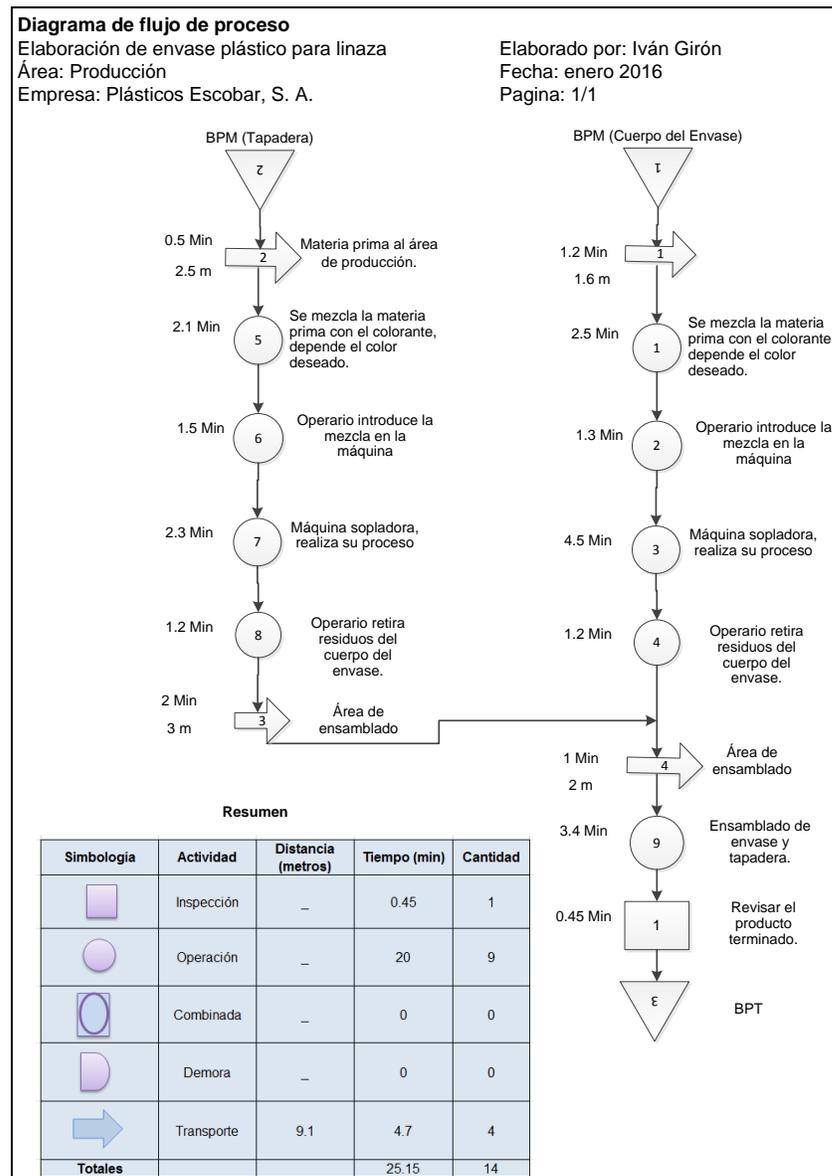


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.2.2. Diagrama de flujo

A continuación se muestra el diagrama de flujo.

Figura 7. Diagrama de flujo

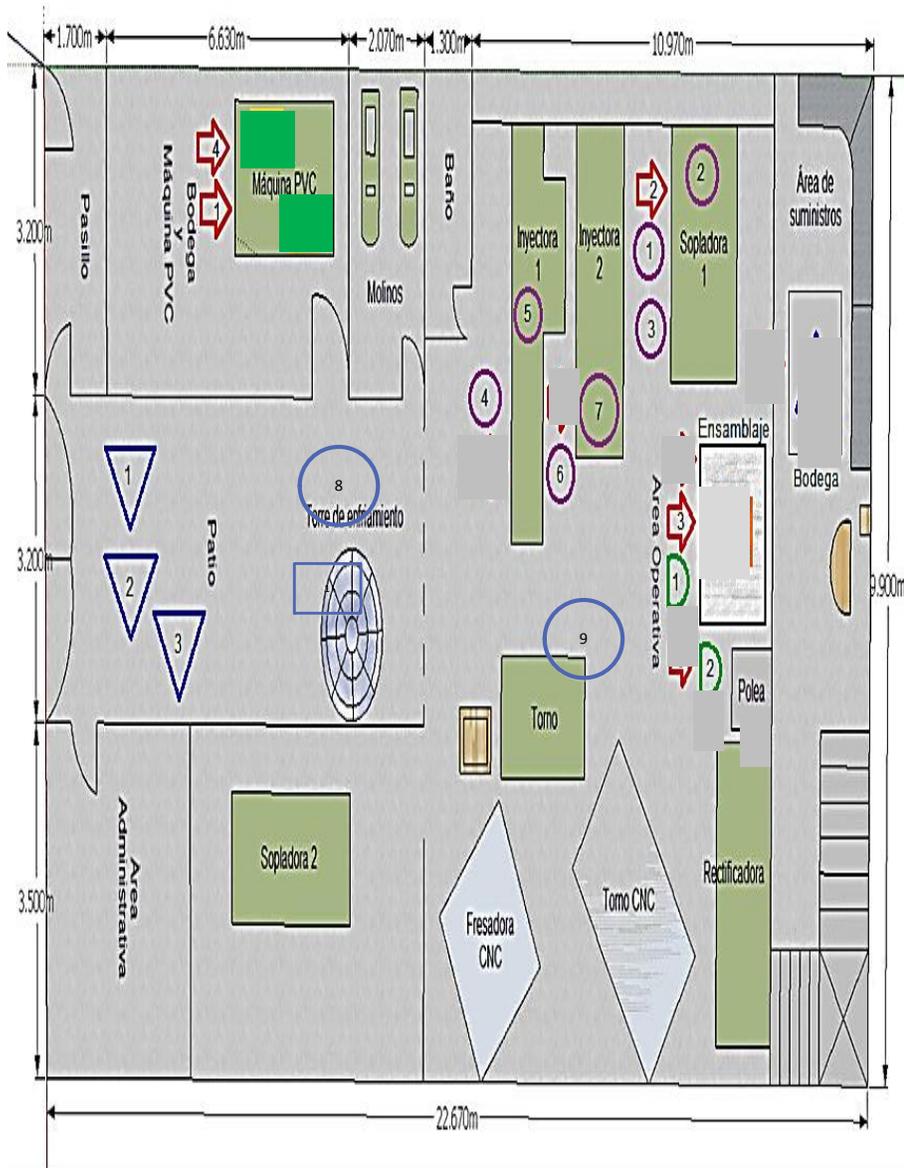


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

2.2.3. Diagrama de recorrido

A continuación se presenta el diagrama de recorrido.

Figura 8. Diagrama de recorrido



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.3. FODA

Para conocer la situación actual de la empresa se plantea un análisis FODA.

2.3.1. Fortalezas

A continuación se presentan las fortalezas:

- Empresa Plásticos Escobar, S. A. cuenta con un buen posicionamiento en el mercado nacional, ya que es una de las 10 empresas más grandes e importantes del mercado nacional.
- Posee una cartera amplia de clientes, sobre todo para los partidos políticos en época de campaña, para la elaboración de pachones, banderines, entre otros.
- Cuenta con varios años de experiencia en el mercado, lo que la hace una de las empresas más fuertes y solidas en su ramo.
- El clima laboral en la empresa Plásticos Escobar, S. A. es muy agradable, ya que todos se sienten en confianza debido que es una empresa familiar.
- La empresa Plásticos Escobar, S. A. importa la materia prima desde el fabricante, lo que no les hace depender de terceros para planear sus inventarios.

- Es una de las pocas empresas que fabrica los moldes y envases plásticos, ya que la mayoría solo realiza los envases plásticos pero muy pocos los moldes.

2.3.2. Oportunidades

A continuación se presentan las oportunidades obtenidas:

- Existen bastante mercado potencial aun que cubrir, en especial los distribuidores del interior.
- Por ser importadores de la materia prima desde el fabricante, también son distribuidores de la materia prima para otras empresas a nivel nacional.
- Debido a que no existen muchos fabricantes de moldes en el mercado, es una oportunidad para trabajar además como fabricante de moldes para otras empresas.

2.3.3. Amenazas

A continuación se muestran las amenazas:

- Los costos de producción y almacenamiento pueden afectar grandemente a Plásticos Escobar, S. A., sin un adecuado control de producción y mantenimiento.

- Actualmente no cuentan con distribución de los productos que fabrican, lo cual puede repercutir a la hora de competir a nivel nacional, ya que muchas empresas si cuentan con la distribución de los productos.
- La competencia y sus estrategias para atraer a los clientes es un gran riesgo al querer crecer a nivel nacional.

2.3.4. Debilidades

A continuación se explican las debilidades.

- La empresa no cuenta con manuales de funciones y procedimientos para los operarios de producción.
- No existe un programa de seguridad e higiene industrial en la empresa.
- No existe un control de inventarios adecuado, lo que origina problemas de falta de existencias.
- No existe un programa de capacitación en el empresa, debido que es un empresa a nivel familiar.
- Al no tener un control del ciclo de vida de los distintos productos que se comercializan en Plásticos Escobar, S. A., ponen en riesgo las utilidades de la empresa.

2.4. Distribución de la planta

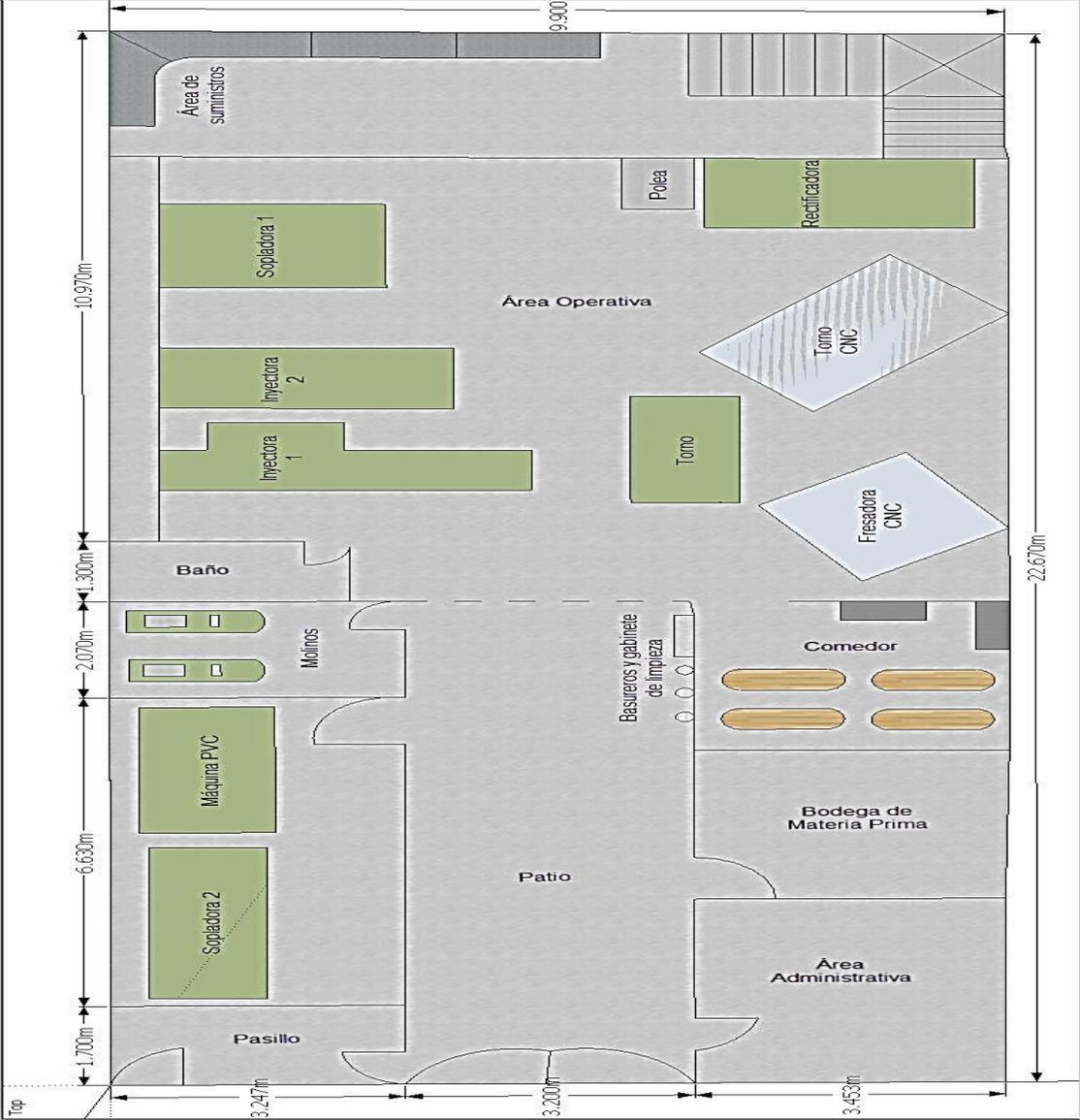
La distribución de la maquinaria en la planta se presenta de manera que existe bastante espacio entre una cada una. Por lo general no se tienen mayores complicaciones en cuanto espacio, sin embargo cabe mencionar que es notorio el desorden a lo largo de la planta debido a que la materia prima se encuentra tirada en el suelo y no existe una bodega adecuada para resguardarla.

La producción sigue el recorrido de los diagramas presentados en este trabajo, de modo que los puestos de trabajo están bien definidos. De cada uno de estos puestos y las posiciones de almacenamiento de materia prima y productos terminados se presentarán los correspondientes planos para su mejor descripción.

2.4.1. Planos de la empresa Plásticos Escobar, S. A.

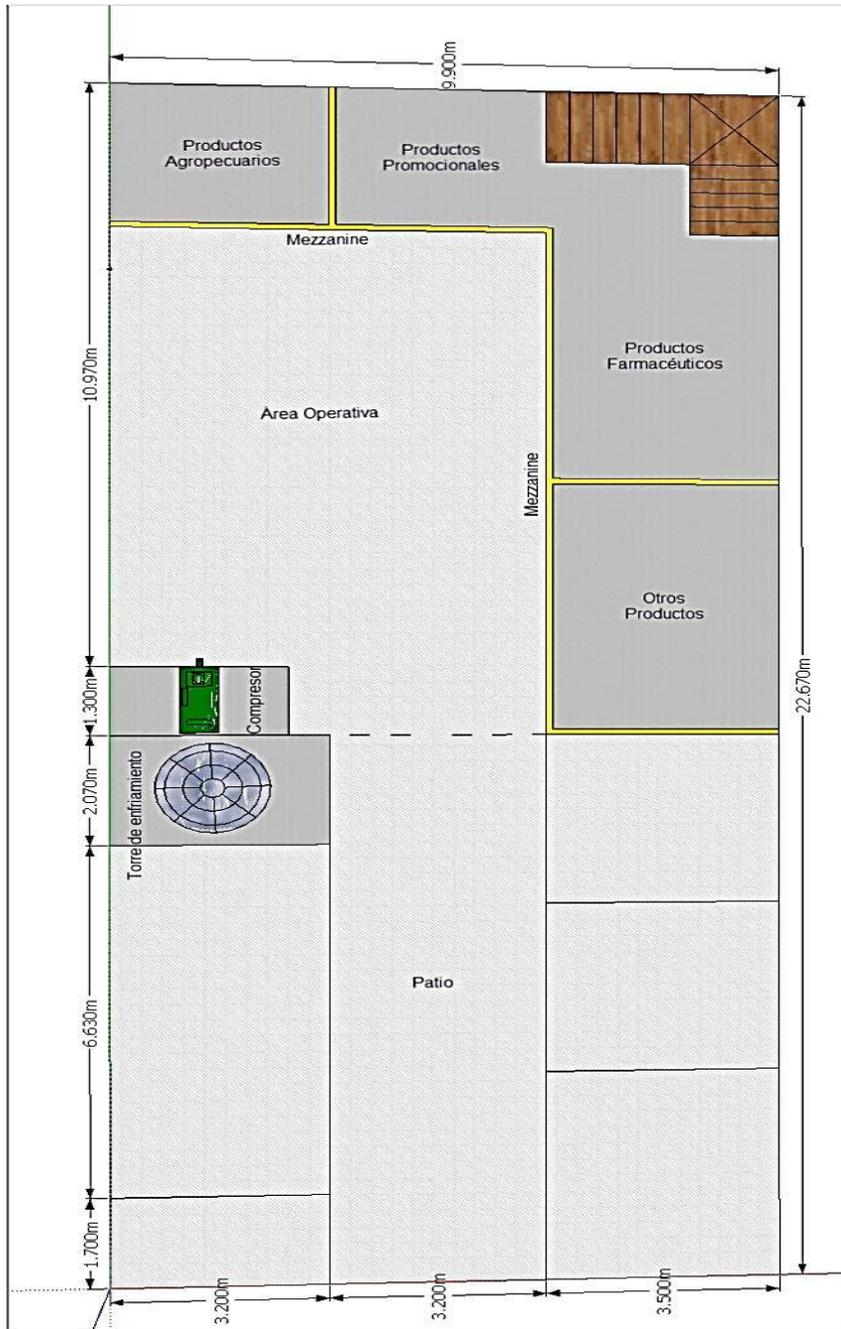
La nave se compone de la planta baja, donde está ubicada toda el área operativa, y un entrepiso o planta alta, soportada por una estructura de madera, donde se ubican las áreas de almacenamiento y la torre de enfriamiento. A continuación se muestran los planos generales de la planta en 2D.

Figura 9. Plano de la planta baja de la nave



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 10. Plano de la planta alta de la nave



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

En total la planta se puede distribuir en seis puntos de trabajo, en los cuales se da la mayor parte de la actividad en el área de producción; estas áreas son las posiciones de los operarios encargados de manejar cada una de las 4 máquinas, el área de ensamblado y empaclado, de almacenamiento y de carga del producto para su posterior distribución. A continuación se presenta la distribución de la planta.

Figura 11. Vista aérea de la planta



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

Figura 12. **Vista lateral de la planta**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

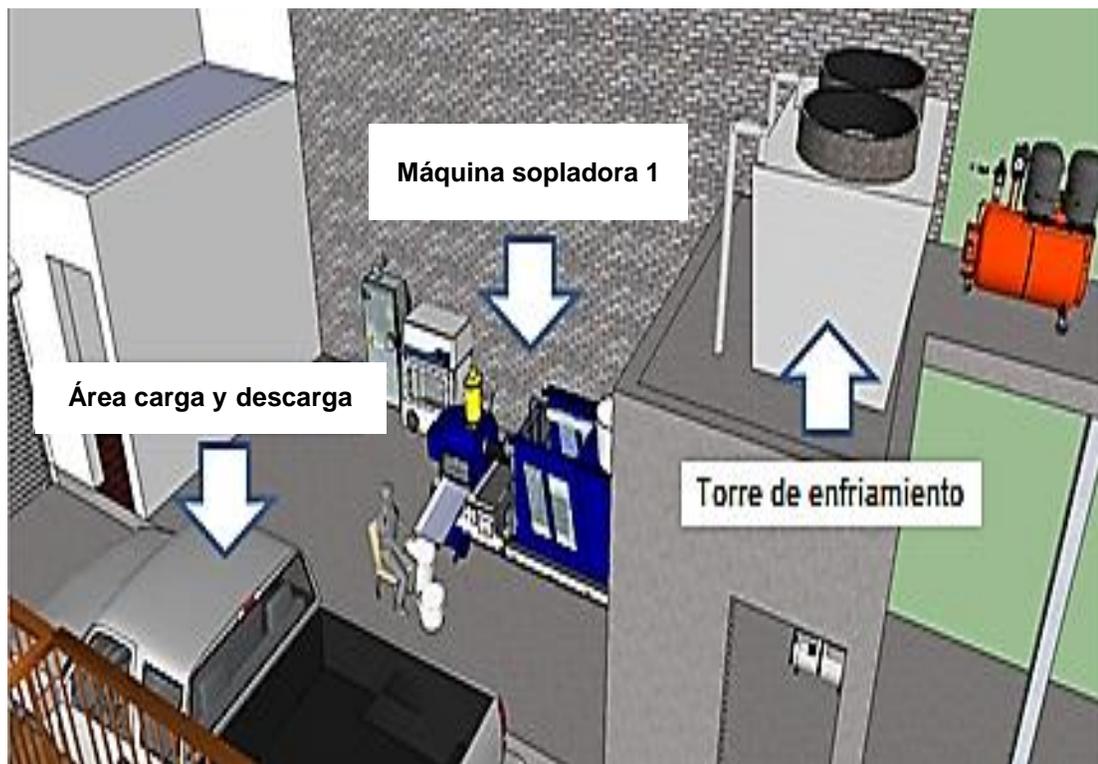
Figura 13. **Vista trasera de la planta**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

Inmediatamente después del ingreso a la nave, las primeras áreas de trabajo que se observan son las de la máquina sopladora 1, y el área de carga y descarga, desde donde también se puede avistar la torre de enfriamiento.

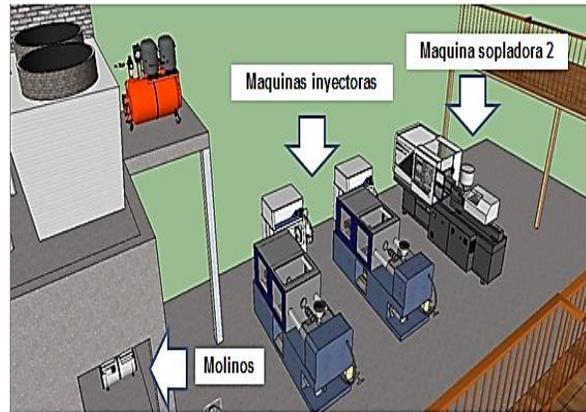
Figura 14. **Distribución de la maquinaria**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp

Seguidamente, se encontrarán los operarios de las máquinas inyectoras y la posición de trabajo de la máquina sopladora 2. Debajo de la torre de enfriamiento se encuentran los molinos que trituran todos los residuos.

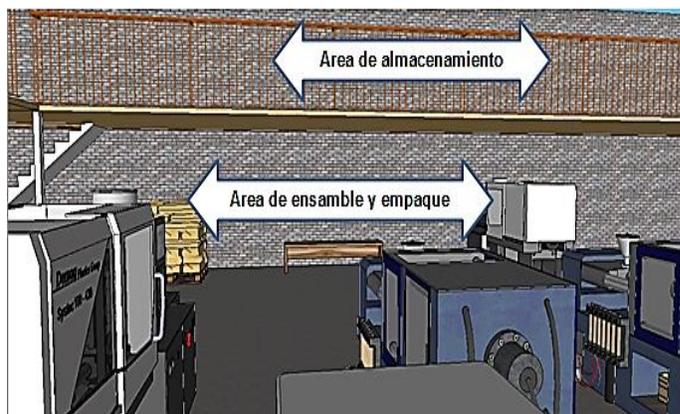
Figura 15. **Distribución de la maquinaria y molino**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

Del otro lado está el área de ensamble y empaque; desde este punto también se observa el entrepiso donde se encuentra el área de almacenamiento, al cual se puede acceder por medio de las escaleras.

Figura 16. **Distribución de áreas en la empresa**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

2.5. Seguridad e higiene Industrial

Con el fin de conocer sobre seguridad e higiene industrial se presenta una breve definición, clasificación, entre otros.

2.5.1. Área de trabajo

La infraestructura del área donde se realizó el presente trabajo de graduación, la empresa Plásticos Escobar, S. A. posee muy malos acabados y condiciones laborales poco favorables para los trabajadores; no se cuenta con una adecuada iluminación y ventilación, no tiene ninguna forma adecuada de mitigar el ruido, y los colores de las paredes no son los adecuados para brindar más iluminación. La pintura de las paredes es de color gris, el piso es de concreto rústico normal y otra parte de concreto alisado de color gris, sin pisos ni azulejos. Asimismo el techo estaba formado por láminas galvanizadas de color gris y con varias láminas transparentes.

La empresa Plásticos Escobar, S. A. tiene en cada uno de sus espacios piso de concreto, a excepción del apartado de la entrada, ahí cuenta con piso cerámico.

Los pisos de concreto se distinguen por las siguientes características:

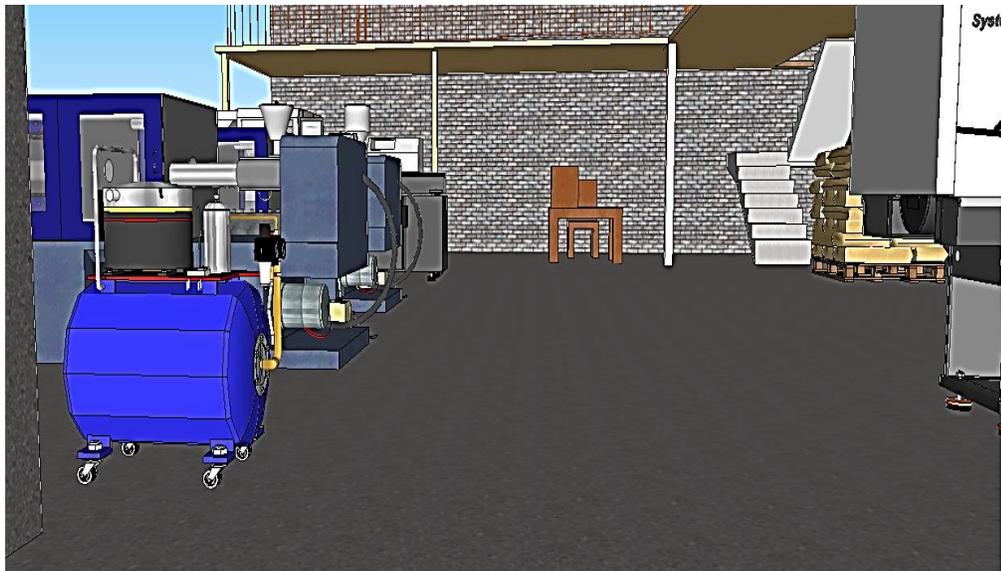
- **Durabilidad:** los pisos de concreto son extremadamente duros y resistentes, capaces de resistir la presión de equipo pesado como autos, camiones, tráileres y cajas apiladas. Por ello, es un material muy popular para el trabajo pesado y áreas comerciales como almacenes y estacionamientos.

- Fácil de mantener: mantener un piso de concreto que luzca de forma óptima requiere de un mínimo mantenimiento. Deberá ser sellado o encerado cada 3-9 meses dependiendo de la cantidad de tráfico que tenga, esto con el fin de mantener la capa protectora de la superficie. Para la limpieza periódica se puede limpiar con agentes neutrales y trapeador. En casa de manchas o rayas difíciles se pueden utilizar fibras suaves.
- Versatilidad: debido a que el concreto tiene una superficie plana y libre de poros, bultos o defectos, se puede instalar sobre el mismo cualquier otro material a futuro. Esto provee una total libertad de futuros diseños y usos.
- Larga duración: un piso de concreto debidamente sellado y con el mantenimiento adecuado puede durar de forma indefinida. Incluso en aplicaciones comerciales con condiciones de un alto tráfico puede durar por años.

La ventilación que actualmente posee la empresa se considera ineficiente, dado que no posee ningún tipo de ventanas; las máquinas para procesar el plástico emanan demasiado calor y este no puede ser expulsado; asimismo el aire que los operarios expulsan no puede ser mitigado. Cabe resaltar que la falta de ventanas no se compensa con ventilación artificial; los únicos dispositivos que tienen ventiladores son las máquinas, entendiéndose que dichos ventiladores son indispensables para el funcionamiento pleno de la maquinaria y no ayudan de ninguna manera a mitigar el calor que se produce en la fábrica. También puede afirmar que el techo también es contribuyente al calor que se siente en la fábrica, ya que este es de lámina y produce calor por los rayos del sol.

La empresa Plásticos Escobar, S. A. se considera un edificio de segunda categoría por poseer muesta paredes de ladrillo, acero estructural con combinación de concreto armado en cantidades menores, lámina de zinc, y algunas láminas transparentes; la iluminación y ventilación se aprovecha las fuentes naturales, se caracteriza por ser largo y rectangular.

Figura 17. **Piso de concreto en la empresa Plásticos Escobar, S. A.**



Fuente: elaboración propia, empleando SketchUp.

2.5.2. Equipo de protección personal

Actualmente los operarios no cuentan con ningún equipo de seguridad industrial, concretamente los 4 trabajadores se movilizan a lo largo de la planta sin protección auditiva, puesto que ya se acostumbraron al ruido al que están expuestos. Sin embargo, el análisis del ruido de la planta denota que los niveles registrados sobrepasan los recomendados y es necesario que la administración

de la empresa dote a sus trabajadores del equipo de seguridad industrial necesario.

2.5.3. Señalización

La señalización en la empresa es nula, no existe ningún tipo de letrero, descripción o algún tipo de señalización industrial.

La pintura y señalización industrial es un factor que influye mucho en la visibilidad de los operarios o encargados de las plantas, por lo que en los siguientes capítulos se realizarán las propuestas recomendadas para la empresa.

La señalización dentro de una empresa es un factor esencial para evitar accidentes, reducir riesgos y para estar preparados en alguna emergencia. En los siguientes capítulos se propondrán las señalizaciones básicas para el área de producción y almacenaje de los productos de la empresa Plásticos Escobar, S. A.

2.6. Buenas prácticas de manufactura

La empresa que se analizó para los distintos aspectos de las buenas prácticas de manufactura está ubicada en la 9 calle 8-74 zona 7, Castillo Lara; por conocimientos generales se sabe que se ubica en una área roja de la capital de Guatemala. Se encuentra en medio de una iglesia (San José Obrero) y de un gimnasio deportivo. La apariencia física de los alrededores de la empresa Plásticos Escobar, S. A. es de una infraestructura similar a la de bodegas que se encuentran en la zona 1.

2.6.1. Instalaciones físicas

La estructura física de la planta tiene las siguientes características:

- Paredes de concreto y madera
- Puertas y Portones de metal
- Techos con láminas galvanizadas
- Piso de concreto rústico, y alisado
- Techos con láminas transparentes
- Bodega en el segundo nivel de madera

2.6.2. Instalaciones sanitarias

Las instalaciones sanitarias se encontraban en un lugar poco recomendable, ya que se situaba debajo de la torre de enfriamiento; el lugar es poco higiénico y muy pequeño para el personal que en total permanece 20 en la planta, sin embargo en el área de producción de pachones únicamente trabajan en promedio 7 operarios. Se recomienda a la empresa Plásticos Escobar, S. A. hacer un análisis más profundo de las instalaciones de los baños; es importante tomar en cuenta estos detalles para los operarios, para generar así un mejor ambiente dentro del trabajo. Sin embargo, en la visita realizada por el grupo, únicamente se mostró una parte de la planta, por lo que en realidad no se puede obtener un análisis final y verdadero de la situación de las instalaciones sanitarias.

2.6.3. Abastecimiento de agua

El abastecedor de agua de la fábrica es Empagua; es el distribuidor de todo el país; esta fábrica de plásticos no necesita grandes cantidades de agua

dado que el agua utilizada es reciclada para todos los procesos, es por eso que no necesita de cisterna o tinacos. El único gasto de agua que se tiene en la fábrica es en el servicio sanitario, el cual es utilizado por los operarios.

2.6.4. Manejo de desechos

En la fábrica Plásticos Escobar S. A. el manejo de desechos se realiza de la misma manera que una casa residencial dado que ellos no necesitan desechar ninguna parte de su producto, ya que todo es plástico y se reutiliza; lo único que es desechado son papeles varios, polvo, entre otros. El sistema de desechos que utilizan es el sistema nacional de basura, que es el habitual en cualquier parte del departamento de Guatemala.

2.6.5. Control de plagas

Los materiales que se manejan en la planta, como ya se han mencionado antes, son el polipropileno, polietileno de alta y baja densidad y el PVC. En los 13 años de servicio y funcionamiento de la planta nunca se han tenido problemas de plagas en la planta. Esto es debido a que en la planta no existen alimentos. Sin embargo, hace 2 años, algunos roedores se incursionaron en las instalaciones, provocando algunos daños de rango menor nada importantes. Sin embargo, debido a la falta de alimento, humedad, y otras condiciones favorables para los roedores, el problema no se repitió de nuevo y ya no se tuvieron más problemas con este tipo de inconvenientes.

2.7. Mantenimiento

Con el fin de conocer sobre mantenimiento se presenta una breve definición, clasificación, entre otros.

2.7.1. Mantenimiento correctivo

Actualmente en la empresa Plásticos Escobar, S. A. se aplica el mantenimiento correctivo debido que no tienen una planificación y programación adecuada para la maquinaria utilizada, que es una máquina sopladora y una inyectora, ambas son fundamentales para la línea de producción de linaza ya que con una se genera el cuerpo del envase plástico y con la otra tapadera del mismo, adicionando a los plásticos base colorante para tener un color específico de la tapadera.

3. PROPUESTA PARA DISEÑAR UN SISTEMA DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

3.1. Área de producción de la empresa Plásticos Escobar, S. A.

Con el fin de conocer sobre el área de producción se presenta una breve definición, clasificación, entre otros.

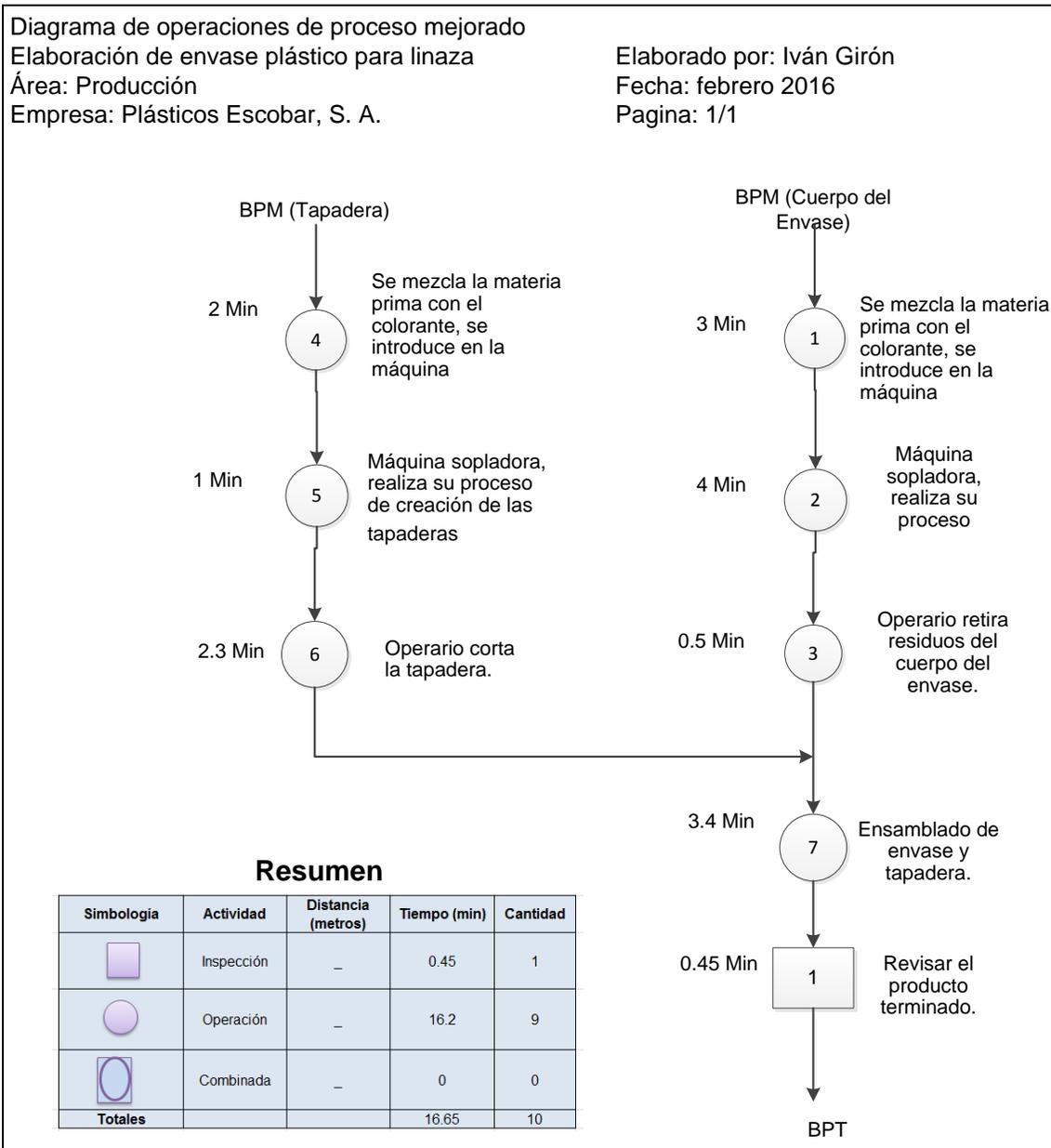
3.1.1. Diagramas de procesos propuestos

Con la finalidad de hacer más productiva la operación se proponen los siguientes diagramas.

3.1.1.1. Diagrama de operaciones

A continuación se incluye el diagrama que describe todo proceso de elaboración del envase plástico para linaza.

Figura 18. Diagrama de operaciones propuesto

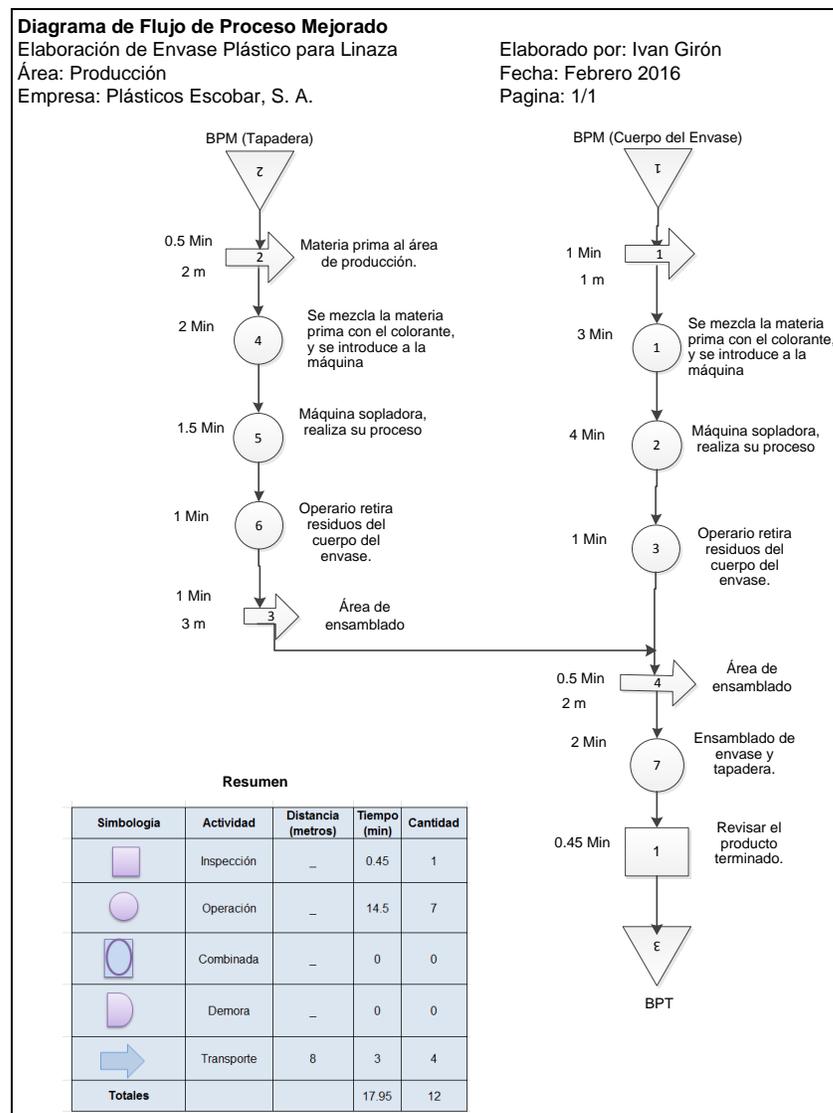


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

3.1.1.2. Diagrama de flujo

En el diagrama siguiente se describen los pasos propuestos para la elaboración del envase propuesto.

Figura 19. Diagrama de flujo propuesto

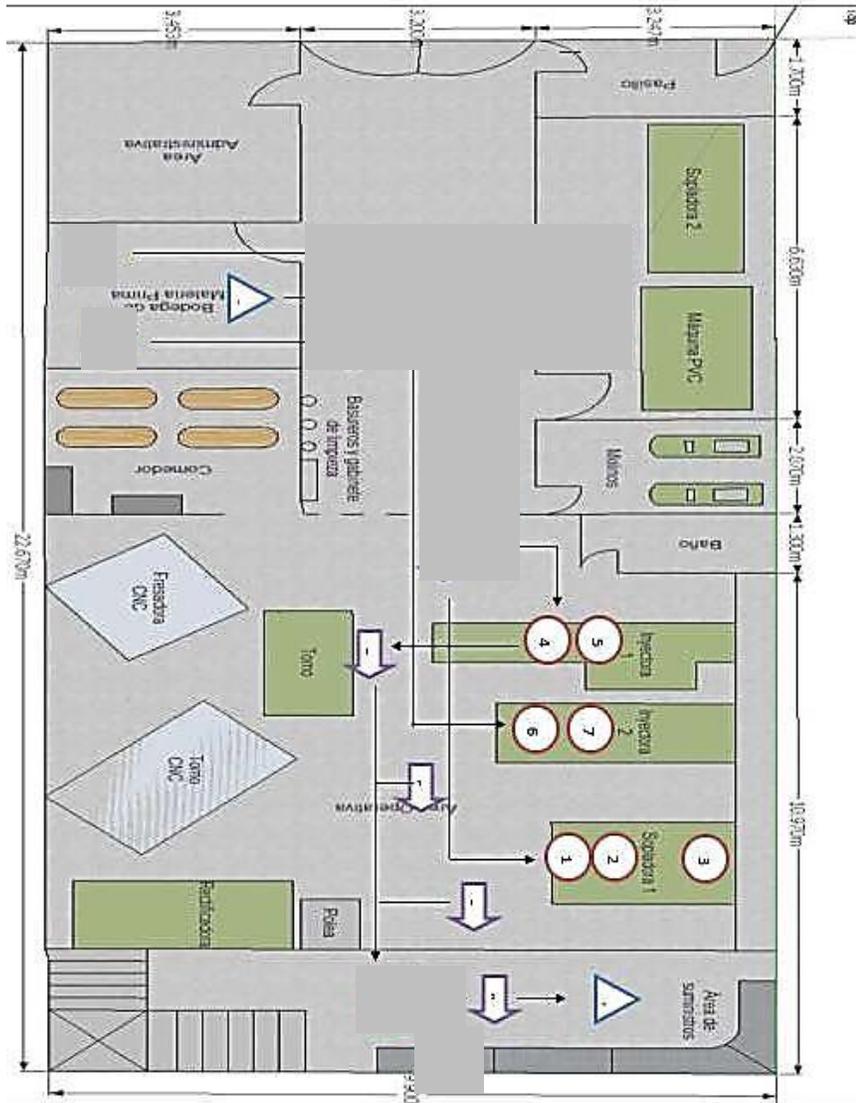


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

3.1.1.3. Diagrama de recorrido

En el diagrama siguiente puede apreciarse el recorrido propuesto para la elaboración del envase del plástico.

Figura 20. Diagrama de recorrido propuesto



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Luego de realizar los diagramas propuestos de operaciones, flujo y recorrido, se puede evidenciar lo siguiente:

- Diagrama de operaciones: se logró disminuir el tiempo en el diagrama propuesto de operaciones, ya que en la situación actual se evidenciaba un tiempo de 20,45 minutos por envase de linaza, y en nuevo diagrama se logró reducir a 16,65 minutos, logrando con ello una producción diaria mayor a la que se tenía anteriormente; todo esto gracias a la reducción de tiempos en operaciones e inspecciones ineficientes.
- Diagrama de flujo: en el diagrama de flujo se logró rebajar como en el diagrama anterior, el tiempo de toda la operación, ya que antes la operación se realizaba en 25,15 minutos incluyendo transportes del producto y demoras inevitables; con ello se logró reducir el tiempo a 17,95 minutos en toda la operación y además se disminuyó la cantidad de transportes, esto con la finalidad de tener una mejor distribución de la planta y maquinaria, para así evitar operaciones y transportes ineficientes.
- Diagrama de recorrido: con la adecuada distribución de la maquinaria se llegó a determinar que el diagrama de recorrido en la situación actual se encontraba en malas condiciones, tanto en condiciones inseguras como actos inseguros, debido a que las máquinas encargadas de realizar el proceso para los envases de linaza, quedaban lejos una de otra, para lo cual se realiza la redistribución de la maquinaria y planta para que las máquinas encargadas del proceso queden en línea, esto con el fin de disminuir operaciones y transportes evitables.

3.2. Condiciones físicas laborales en la línea de producción de linaza

Luego de evaluar las condiciones físicas de la empresa Plásticos Escobar, S. A. se propone.

3.2.1. Iluminación

La empresa Plásticos Escobar, S. A. cuenta actualmente con 5 estaciones de luminarias en la cual cada luminaria posee 2 lámparas fluorescentes standard 40 W, la cual tiene un bajo costo y una vida útil de 18,000 horas, un total de 6,400 lúmenes en cada luminaria.

Figura 21. **Bodega de la empresa Plásticos Escobar, S. A.**



Fuente: instalaciones de la bodega, empresa Plásticos Escobar, S. A.

Se calculará el número de luminarias ideales para la empresa Plásticos Escobar, S. A.

La empresa tiene las siguientes dimensiones: 22,670 m de largo, 9,9 m de ancho y 4,5 m de altura. El techo, las paredes y el piso son grises. La actividad que se realiza es el montaje moderadamente difícil y que tiene un factor de mantenimiento malo. La medida del piso al área de trabajo es de un metro; de la lámpara al cielo hay 0,5 metros y del área de trabajo a la lámpara 3 metros. La edad de los trabajadores oscila entre 20 a 35 años, la velocidad o exactitud no es importante.

$$HCP = 0,5 \text{ m}$$

$$HCA = 3 \text{ m}$$

$$HCC = 1 \text{ m}$$

Tabla I. **Distribución de las alturas para análisis de techos**

Colores	Alturas
Color techo (PC)	Piso - mesa (HCP)
Color pared (PP)	Mesa - lámpara (HCA)
Color piso (PF)	Cielo - lámpara (HCC)

Fuente: elaboración propia.

- Paso 1: coeficiente de reflexión

$$PC = \text{Blanco} = 40 \%$$

$$PP = \text{Blanco} = 40 \%$$

$$PF = \text{Blanco} = 40 \%$$

- Paso 2: factor de mantenimiento:

$$\text{Factor de mant.} = 0,5$$

- Paso 3: categoría de la actividad

$$\text{Edad} < 40 \text{ años}$$

$$\text{Exactitud: no importante}$$

$$\text{Reflectancia: } 30 \%- 70 \%$$

Rango = E

Punteo = - 2

500 LUX

- Paso 4: relación de cavidad

$$\text{Cavidad ambiente: RCA} = \frac{5(HCA)(\text{Largo}+\text{Ancho})}{\text{Largo}*\text{Ancho}} = \frac{5(3m)(22.670m+9.900m)}{(22.670m*9.900m)} = 2,1768$$

$$\text{Cavidad cielo: RCC} == \frac{5(1m)(22.670m+9.900m)}{(22.670m*9.900m)} = 0,7256$$

$$\text{Cavidad piso: RCP} == \frac{5(0.5m)(22.670m+9.900m)}{(22.670m*9.900m)} = 0,3628$$

- Resultados

RCA = 2,1768

RCC = 0,7256

RCP = 0,3628

- Paso 5: reflexión efectiva cavidad cielo (PCC)

Tabla II. **Resultados reflexión efectiva cavidad cielo**

	Porcentaje Reflexión	Dato Tabla	RCC	PCC
PC	40	50	0,7256	43,744 %
PP	40	50		
	0,7	44		
	0,7256	X		
	0,8	43		

Fuente: elaboración propia.

- Paso 6: coeficiente de utilización K

$$PCC = 43,744 \%$$

$$PP = 40 \%$$

$$RCA = 2,1768$$

Tabla III. **Coeficiente de utilización K**

2	0,71
2,1768	X
3	0,66

Fuente: elaboración propia.

$$\mathbf{K = 0,7012}$$

- Paso 7: reflexión efectiva cavidad piso (PCP)

Tabla IV. **Reflexión efectiva cavidad piso**

0,3	47
0,3628	X
0,4	46

Fuente: elaboración propia.

$$\mathbf{PCP = 46,372 \%$$

- Paso 8: factor de corrección: como PCP no es menor a 30 %, entonces no se realiza el factor de corrección.

- Paso 9: flujo luminoso

$$\Phi_t = \frac{(500 \text{ LUX})(22,670\text{m} * 9,900\text{m})}{(0,7012)(0,50)} = 320\ 069,88 \text{ Lúmenes/Luminaria}$$

- Paso 10: espacio máximo

Tabla V. **Espacio máximo**

	Porcentaje Reflexión	Dato Tabla	RCP	PCP
PF	40	50	0,3628	67,667
PP	40	50		

Fuente: elaboración propia.

$$EM = (1,50)(3 \text{ m}) = 4,5 \text{ m}$$

- Paso 11: total de luminarias

$$\# \text{ Luminarias} = \frac{22,670\text{m}}{4,50} * \frac{9,900\text{m}}{4,50} = 11,08 \text{ luminarias}$$

- Paso 12: flujo por luminaria

$$\Phi_L = \frac{320\ 069,88 \text{ Lumenes/Luminarias}}{11,08 \text{ Luminarias}} = 28\ 887,17 \text{ Lúmenes}$$

- Paso 13: tipo de lámparas

Fluorescentes Standard

40 Watts

Lúmenes iniciales = 3200

Vida útil horas = 18,000

Calculando el número de luminarias necesarias para la empresa con las características anteriormente mencionadas son necesarias 11. Cabe destacar que en dicha empresa solamente se cuenta con 5 luminarias. Es evidente que se necesita instalar 6 luminarias más para tener una plena iluminación dentro de la empresa y así realizar todas las operaciones de acuerdo con las especificaciones ideales, para que no tengan problema los trabajadores a la hora de realizar su trabajo y no les produzca ceguera a largo plazo.

3.2.2. Ventilación

La ventilación que actualmente posee la empresa se considera ineficiente, dado que no posee ningún tipo de ventanas; las máquinas para procesar el plástico emanan demasiado calor y este no puede ser expulsado, asimismo el aire que los operarios expulsan no puede ser mitigado. Cabe resaltar que la falta de ventanas no se compensa con ventilación artificial los únicos dispositivos que tienen ventiladores son las máquinas, entendiéndose que dichos ventiladores son indispensables para el funcionamiento pleno de la maquinaria y no ayudan de ninguna manera a mitigar el calor que se produce en la fábrica. También se puede afirmar que el techo también es contribuyente al calor que se siente en la fábrica, ya que este es de lámina y produce calor por los rayos del sol.

Para tener conocimiento de cuál es la ventilación idónea que debe tener la empresa es necesario realizar el cálculo y conocer algunos factores como la velocidad del viento, dimensiones de la fábrica, entre otros. A continuación se presenta el cálculo de la ventilación idónea para dicha fábrica de plásticos; posteriormente se podrá concluir y realizar la debida recomendación contrastando la ventilación que actualmente se posee.

Largo = 22,67 m

Ancho = 9,9 m

Altura = 4,5 m

Velocidad del viento = $0,2 \text{ m/s}$

Dirección del aire = longitudinalmente = 0,30

- Paso 1: cálculo del volumen total

$$VT = (22.67 \text{ m}) * (9.9 \text{ m}) * (4.5 \text{ m}) = 1,009.9485 \text{ m}^3$$

- Paso 2: cálculo de volumen total a evacuar

$$Q = VT * (RA) = (1\ 009,9485 \text{ m}^3) * (13) = 13\ 129,3305 \text{ m}^3$$

- Paso 3: área mínima de ventilación

$$AP = \frac{Q}{C * Vv} = \frac{13\ 129,3305 \text{ m}^3}{(0,30) * (0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}})} = 60,7839375 \text{ m}^2$$

- Paso 4: altura y ancho de las ventanas

$$Yv = \frac{AP}{Ancho} = \frac{60,7839375 \text{ m}^2}{9,9 \text{ m}} = 6,1398 \text{ m}$$

$$Xv = \frac{AP}{Ancho} = \frac{60,7839375 \text{ m}^2}{22,67 \text{ m}} = 2,6813 \text{ m}$$

- Paso 5: área de la ventanas

$$Av = Xv * Yv = (2,6813 \text{ m}) * (6,1398 \text{ m}) = 16,4623 \text{ m}^2$$

- Paso 6: número de ventanas

$$\#Ventanas = \frac{AP}{AV} = \frac{60,7839375 \text{ m}^2}{16,46231641 \text{ m}^2} = 3,69 \approx 4 \text{ Ventanas}$$

Luego de calcular el número de ventanas adecuadas para la fábrica de plásticos se determinó que son 4 las necesarias para tener una ventilación adecuada dentro de la fábrica sin la necesidad de tener que utilizar ventilación artificial. Estas pueden ser distribuidas en cualquier sitio según se quisiera. Estas ventanas harían una buena renovación del aire y una mitigación adecuada del calor para realizar de una forma más cómoda los trabajos que ahí se presentan. Las dimensiones de la ventana son de aproximadamente 6 metros de alto y 3 metros de ancho cada una.

3.2.3. Ruido

La exposición de ruido en la planta se debe completamente a 4 máquinas, las cuales son las responsables de la transformación total de la materia prima en los productos que la empresa comercializa.

Estas máquinas producen niveles de ruido determinados que fueron medidos con la ayuda de aplicaciones móviles durante la evaluación de la

planta y se detallarán durante el análisis de la exposición al ruido de los operarios de la empresa.

La empresa depende básicamente de 2 máquinas sopladoras y 2 inyectoras y eventualmente se utilizan 2 molinos que trituran los desechos de los productos terminados para convertirlos en polvo que se reutilizará como materia prima. Cada máquina sopladora produce aproximadamente 83 dB y cada máquina inyectora 74 dB.

Cabe mencionar que la actividad laboral en la planta se lleva a cabo en jornadas de 12 horas, durante las cuales por lo general son 3 las máquinas que funcionan al mismo tiempo (una sopladora y dos inyectoras) y la otra máquina sopladora solamente trabaja en caso de que la primera no se dé abasto para el volumen de producción que se maneja durante un día de trabajo.

Cada máquina es operada por un único trabajador, que se ocupa de verificar desde el ingreso de materia prima, hasta que el producto final sale de la máquina. Según información del supervisor de la planta las máquinas trabajan en un rango de 8 a 10 horas seguidas a lo largo de la jornada.

A continuación se informará sobre el análisis de la exposición del ruido, planteando con base en la actividad que se da regularmente en la planta en un día normal de trabajo.

Tabla VI. **Análisis de la percepción del ruido cuando las máquinas trabajan al mismo tiempo**

Máquina sopladora 1 (A): 83 dB
Máquina inyectora 1 (B): 74 dB
Máquina inyectora 2 (C): 74 dB

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Escala para combinar decibeles**

Diferencia entre dos niveles de decibeles por sumar	Cantidad por agregar al nivel mayor para obtener la suma de decibeles
0	3
1	2.6
2	2.1
3	1.8
4	1.4
5	1.2
6	1
7	0.8
8	0.6
9	0.5
10	0.4
11	0.3
12	0.2

Fuente: elaboración propia.

- Combinación máquina sopladora 1 y máquina inyectora 1

$$\text{Diferencia de decibeles A-B: } 83 - 74 = 9$$

La tabla indica que para una diferencia de “9” agregar 0,5 decibeles más al nivel más alto.

$$A, B = 83 + 0,5 = 83,5 \text{ dB.}$$

- Combinación máquina sopladora 1, máquina inyectora 1 y máquina inyectora 2:

$$\text{Diferencia combinación A, B con C} = 83.5 - 74 = 9,5$$

La tabla indica que para una diferencia de 10 agregar 0,4 decibeles más al nivel más alto.

$$\text{Combinación A, B, C} = 83,5 + 0,4 = 84 \text{ dB}$$

- Análisis de la dosificación del ruido durante una jornada laboral de 12 horas: un trabajador de la planta está expuesto a un promedio de 84 decibeles durante 10 horas seguidas en su jornada de trabajo.

Tabla VIII. **Cálculo exposición al ruido**

Nivel de ruido	Tiempo de exposición (h)	Tiempo establecido (h)
84	10	18,4

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Dosificación} = 100 \left(\frac{10}{18,4} \right) = 54,3 \%$$

Se concluye que el nivel de dosificación de ruido existente en la empresa, sobrepasa ligeramente el porcentaje de riesgo del 51 %, y que por consiguiente el trabajador debe poseer el equipo de protección que garantice su seguridad auditiva durante el desempeño de sus labores.

3.2.4. Techo

Al realizar la evaluación de la infraestructura de la empresa se observó que la planta cuenta con un techo a dos aguas con monitor, conformado por la cubierta que es de lámina metálica y una estructura de soporte de costaneras.

En dicha observación se determinó que las condiciones generales del techo no son malas y la estructura es estable, pero probablemente se pueda optimizar el aprovechamiento de luz natural y se deba tomar en cuenta el mantenimiento sobre la cubierta.

Según la información que proporcionó el supervisor de la planta, una parte del techo fue agregada hace pocos meses; se adicionó una galera en el área de carga y descarga, la cual no estaba cubierta por ningún tipo de techo. Esta remodelación, instalada en forma de dos aguas y también con cubierta de lámina metálica, complementó la parte del techo ya existente.

Con base en el análisis efectuado no se optará por recomendar a la empresa otro tipo de techo. El techo actual (a dos aguas con monitor) posee una elevación que se ajusta perfectamente a las necesidades de la nave de 4,5 metros de altura, con un entepiso para almacenamiento, una torre de enfriamiento y con planes a corto plazo de instalar una planta alta para archivos del área administrativa.

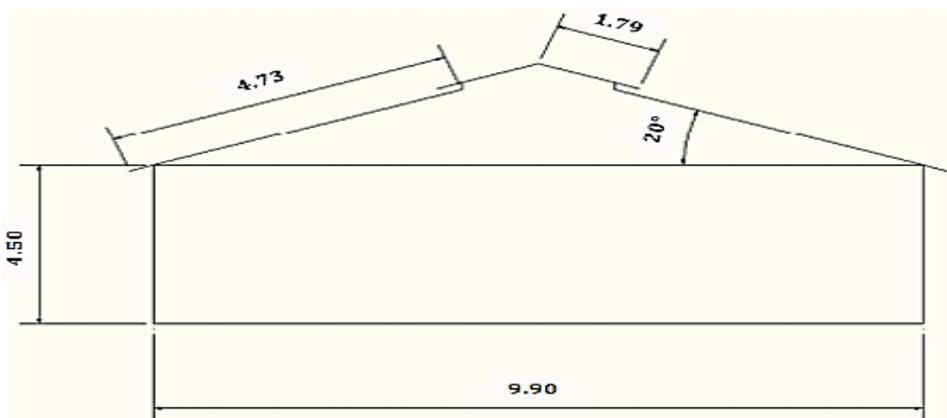
Como parte de la evaluación fue posible contabilizar el número de láminas transparentes con un resultado de 10, las cuales proveen iluminación natural a la planta durante el día; sin embargo estas no satisfacen la recomendación del 20 % mínimo del área superficial de la cubierta.

La planta maneja dos jornadas de trabajo de 12 horas cada una y es posible mejorar la recepción de iluminación natural, cuando menos para la jornada diurna, y que a su vez se garanticen los requisitos mínimos de las instalaciones de techos industriales. Por lo tanto se harán los cálculos pertinentes de elaboración de techos para determinar el número necesario de láminas transparentes en la planta.

Lo primero que debe hacerse es determinar el número de láminas, cuyo procedimiento se resuelve de la siguiente manera:

Se utiliza un ángulo de 20° , por lo que se obtiene un largo de 4,73 metros en las alas principales y 1,79 metros en las alas del monitor.

Figura 22. **Distribución techo de la empresa Plásticos Escobar, S. A.**



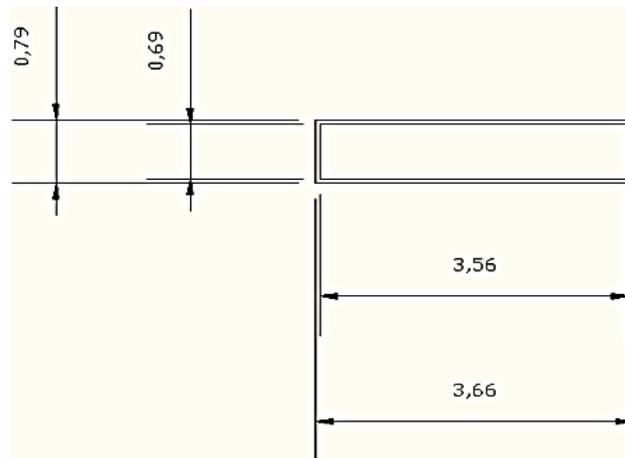
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

La nave tiene un largo de 22,67 metros, por lo que se obtiene un área total a cubrir de:

$$\begin{aligned} \text{Área\#} &= \text{Ancho} * \text{Largo} * \text{núm. Alas} \\ \text{Área principal} &= 4,73 * 23,89 * 2 = 226,00 \text{ m}^2 \\ \text{Área monitor} &= 1,79 * 23,89 * 2 = 85,53 \text{ m}^2 \\ \text{Área total} &= \text{Área principal} + \text{Área monitor} \\ \text{Área total} &= 226,00 + 85,53 = 311,53 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

El área efectiva se obtiene calculando el área de una lámina, quitándole 2 pulgadas a cada lado de una lámina de dimensiones 12 pies x 32 pulgadas.

Figura 23. **Área efectiva para cálculo de techo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$\begin{aligned} \text{Área efectiva} &= \text{Largo} * \text{Ancho} \\ \text{Área efectiva} &= 3,5556 * 0,6858 = 2,53 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

La cantidad de láminas a utilizar se calcula:

$$\text{Núm. de láminas} = \frac{\text{Área total}}{\text{Área efectiva}}$$

$$\text{Núm. de láminas} = \frac{311,53}{2,53} = 123,11$$

A esta cantidad se le extrae el 20 %, que es 24,6, concluyendo que el techo debe tener un total de aproximadamente 25 láminas transparentes. Esto supone el reemplazo de 15 láminas metálicas, por la implementación de 15 nuevas láminas transparentes, que se sumarían a las 10 ya existentes.

Tabla IX. **Costo de la implementación propuesta**

Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Total
Láminas transparentes	Q.120,00	15	Q.1 800,00

Fuente: elaboración propia.

3.2.5. Pintura y señalizaciones

La infraestructura del área donde se realizó la visita a la empresa de Plásticos Escobar, S. A. posee la pintura de las paredes de color gris, el piso de concreto rústico normal y otra parte de concreto alisado de color gris sin pisos y sin azulejos. Asimismo el techo estaba formado por láminas galvanizadas de color gris y con varias láminas transparentes.

La señalización en la empresa era nula, no existía ningún tipo de letrero, señalización, descripción o algún tipo de señalización industrial. La pintura y señalización industrial es un factor que influye mucho en la visibilidad de los operarios o encargados de las plantas, por lo que en la siguiente sección se realizarán las propuestas recomendadas para la empresa.

La propuesta de la pintura para la planta, ubicación y cuantificación de la misma es, que al realizar un análisis sobre la propuesta de la pintura en la empresa, la ubicación y cantidad de la misma se tomaron en cuenta puntos importantes como: el tipo de procesos que se realizan en dicha área de producción, los productos, la materia prima, la cantidad de luminarias, el espacio cuadrado y los horarios de trabajo. De acuerdo con todo lo anterior se propone lo siguiente:

- Pintura de paredes: se recomienda pintar las paredes con una pintura industrial Epoxi de color blanco. Esto para contribuir notablemente en la iluminación de la planta, ya que a pesar de poseer iluminación natural en el día el color blanco en las paredes ayudaría en la visibilidad a los operarios que realizan la operación de ensamblaje de los pachones. Al realizar la cotización sobre pinturas para paredes se recomienda la compra de un total 6 cubetas de pintura blanca de aceite, normal, la inversión es de un total de Q1 080,00 para lograr crear un apoyo extra en la visibilidad de los operarios.
- Pintura de techo: al realizar la visita a la empresa se observó que una parte del techo- galera fue recientemente instalada, por lo que parte del área de producción de pachones estaba conformada por un techo-galera antiguo y otro nuevo. Por esta razón no se recomienda el uso de pintura en el techo, ya que la empresa ha gastado recientemente en la instalación del techo nuevo y no sería factible volver a gastar recursos monetarios en la pintura.
- Pintura de pisos: la pintura en el piso recomienda únicamente colocar señalización de color amarillo en las áreas de trabajo para que se respete cada lugar y así no interrumpir el transporte del producto final.

Colocar vías y lugares específicos en donde los operarios logren realizar su trabajo de una manera más cómoda y eficaz. La pintura puede ser acrílica de color amarillo. Se recomienda la compra de una cubeta de pintura color amarillo de aceite (Q180,00). Esta también puede ser utilizada para toda la planta en general.

- Señalización industrial: la señalización dentro de una empresa es un factor esencial para evitar accidentes, reducir riesgos y para estar preparados en alguna emergencia. Se proponen las siguientes señalizaciones básicas para el área de producción y almacena de los productos de Plásticos Escobar, S. A.:

Figura 24. **Rótulos de ruta de evacuación y emergencia**



Fuente: área de Seguridad Industrial, empresa Plásticos Escobar S. A.

Se recomienda el uso de este tipo de señalizaciones dentro de la planta, ya que al observar las instalaciones, no se logró encontrar ningún tipo de estas señales industriales. El lugar de ubicación de dichas señales se debe elaborar de manera minuciosa dentro de la planta, para que el personal logre leerlas y seguir las instrucciones e indicaciones necesarias.

Asimismo, la importancia de prevención en una planta es esencial para evitar accidentes no deseados, los extinguidores son fundamentales en la empresa por lo que también se recomiendan dichos aparatos.

3.3. Pronóstico de producción

El presente trabajo de graduación propone un modelo que consiste en un esquema de trabajo que define un método de procesar información, adaptándola a un contexto determinado. El pronóstico de producción es la base y requisito primordial de todo plan de producción en una empresa.

Debido al fácil acceso que se tiene a la información de las ventas mensuales de años anteriores se efectúa, un pronóstico de producción basado en el análisis de las gráficas que incluyen los datos históricos.

3.3.1. Recopilación de datos históricos

La información más importante para realizar los pronósticos de producción son los datos históricos.

Los datos históricos que se van utilizar en el modelo de pronóstico corresponden a una serie de 36 meses consecutivos para un mismo producto, siendo el último dato de la serie, el previo al primer pronóstico de riesgo que se requiera determinar.

Dichos datos son las ventas por mes de un producto específico de la empresa; además, se deben incluir los productos no conformes de cada mes.

Se debe tener un criterio de evaluación de los datos históricos, puesto que estos se ven afectados por promociones u ofertas propias o de la competencia, falta de materiales, fallos en maquinaria y equipo.

Estos datos que no presentan un comportamiento similar al resto de la serie se sustituyen al realizar un promedio de los tres datos anteriores al mismo.

A continuación se presenta un resumen de los últimos tres años de ventas:

Tabla X. **Ventas reales de los envases de linaza**

Reporte de Ventas Reales por Mes (unidades)					
Codigo de Producto		1			
Descripción		Envase de Linaza			
Años		1	Al:		3
Elaborado por:		Ivan Girón			
Serie de Datos Históricos					
Año 1		Año 2		Año 3	
Mes	Venta	Mes	Venta	Mes	Venta
Ene	960	Ene	975	Ene	936
Feb	925	Feb	936	Feb	948
Mar	985	Mar	960	Mar	947
Abr	960	Abr	926	Abr	965
May	945	May	934	May	963
Jun	953	Jun	925	Jun	950
Jul	985	Jul	956	Jul	960
Ago	935	Ago	940	Ago	954
Sep	964	Sep	970	Sep	956
Oct	926	Oct	975	Oct	976
Nov	942	Nov	932	Nov	946
Dic	963	Dic	948	Dic	975
Total	11443	Total	11377	Total	11476

Fuente: elaboración propia.

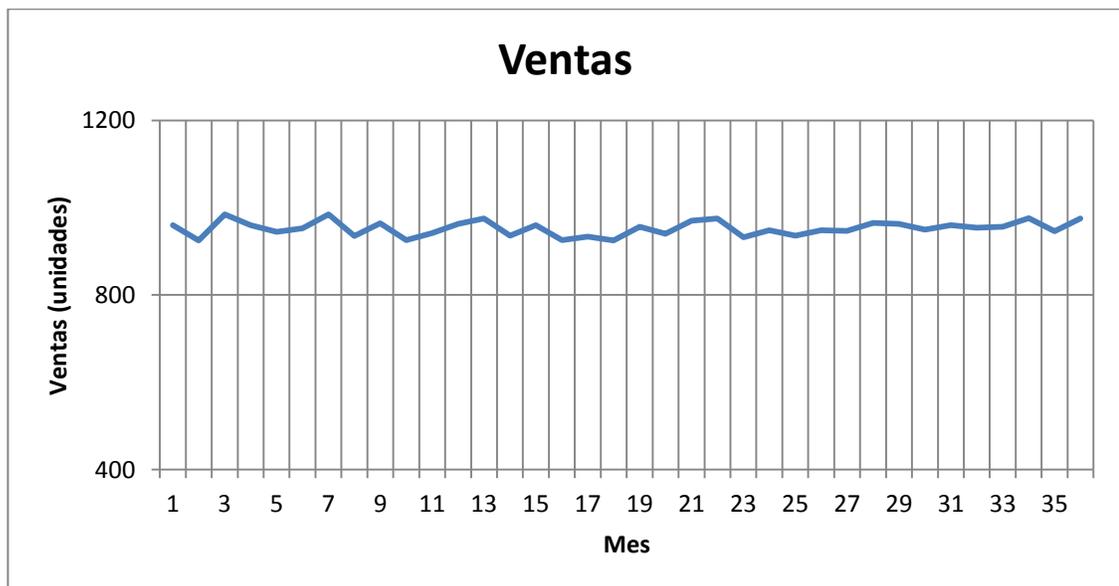
3.3.1.1. Análisis primario

En el análisis primario se realizará la gráfica de las ventas históricas en contra del mes que corresponde, para así posteriormente realizar una comparación visual para determinar a la familia de curvas, a la que pertenece.

3.3.1.1.1. Gráfica de tendencia de las ventas históricas

La gráfica se elabora con un eje vertical y un eje horizontal en el cual el eje vertical manejará las unidades vendidas en cada periodo y el eje horizontal se trabajará con los meses.

Figura 25. Ventas reales de la línea de producción de linaza



Fuente: elaboración propia.

3.3.1.1.2. Determinación de tipo de comportamiento

El tipo de comportamiento se determina al hacer una comparación visual con los 4 modelos de los tipos de familias de curvas. Se deben identificar los puntos característicos de cada familia en la gráfica obtenida de las ventas mensuales. A la hora de no poder diferenciar solamente un tipo de familia se utilizarán las dos que mejor correspondan a la gráfica para el análisis posterior.

Tabla XI. **Características de los tipos de pronósticos**

Tipo de familia	Puntos característicos	
Estables	Cambios no significativos en unidades de un periodo a otro	Los cambios no presentan una misma tendencia similar consecutiva
Ascendentes	Cambios significativos en unidades de un periodo a otro	Los cambios presentan una misma tendencia similar consecutiva
Cíclicas	Los datos presentan relación horizontal de año a año.	Los cambios presentan varias tendencias similares consecutivas en segmentos diferentes de períodos
Combinadas	Los datos presentan relación horizontal de año a año.	Los cambios presentan tendencias similares consecutivas que no corresponden a otras.

Fuente: elaboración propia.

Para la gráfica del envase de linaza, se puede apreciar que los datos presentan cambios no significativos en unidades de un periodo a otro, por lo cual dicho caso corresponde a la familia estable.

3.3.1.2. Análisis secundario

Se procede a evaluar los métodos cuantitativos para las familias estables, con el propósito de encontrar las proyecciones de evaluación; se utilizará un ciclaje de 4, es decir, un periodo congelado de ventas de los últimos 4 meses.

3.3.1.2.1. Comprobación de error

Se deben calcular los pronósticos de evaluación, siguiendo los métodos matemáticos correspondientes, de los últimos cuatro meses de la serie de datos históricos; se evaluarán todos los métodos para luego corroborar cuál es el que posee el menor error.

- Último periodo

Tabla XII. Cálculo pronósticos último periodo

Último periodo				
Mes	Ventas	Proyección	Error	E
33	956	954	2	2
34	976	956	20	22
35	946	976	-30	-8
36	975	946	29	21

Fuente: elaboración propia.

- Promedio aritmético

$$P33 = (\sum_1^{32} Ventas) / 32 ; \text{ y así sucesivamente hasta P36}$$

Tabla XIII. **Cálculo pronóstico promedio aritmético**

Promedio aritmético				
Mes	Ventas	Proyección	Error	E
33	956	951	5	5
34	976	952	24	29
35	946	952	-6	23
36	975	952	23	46

Fuente: elaboración propia

- Promedio móvil simple

$$P33 = \sum_{29}^{32} Ventas / 4$$

Tabla XIV. **Cálculo pronóstico promedio móvil simple**

Promedio móvil simple				
Mes	Ventas	Proyección	Error	E
33	956	957	-1	-1
34	976	955	21	20
35	946	962	-16	4
36	975	958	17	21

Fuente: elaboración propia.

- Promedio móvil ponderado

$$P_{33} = (0,5 * V_{29} + 0,8 * V_{30} + 1,2 * V_{31} + 1,5 * V_{32})$$

Tabla XV. **Cálculo pronóstico promedio móvil ponderado**

Promedio móvil ponderado (0,5 ; 0,8 ; 1,2 ; 1,5)				
Mes	Ventas	Proyección	Error	E
33	956	956	0	0
34	976	956	20	20
35	946	964	-18	2
36	975	958	17	19

Fuente: elaboración propia.

- Promedio exponencial caso "A"

$$P_{33} = 960 + 0,5 (954 - 960)$$

Tabla XVI. **Calculo pronóstico promedio exponencial, caso A**

Promedio exponencial caso "A" ($\alpha=0,5$)				
Mes	Ventas	Proyección	Error	E
33	956	957	-1	-1
34	976	957	19	18
35	946	967	-21	-3
36	975	957	18	15

Fuente: elaboración propia.

- Promedio exponencial caso "B"

$$P_{33} = 960 + \frac{1 - 0,5}{0,5} * 4$$

Tabla XVII. **Cálculo pronóstico promedio exponencial caso B**

Promedio exponencial caso "B" ($\alpha = 0,5$)				
Mes	Ventas	Proyección	Error	E
33	956	954	2	2
34	976	956	20	22
35	946	976	-30	-8
36	975	946	29	21

Fuente: elaboración propia.

3.3.1.2.2. **Determinación de tipo de pronóstico adecuado**

La finalidad del análisis secundario en esta etapa es determinar el método matemático que presente el menor error absoluto acumulado.

El tipo de pronóstico que se utilizará para la elaboración del pronóstico de riesgo para un período determinado será el método matemático que presente el menor error absoluto acumulado.

3.3.1.3. Elaboración de pronóstico de riesgo para un periodo determinado

Utilizando el método matemático de franja simulada, la proyección futura se basa en el método que menor error haya acumulado; este es el promedio exponencial caso "A". A partir de dicha selección se procede a calcular el pronóstico de riesgo de los próximos 4 meses, pudiendo a partir de ellos calcular los siguientes meses necesarios.

Tabla XVIII. Cálculo pronóstico de riesgo

Pronóstico de riesgo	
Mes	Ventas
37	958
38	957
39	956
40	955

Fuente: elaboración propia.

3.4. Cálculo de manejo de materiales

Luego de la etapa de pronóstico de producción se deben de tomar las medidas necesarias que garanticen la continuidad del proceso productivo. Es por ello que ahora se procederá con el cálculo para el manejo adecuado de materiales, esto lo que busca primordialmente es que la empresa no desperdicie materia prima y sobre todo no tenga gastos excesivos en pérdida de materia prima por el mal manejo de los mismos.

Dentro de estos cálculos se encuentra el de requerimientos de materiales y las fechas de entrada de los mismos; parten de la información obtenida de la matriz de la producción y de la proporcionada por la empresa Plásticos Escobar, S. A.

3.4.1. Matriz de producción

La matriz de producción surge a través de la cantidad de materiales que se utilizarán en el ciclo de trabajo; en este caso se aplica ambos productos que son los principales, para la tapa se utiliza polipropileno, y para el PVC código P371. A continuación se presenta la matriz de producción.

Tabla XIX. **Matriz de producción**

Material/Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
PVC	240	239	239	239	957
Polipropileno	192	191	191	191	765

Fuente: elaboración propia.

- Rendimiento 1 *batch* = 100 unidades:

Según registros de bodega en la empresa Plásticos Escobar, S. A., las existencias de los materiales al 31 de diciembre de 2015 son los siguientes:

Tabla XX. **Existencias de materiales**

Material	Cantidad
PVC	700 lb.
Polipropileno	500 lb.

Fuente: elaboración propia.

3.4.1.1. **Cantidad a producir**

Los materiales son el principal factor para la utilización de un adecuado manejo de materiales, para lo cual se debe especificar la cantidad del mismo por *batch* que se utiliza. Esta se presenta en la siguiente matriz.

Tabla XXI. **Cantidad a producir**

Material	Cantidad/batch
PVC	25 lb.
Polipropileno	20 lb.

Fuente: elaboración propia.

3.4.1.2. **Tiempo a utilizar**

El historial de entregas de pedido de los materiales por parte de la red de proveedores para los materiales utilizados en la línea de linaza se resume a continuación:

Tabla XXII. **Tiempo a utilizar en entregas de pedidos**

Material	Primer pedido	Segundo pedido	Tercer pedido	Cuarto pedido
PVC	0,5 mes	0,8 mes	0,7 mes	0,6 mes
Polipropileno	0,6 mes	0,9 mes	0,5 mes	0,7 mes

Fuente: elaboración propia.

3.4.1.3. Mano de obra requerida

La mano de obra requerida para la realización del producto es esencial, debido que es necesario tener 3 operarios fijos en turnos continuos de 12 horas; como la demanda es alta no se puede parar la producción; al verificar la producción continua es necesario que los operarios esten disponibles a toda hora del día, incluyendo sábados y domingos, ocasionalmente. En la próxima sección se detallarán los costos de la mano de obra esencial para la adecuada planificación de la producción.

3.4.1.4. Costos

En la siguiente tabla se detallarán los costos y salarios de los operarios que trabajan continuamente en la producción de los envases de linaza.

Se trabaja con 3 operarios, con turnos de 12 horas cada uno, en una jornada nocturna.

Tabla XXIII. **Costos de operarios**

Puesto	Salario	Bonificación	Bono por productividad	Total
Operario 1	Q 2 497,04	Q 250,00	Q 250,00	Q2 997,04
Operario 2	Q 2 497,04	Q 250,00	Q 200,00	Q2 947,04
Operario 3	Q 2 497,04	Q 250,00	Q 150,00	Q2 897,04

Fuente: elaboración propia.

3.4.2. Construcción del modelo de inventario

Ahora se procede la construcción del modelo de inventario para cada uno de los materiales: en primer lugar se trabajará con el material del envase que es PVC; se calcularán las políticas de pedido:

$$Rnr = \frac{0,5 + 0,8 + 0,7 + 0,6}{4} = 0,65 \text{ meses}$$

$$Rss = 0,8 - 0,65 = 0,15 \text{ meses}$$

$$Rmax = 5 \text{ meses}$$

Luego de tener las políticas de pedido ya calculadas se procede a definir las variables cuantitativas para cada material, en este caso para el PVC.

$$SS = \frac{957}{4} * 0,15 = 36 \text{ lb}$$

$$N.R. = \frac{957}{4} * 0,65 = 156 \text{ lb}$$

$$N.Max. = \frac{957}{4} * 5 = 1\ 200 \text{ lb}$$

$$Q_{opt} = 2 * (36) + 156 = 228 \text{ lb}$$

$$Existencia\ 2 = 228 + 36 = 264 \text{ lb}$$

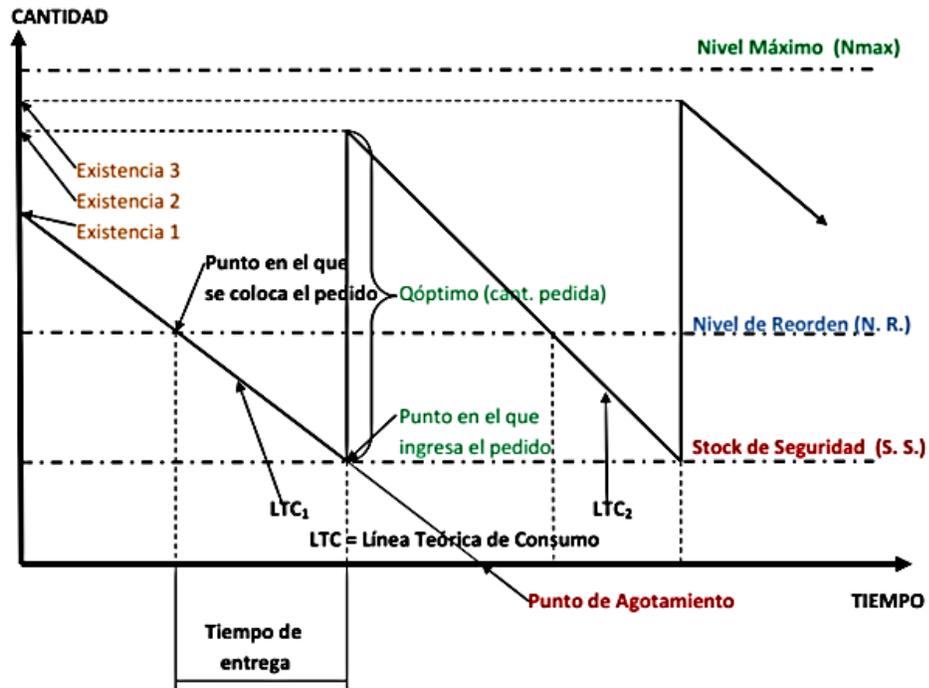
$$Existencia\ 1 = 700 \text{ lb}$$

$$LTC\ 1 = \frac{700}{957} * 4 = 2,93 \text{ meses}$$

$$LTC\ 2 = \frac{228}{957} * 4 = 0,95 \text{ meses}$$

Sustituyendo los valores en la siguiente gráfica se procede a calcular los valores de X_1 y X_2 , los cuales indican el tiempo prudencial de entrega de la materia prima.

Figura 26. Manejo de inventarios



Fuente: TORRES, Sergio Antonio. *Control de la producción*. p. 37.

$$X 1 = \frac{2,93}{664} * 544 = 2,40 \text{ meses}$$

$$X 2 = \frac{0,95}{228} * 108 = 0,45 \text{ meses}$$

Ahora se procederá a calcular las políticas de pedido para el polipropileno, material con el cual se fabrica la tapadera:

$$Rnr = \frac{0,6 + 0,9 + 0,5 + 0,7}{4} = 0,675 \text{ meses}$$

$$R_{ss} = 0,9 - 0,675 = 0,225 \text{ meses}$$

$$R_{max} = 5 \text{ meses}$$

Luego de tener las políticas de pedido ya calculadas, se debe proceder a definir las variables cuantitativas para cada material; en este caso para el polipropileno.

$$SS = \frac{765}{4} * 0,225 = 46 \text{ lb}$$

$$N. R. = \frac{765}{4} * 0,675 = 129 \text{ lb}$$

$$N. Max. = \frac{765}{4} * 5 = 956 \text{ lb}$$

$$Q_{opt} = 2 * (46) + 129 = 221 \text{ lb}$$

$$Existencia 2 = 221 + 46 = 267 \text{ lb}$$

$$Existencia 1 = 500 \text{ lb}$$

$$LTC 1 = \frac{500}{765} * 4 = 2,61 \text{ meses}$$

$$LTC 2 = \frac{267}{765} * 4 = 1,40 \text{ meses}$$

Sustituyendo los valores en la siguiente gráfica se procede a calcular los valores de X_1 y X_2 , los cuales indican el tiempo prudencial de entrega de la materia prima.

$$X 1 = \frac{2,61}{454} * 371 = 2,13 \text{ meses}$$

$$X 2 = \frac{1,40}{221} * 138 = 0,87 \text{ meses}$$

3.4.3. Cronograma de pedidos

A continuación se presentan los cronogramas para ambos materiales que se utilizan en la producción de los envases de linaza; en la fabricación es muy importante mencionar la programación para realizar el pedido de la materia prima, para lo cual se presentan los siguientes cronogramas:

Tabla XXIV. Cronograma de pedidos

PVC	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	may-16	jun-16
Orden de pedido			Martes 29/03 Req. #1		Viernes 13/05/2016 Req. #2	
Ingreso a bodega				Jueves 14/04 Req. #1	Viernes 27/05/2016 Req. #2	
Cantidad (lb)				228	228	
Polipropileno	ene16	feb16	mar-16	abr-16	may-16	jun-16
Orden de pedido			Viernes 18/03 Req. #1		Lunes 16/05 Req. #2	
Ingreso a bodega				Lunes 04/04 Req. #1		Miércoles 01/06 Req. #2
Cantidad (lb)				221		221

Fuente: elaboración propia.

Luego de realizar la programación o cronograma para el adecuado manejo de materiales se llega a la conclusión que la empresa Plásticos Escobar, S. A. estaba manejando de una inadecuada manera lo relacionado con el pedido de su materia prima principal para la producción de los envases de linaza.

Es por ello que se recomienda aplicar la nueva propuesta a lo relacionado con el manejo de materiales y también con los pronósticos de producción establecidos para los siguientes meses del presente año.

3.5. Mantenimiento de maquinaria

Con el fin de establecer un programa de mantenimiento para la maquinaria se presentan las siguientes características.

3.5.1. Tipo de mantenimiento

Los tipos de mantenimiento que existen actualmente tienen diferentes características específicas para cada uno de ellos, para lo cual es necesario explicar más a fondo los dos tipos de mantenimiento más comunes y más utilizados en la industria: el mantenimiento preventivo y correctivo.

3.5.1.1. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento trata de anticiparse a la aparición de las fallas. Claramente ningún sistema puede anticiparse a las fallas, por lo cual es necesaria una programación de mantenimiento.

Con un buen mantenimiento preventivo de la maquinaria, se llega a conocer mejor el estado cada máquina, sus condiciones de trabajo y sus puntos débiles para determinar el origen de averías. Con esto se logrará:

- Mayor seguridad para el operario
- Máxima disponibilidad de la maquinaria
- Mayor productividad
- Menor coste en mantenimiento y en reparaciones
- Mayor duración de los equipos

3.6. Planeamiento para la aplicación del mantenimiento preventivo

El adecuado planteamiento para la aplicación del mantenimiento preventivo se puede lograr a través de:

- Definir qué partes o elementos serán objeto de este mantenimiento preventivo.
- Establecer la vida útil de la maquinaria para establecer una programación.
- Determinar los trabajos a realizar en cada caso y programarlos mensualmente.
- Agrupar los trabajos según época en que deberán efectuarse las intervenciones.
- Es necesario emplear la descripción de cada trabajo con referencia explícita a los planos.

- Un bajo porcentual de mantenimiento ocasionará muchas fallas y reparaciones y por lo tanto, se sufrirá un elevado lucro cesante.
- Un alto porcentual de mantenimiento ocasionará pocas fallas y reparaciones, pero generará demasiados períodos de interferencia de labor entre mantenimiento y producción.

El mantenimiento preventivo es la mejor manera de cuidar la maquinaria en una empresa, por lo cual no es una excepción para la empresa Plásticos Escobar, S. A. debido que es de suma importancia cuidar dicha maquinaria, ya que es la principal herramienta para la producción de los envases de linaza, por lo que se propone una revisión preventiva al menos una vez al mes, que se enfoque en una revisión y mantenimiento exhaustivo para evitar pérdidas por parte de producción a la hora que no funcione correctamente la maquinaria.

3.6.1.1. Mantenimiento correctivo

Actúan sobre hechos ciertos y el mantenimiento consistirá en reparar la falla. El mantenimiento correctivo deberá actuar lo más rápidamente posible con el objetivo de evitar costos y daños materiales y humanos mayores.

Este mantenimiento resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir las fallas y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad. Tiene como inconvenientes que la falla puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces, el menos oportuno, debido justamente a que en esos momentos se somete el bien a una mayor exigencia.

Asimismo, fallas no detectadas a tiempo, ocurridas en partes cuyo cambio hubiera resultado de escaso monto, pueden causar daños importantes en otros elementos o piezas conexas que se encontraban en buen estado de uso y conservación.

Por último, con referencia al personal que ejecuta el servicio, no quedan dudas que debe ser altamente calificado y sobredimensionado en cantidad, pues las fallas deben ser corregidas de inmediato. Generalmente se agrupa al personal en forma de cuadrillas o flotas.

3.7. Costos de implementación

El reducir costos para las empresas es uno de los objetivos principales, ya que esto lleva a un mejor desarrollo, y un beneficio para todos los que laboran dentro de la organización. Los costos juegan un papel importante en cualquier empresa con fines de lucro, ya que lo que buscan es generar utilidades y los menores costos; es por ello que es tan importante desarrollar una relación beneficio- costo, la cual se presenta a continuación.

3.7.1. Relación beneficio-costo

La empresa cuenta con un gran beneficio debido a que sus costos son bajos en comparación con el mercado, debido a que ellos tienen la posibilidad de ser importadores de la materia prima y además ya poseen las máquinas necesarias para realizar su producción.

Tabla XXV. **Relación beneficio/costo**

Ventas/costos (envases de Linaza)						
Línea	Total acumulado 2012			Total acumulado 2013		
	Ventas	Costo	B/C	Ventas	Costo	B/C
Linaza	Q 27 000,00	Q 18 900,00	1,43	Q 25 000,00	Q 21 500,00	1,16
Línea	Total acumulado 2014			Total acumulado 2015		
	Ventas	Costo	B/C	Ventas	Costo	B/C
Linaza	Q 35 000,00	Q 24 000,00	1,46	Q 40 000,00	Q 26 000,00	1,54

Fuente: elaboración propia.

Es por ello que en la gráfica anterior se puede observar la relación B/C aproximada de los últimos 4 años, la cual es necesaria para determinar el camino de la empresa a través del recorrido de los últimos años.

3.8. Beneficios para la empresa

Algunos de los beneficios para la empresa se presentan a continuación:

3.8.1. Determinación del mejor sistema de producción

La empresa puede ser una parte importante para decidir cuál será su mejor sistema de producción, como es el caso en varias empresas. Como se puede observar en el presente trabajo de graduación se realizó una propuesta tanto para pronósticos como para el manejo de materiales para mayor facilidad de producción; actualmente la empresa cuenta con jornadas laborales excesivas, las cuales son turnos de 12 horas y las máquinas trabajan continuamente, lo que se quiere lograr con dicho sistema de producción es la reducción de las jornadas de trabajo para así lograr el mejor aprovechamiento

de los recursos por parte de la empresa, así como la materia prima que muchas veces preparan más de la necesaria, para lo cual es conveniente un adecuado manejo de materiales que permita el moderado uso de los plásticos, los cuales perjudican seriamente a la contaminación.

3.8.2. Plan de contingencia industrial

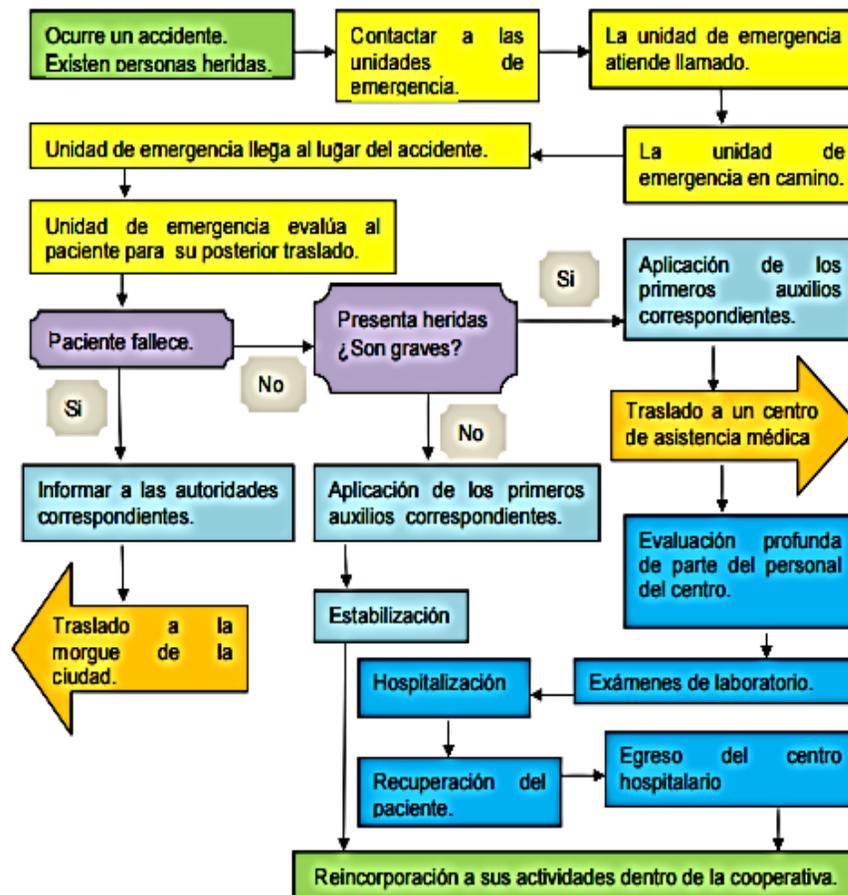
Se entiende por plan de contingencia a los procedimientos alternativos al orden normal de una empresa; su finalidad es la de permitir el normal funcionamiento de esta, aun cuando alguna de sus funciones se viese dañada por un accidente interno o externo; los accidentes ocurren sin previo aviso, por lo que es difícil definir un plan específico que abarque todos los supuestos, pero se han recopilado los que más incidencia pudieran tener con base en el tipo de trabajo realizado dentro de la planta de producción. Dentro de la empresa se han suscitado accidentes que pueden denominarse como:

- De bajo impacto: se describirá así a los accidentes que tienen consecuencias mínimas y requieren de poca asistencia (cortaduras, quemaduras leves, entre otros) por ejemplo algunos operarios han sufrido cortaduras en los accesos a los silos.
- De mediano impacto: cuando la persona afectada requerirá asistencia en el lugar de trabajo y en la mayoría de los casos asistencia médica en un centro asistencial (insuficiencia respiratoria, fracturas, quemaduras, entre otros) por ejemplo el caso de una persona que sufrió quemaduras de segundo grado por contactos eléctricos.
- De alto impacto: cuando el paciente sufre un trauma que no es posible tratar en el lugar de trabajo, será necesario su traslado a un centro

asistencial de inmediato (fracturas craneales o lumbares, quemaduras extremas, entre otros); se han dado casos en donde se han requerido intervenciones quirúrgicas debido a problemas de insuficiencia renal provocadas por deshidrataciones por las altas temperaturas ambientales.

Determinada la gravedad del accidente es necesario, aplicar los procedimientos de primeros auxilios correspondientes según la naturaleza de la lesión del empleado. Es por ello que se propone un plan de contingencia industrial.

Figura 27. Utilización de los recursos en caso de emergencia



Fuente: CORTÉZ, Edwin. *Programa de seguridad e higiene Industrial y plan de contingencia para una planta de producción de alimentos balanceados para animales.* p. 152.

3.9. Implementación de la ergonomía en la línea de producción de linaza

Por lo habitual en toda producción es necesaria la implementación de la ergonomía, ya que es muy eficaz examinar las condiciones laborales de cada trabajador al aplicar sus principios para resolver o evitar problemas. En

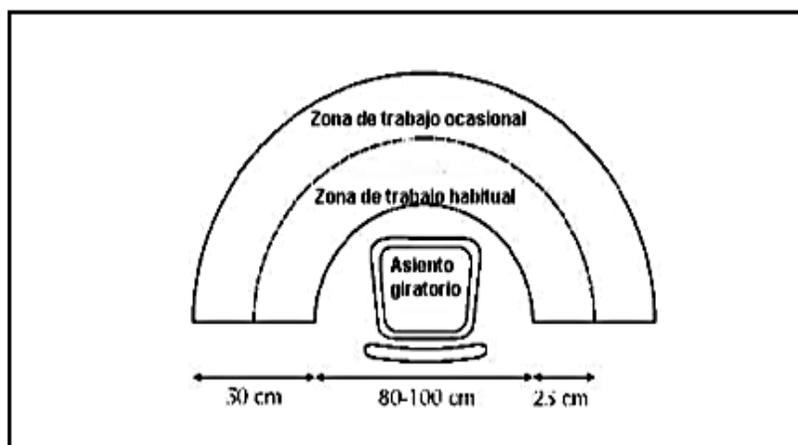
ocasiones, cambios ergonómicos del diseño del equipo, del puesto de trabajo o de otra índole, pueden mejorar considerablemente la comodidad, salud, seguridad y productividad de los trabajadores.

3.9.1. Puesto de trabajo

El puesto de trabajo es el espacio físico que un trabajador u operario ocupa cuando desempeña una tarea. Puede estar ocupado todo el tiempo o ser uno de los varios lugares en que se efectúa el trabajo.

El puesto de trabajo es indispensable que esté bien diseñado para evitar enfermedades relacionadas con la ergonomía, así como para asegurar que el trabajo sea productivo. Hay que diseñar todo puesto de trabajo teniendo en cuenta al trabajador y la tarea que va a realizar, a fin de que esta se lleve a cabo eficientemente. A continuación se detallan las distancias apropiadas para las distintas zonas de trabajo.

Figura 28. Distancias de la zonas de trabajo



Fuente: TORRES MENDEZ, Sergio Antonio. *Conceptos básicos de seguridad industrial*. 150 p.

3.9.1.1. Altura de la cabeza

- Debe haber espacio suficiente para que quepan los trabajadores más altos.
- Los objetos que haya que contemplar deben estar a la altura de los ojos o un poco más abajo porque la gente tiende a mirar algo hacia abajo.

3.9.1.2. Altura de los hombros

- Los paneles de control deben estar situados entre los hombros y la cintura.
- Hay que evitar colocar por encima de los hombros objetos o controles que se utilicen a menudo.

3.9.1.3. Alcance de los brazos

- Los objetos deben estar situados lo más cerca posible al alcance del brazo para evitar tener que extender demasiado los brazos para alcanzarlos o sacarlos.
- Hay que colocar los objetos necesarios para trabajar, de manera que el trabajador más alto no tenga que encorvarse para alcanzarlos.
- Hay que mantener los materiales y herramientas de uso frecuente cerca del cuerpo y frente a él.

3.9.1.4. Altura de la mano

- Hay que ajustar la superficie de trabajo para que esté a la altura del codo o algo inferior, para la mayoría de las tareas generales.
- Hay que cuidar de que los objetos que haya que levantar estén a una altura situada entre la mano y los hombros.

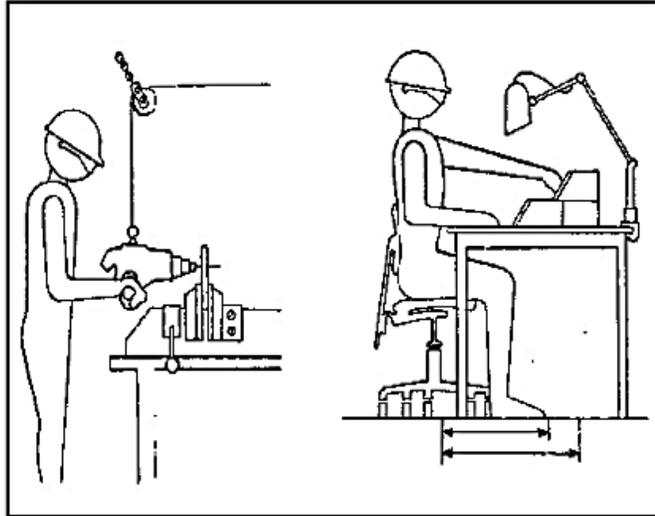
3.9.1.5. Longitud de las piernas

- Se debe ajustar la altura del asiento a la longitud de las piernas y a la altura de la superficie de trabajo.
- Se debe dejar espacio para poder estirar las piernas, con sitio suficiente para unas piernas largas.
- Se debe facilitar un escabel ajustable para los pies, para que las piernas no cuelguen y el trabajador pueda cambiar de posición el cuerpo.

3.9.1.6. Tamaño del cuerpo

- Las asas, las agarraderas y los mangos deben ajustarse a las manos. Hacen falta asas pequeñas para manos pequeñas y mayores para manos mayores.
- Se debe dejar espacio de trabajo bastante para las manos más grandes.
- Se debe dejar espacio suficiente en el puesto de trabajo para los trabajadores de mayor tamaño.

Figura 29. **Posiciones en el puesto de trabajo**



Fuente: Ortiz de la Cruz, Raymundo. *Organización Internacional del Trabajo*. p. 45.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Control de la producción

La propuesta realizada a la empresa Plásticos Escobar, S. A. es mejorar sus pronósticos de ventas y manejo de materiales, elaborando los mismos por medio de un modelo de series de tiempo, que en este caso, corresponden a la familia estable. Para implementar la propuesta es necesario el apoyo de todos los departamentos de la empresa, en especial del Departamento de Producción.

4.1.1. Requerimientos área administrativa

Para la adecuada implementación del sistema de control de la producción se necesitará la ayuda del área administrativa en la cual se encuentran las secciones de recursos humanos y servicios administrativos; cada una de estas secciones tendrá a su cargo algunas actividades dentro de la propuesta de mejora del proceso de elaboración de pronósticos de ventas y manejo de materiales.

El encargado de reclutamiento y selección de personal es quien deberá evaluar y reclutar a la persona que se encargará de asistir al jefe de operaciones en la elaboración de los pronósticos de ventas. Para seleccionar al candidato ideal, el encargado de recursos humanos debe estar en contacto con el jefe de operaciones para que entre ambos acuerden cuál será el perfil del puesto y las tareas que se le asignarán a la persona seleccionada.

El encargado de compras es una persona fundamental para el manejo de materiales, ya que tiene que estar en contacto con el jefe de operaciones para la requisición de compra de materia prima, para lo cual basta con comunicarse con la empresa proveedora de la materia prima cuando el jefe de operaciones se lo indique.

4.1.2. Seguridad industrial

Dentro de la propuesta presentada a la empresa Plásticos Escobar, S. A. para la mejora del proceso de elaboración de pronósticos de ventas se contempla dar capacitación al jefe de operaciones, quien es el encargado de llevar el proceso; junto con ello es necesario capacitar también al ayudante y al personal en general sobre la seguridad e higiene industrial, en la cual se contratará una empresa tercerizada para dar capacitaciones mensuales de acuerdo con los actos y condiciones inseguras que se presenten en la empresa.

La capacitación incluye explicarle detenidamente cada uno de los pasos necesarios para encontrar los actos inseguros y condiciones inseguras; también se le presentará el plan de acción, para su consideración y puesta en marcha. Se tiene contemplado que luego que el jefe de operaciones reciba todas las capacitaciones y sea el encargado de trasladar la información a los otros departamentos como el administrativo y contable.

4.1.3. Procedimientos

El plan de acción para mejorar el proceso de elaboración de pronósticos de ventas en la empresa Plásticos Escobar, S. A. incluye el análisis de todas las metodologías, para saber con cuál de ellas se obtienen mejores resultados.

Para lograr la mejora esperada en el proceso de elaboración de pronósticos de ventas, el plan de acción incluye la contratación de una persona para asistir al jefe de operaciones y la realización de todos los procedimientos de la empresa Plásticos Escobar, S. A.

4.2. Pronóstico de producción para línea de linaza

El pronóstico de producción es necesario para su implementación, debido que es una herramienta fundamental para la toma de decisiones por parte de la gerencia, para determinar la cantidad específica de producción; esto se logrará con la contratación de un jefe de operaciones que será el encargado de llevar a cabo todo el proceso de recolección de información.

4.2.1. Procedimiento para la recopilación de datos históricos

La información necesaria para la realización de pronósticos de producción es obtenida de estudios y registros previos de la empresa Plásticos Escobar, S. A. El procedimiento de recopilación de esta información será necesario con la ayuda del jefe de operaciones para tabular los datos de mejor manera, ya que se deben cumplir ciertos lineamientos y requerimientos al momento de registrarse.

Dicha información se utiliza para la elaboración de un pronóstico de riesgo, para al menos los siguientes 4 meses, además se elabora la matriz de producción y costos también con la ayuda del jefe de operaciones.

4.2.2. Datos de métodos y procesos de fabricación

Los métodos, técnicas y procesos propuestos son necesarios para el adecuado funcionamiento de la operación, para lo cual es necesaria la implementación del jefe de operaciones, quien es el líder de toda la propuesta; él tendrá a cargo todos los operarios de la línea de linaza, para lo cual se tendrán que analizar todas las operaciones, inspecciones, transportes y almacenamientos ineficientes en el proceso, ya que todo ello es importante a la hora de evitar el congestionamiento de tráfico y la adecuada distribución de la maquinaria.

La medición de los datos y la obtención de los métodos de trabajo tanto del personal como de los procesos de producción de línea de linaza en la empresa Plásticos Escobar, S. A. debe seguir varios requerimientos importantes antes de la utilización de estos con la herramienta de análisis o control de la producción.

- Aproximación inicial: se debe acordar con el administrador de cada proceso la observación del mismo; además debe la informarse finalidad de la observación y los 10 enfoques de la operación a través del jefe de operaciones.
- Comunicación con los operarios: el encargado será el jefe de operaciones a la hora de capacitar y comunicar a los operarios todas las operaciones necesarias para modificar y mejorar considerablemente.
- Análisis del método y proceso: se deben hacer suficientes registros del método o proceso que se estudia para una adecuada y acertada

información, además de tabular dicha información a través del jefe de operaciones.

4.2.3. Datos de materiales

El adecuado manejo de materiales es indispensable a la hora de cualquier sistema de producción, para ello es necesario que el jefe de operaciones lleve un control numérico de toda la materia prima existente; esto con el fin de llevar un control diario; además se deben controlar los niveles mínimos de inventario necesarios para nunca parar la producción en caso de cualquier emergencia o atraso de algún proveedor a la hora de llevar la materia prima a la fábrica.

4.2.4. Registro de la información

La información de ventas de períodos anteriores utilizada en el modelo de pronóstico será revisada por el jefe de operaciones de la empresa Plásticos Escobar, S. A., quien tiene como obligación certificar que la información corresponde a los períodos a analizar, antes del ingreso de la misma a los cálculos.

Las ventas de períodos anteriores, las cuales son la base del pronóstico y por lo tanto afectan a todo el procedimiento, deberán ser corroboradas con los requerimientos de los clientes en el área de ventas, puesto que esto permitirá incluir la opinión de otros puntos de vistas.

4.3. Plan de producción para área de linaza

El plan piloto de acción para mejorar el proceso de elaboración de pronósticos de ventas en la empresa Plásticos Escobar, S. A. incluye el análisis

de ambas metodologías, tanto la actual como la propuesta, para saber con cuál de ellas se obtienen mejores resultados.

Para lograr la mejora esperada en el proceso de elaboración de pronósticos de ventas, el plan de acción incluye la contratación de una persona para asistir al jefe de operaciones, en la elaboración de dichos pronósticos.

4.3.1. Diagramas de proceso

Los diagramas de proceso propuestos son muy importantes en cualquier proceso de producción y en este caso no es la excepción, ya que el proceso para la línea de envase plástico de linaza posee una estructura gráfica para los operarios, el jefe de operaciones es el encargado de entregar físicamente los diagramas de proceso a cada operario para que desarrolle de mejor manera su trabajo; es necesario que cada operario tenga en un lugar visible los diagramas de proceso para ubicar todos los pasos necesarios para la realización del producto.

4.3.2. Procedimiento

Los procedimientos utilizados en la planificación de la producción son mayoritariamente de manejo de materiales y pronósticos, los cuales son indispensables para notar una mejoría en la empresa Plásticos Escobar, S. A. El jefe de operaciones y su ayudante son los encargados y principales motivantes de seguir los procedimientos al pie de la letra, debido que los operarios son una muestra de los jefes de operación.

4.3.3. Costos

Los costos de implementación deben distribuirse dentro de las siguientes actividades:

- Sueldo mensual de trabajador realizador de pronósticos
- Equipo de cómputo
- Equipo de oficina
- Mobiliario de oficina

Todos los costos antes mencionados son importantes para la adecuada implementación de la propuesta y con costos que al final tendrán un beneficio para la empresa; gracias a los pronósticos de ventas, la empresa podrá mejorar sus utilidades y disminuir tiempos y pérdidas de materiales.

4.4. Manejo de materiales

Para un adecuado manejo de materiales se presentan a continuación los siguientes conceptos:

4.4.1. Materia prima

El adecuado manejo de materiales es una de las condicionantes más delicadas en cualquier producción, para lo cual la materia prima es la base de cualquier producto y es necesario tener una programación y cronograma de pedidos de materia prima, así como inventario de la misma. Por lo cual a través de distintos cálculos propuestos en el capítulo tres, se pueden observar las fechas específicas para el pedido de materia prima, cuánto es el nivel de reorden adecuado, nivel mínimo de inventario y otras fechas necesarias para su

determinación, es necesario que el jefe de operaciones esté al tanto de las requisiciones de compra y del cronograma de actividades para llevar de una mejor manera el proceso.

4.4.2. Producto terminado

El producto terminado es el factor más importante de cualquier empresa, debido que es el producto que sale para la venta; es por ello que también es necesario llevar un inventario de producto terminado, para lo cual es necesario que el jefe de operaciones junto con su ayudante, lleven un control numérico diario de todo el producto terminado en el área específica para ello.

4.5. Método de salida de la bodega

El método de salida de la bodega es una condicionante muy importante; para lo cual se describe lo siguiente:

4.5.1. Método PEPS

El método PEPS o primero en entrar, primero en salir, supone que los materiales que entraron primero son los primeros que se deben utilizar para la producción en la línea de linaza. El jefe de operaciones es el encargado de llevar una fecha de control para el ingreso de materia prima a la empresa; esto se puede realizar identificando con la fecha de ingreso y nombre del responsable en cada caja de materia prima ingresada al departamento de producción, esto para llevar un mejor control de materia prima vencida, mermas y demás condicionantes que pueden terminar en la pérdida de producto.

El control adecuado para este método consiste en colocar la fecha de entrada a través de una etiqueta y se ordenan desde el más antiguo hasta el más reciente, para su utilización en la producción de la línea de linaza.

4.6. Recursos necesarios

La propuesta realizada a la empresa Plásticos Escobar, S. A. es mejorar sus pronósticos de ventas, elaborando un modelo para que pueda implementar dicha propuesta, para ello es necesario contar con una serie de recursos que se describen a continuación.

4.6.1. Recurso humano

Para que el proceso de elaboración de los pronósticos de las ventas mensuales se lleve a cabo de una forma más eficiente y organizada, es necesario tener a una persona para que apoye al Jefe de Producción en la elaboración de dichos pronósticos. La persona que se va a contratar debe contar con estudios de Ingeniería Industrial y tener experiencia en la elaboración de pronósticos de ventas.

4.6.2. Recurso financiero

Para lograr una eficiente implementación en la metodología de elaboración de pronósticos de producción que se lleva a cabo en la empresa Plásticos Escobar, S. A. es necesario contar con algunos recursos financieros, para cubrir el salario mensual de la persona que colaborará en la elaboración de pronósticos. Un dato aproximado del costo de los recursos se presenta a continuación.

Tabla XXVI. **Recursos financieros para la implementación de la propuesta**

Descripción	Valor estimado (Q)	
Sueldo mensual de trabajador	Q	3 500,00
Equipo de computo	Q	7 000,00
Equipo de oficina	Q	500,00
Total	Q	11 000,00

Fuente: elaboración propia.

4.6.3. Recurso de planta y equipo

Para ver mejoras en el proceso de fabricación de la línea de envase de linaza y el adecuado modelo de pronósticos de ventas es necesario adquirir equipo de cómputo que sea capaz de soportar el almacenamiento y procesamiento de los datos que se manejan, ya que actualmente no se cuenta con un equipo adecuado para realizar el proceso.

4.7. Decisiones básicas de inventario

La empresa no contaba con un adecuado manejo de materiales ni los adecuados pronósticos de ventas; como se expuso en la situación actual, se realizaba a través de un cálculo de pronóstico empírico, conocimientos y sobre todo la experiencia de los administradores; es por ello que el jefe de operaciones es el encargado de la capacitación constante a los operarios para poder realizar la propuesta de pronósticos de producción y manejo de materiales, necesaria para mejorar la empresa Plásticos Escobar, S. A.

El modelo que mejor se adecua para el manejo de inventarios es el de cantidad económica de pedidos, debido que se pueden asumir condiciones de certidumbre y se conocen los requisitos anuales.

4.7.1. Niveles apropiados de inventario

Los niveles apropiados de inventario se deben implementar de acuerdo con el manejo de materiales propuesto, para lo cual es necesario elaborar la modernización de la administración de inventarios y tecnificar los recursos que ayuden a tomar decisiones gerenciales más apropiadas; todo lo anterior es definido por el jefe de operaciones que además es el encargado de los mismos.

4.8. Implementación de un sistema de control de calidad

En los análisis anteriores se estableció una propuesta en qué áreas del proceso productivo eran necesarias inspecciones para el control de la calidad para garantizar un producto eficiente y duradero que satisfaga las expectativas del cliente; es por ello que el jefe de operaciones tendrá bajo su plena responsabilidad la capacitación y adaptación del sistema propuesto en el capítulo anterior; para todo ello tendrá como aliados a las distintas herramientas como los pronósticos de producción, manejo de materiales, entre otros.

4.8.1. Áreas de inspección

En el control de calidad se debe poner atención principal al área de Empaque, debido que las condiciones físicas donde unen la tapadera y el envase plástico no son las adecuadas para el producto que llevará por dentro, se espera generar cambios en las instalaciones físicas, sobre todo una limpieza en todos los envases nuevos y evitar reclamos sobre envases con polvo, que es

una de las quejas más comunes que presenta la empresa; es por ello que el jefe de operaciones tiene que tener un control de los rechazos. Al realizar el control de calidad en las áreas anteriores se contribuye a garantizar la calidad de los productos en cada etapa del proceso de producción, sin que haya reproceso y desperdicios de material.

4.8.2. Formatos de inspección

Para la inspección de los envases plásticos de la línea de linaza se utilizarán dos formas de clasificación de los mismos, las cuales serán:

- Acepta
- Rechaza

Es importante detallar algún formato en el que se lleve un control estricto de los envases que sí pasaron la prueba y los que no; por ello es necesario realizar un formato para verificar la calidad de los productos. A continuación se presenta un formato para inspeccionar la calidad de los productos terminados.

5. MEJORA CONTINUA

5.1. Línea de producción de linaza

La línea de producción de linaza comprende diferentes resultados y estadísticas del modelo propuesto en los capítulos anteriores, para lo cual se presentan algunos de los resultados a continuación.

En este capítulo primordialmente se aplica el ciclo de mejora continua, ya que el trabajo de graduación pretende planear, hacer, verificar y actuar en todos sus procedimientos y mejoras, ello bien conocido como el círculo de mejora de Deming (ver figura 31).

Figura 31. **Ciclo de Deming**



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Illustrator.

Un tema primordial en cada empresa son las auditorías internas, las cuales especifican la manera en que se está realizando la operación y cada uno de los procedimientos. Dichas auditorías se deben realizar cada dos meses como máximo, para evaluar el avance de cada mejora constantemente e incluir dentro de su plan la revisión y análisis de todos los alcances propuestos dentro del sistema de gestión de inventarios y verificar su cumplimiento al 100 %; en caso contrario, se debe proponer un plan de acción que corrija las deficiencias del sistema y procedimientos propuestos.

5.1.1. Resultados

Entre los resultados más importantes están los pronósticos de riesgo realizados para la organización.

Tabla XXVII. **Resultados pronósticos de riesgo**

Pronóstico de riesgo	
Mes	Ventas
37	958
38	957
39	956
40	955

Fuente: elaboración propia.

El pronóstico de riesgo indica la cantidad a producir para los siguientes meses de producción en la línea de linaza en la organización. Como se puede observar, la demanda de dicho producto es estable y constante a través de los

meses por lo cual es importante mantener una producción fluida y constante para mantener a los clientes satisfechos con la mercadería ofrecida.

A lo largo del capítulo tres se pueden observar los resultados principales e importantes para el presente trabajo de graduación como la planificación y programación del manejo de materiales, de modo que siempre exista un inventario de reserva y así la organización nunca deje de satisfacer a los clientes como lo había hecho en años anteriores.

5.1.2. Estadísticas

Una de las razones que comúnmente afecta a los procesos productivos son los paros no programados; dichos paros puede repercutir en el nivel de producción y por lo tanto afectar la satisfacción del cliente y la falta de cumplimiento en los requerimientos de producción mensuales.

Debido que los paros en cualquier organización son impredecibles, es importante cuantificarlos para definir el impacto que puedan tener en los niveles de producción. Como se sabe, en cualquier organización uno de los recursos más importantes es el tiempo, para lo cual a la hora de cualquier paro se procede a cuantificar en horas el tiempo de retraso que pueda sufrir el proceso de producción de la línea de linaza.

- Paro por accidente: se denomina a cualquier incidente de seguridad que ocasiona atrasos en la producción, la posible reanudación de la línea de producción puede ser considerablemente afectada por aspectos psicológicos.

- Paro por desperfecto de maquinaria: en cualquier organización es notable que tanto la maquinaria como el equipo está propenso a cualquier desperfecto que interrumpa el proceso en la línea de producción y requiere de mantenimiento correctivo para su reanudación.
- Paro por falta de material: cualquier materia prima o material utilizado para el empaque del envase de linaza faltante no permite la continuidad del proceso de producción. Es obligatoria la existencia de este para reanudar la línea de producción del envase de linaza.

5.1.3. Auditorías internas

Para realizar una buena auditoría interna se debe tener claro que todo lo propuesto ha quedado documentado en el sistema de gestión de calidad de la organización; por lo que cada auditoría debe tener diferentes planes de acción y mejoras a la hora de la revisión periódica; las auditorías solo sirven para determinar si se cumplen o no los modelos propuestos para la mejora de la organización.

5.1.3.1. Acciones preventivas, correctivas y de mejora

Las auditorías, como se había mencionado anteriormente, son indispensables para la organización; es por ello que luego de realizada cada auditoría en un plazo máximo de una semana, se hayan encontrado los puntos débiles del sistema propuesto, establecer un plan de acción para la mejora de los puntos débiles a los cuales se les denomina acciones preventivas, correctivas y de mejora.

Ahora bien si aún no se ha llevado a cabo la auditoría programada por la organización y se ha detectado una mejora en el sistema propuesto, se procede a elaborar una acción de mejora detallando claramente el punto débil y la propuesta de mejora para el sistema de gestión de inventarios o bien de mejor manera se debe realizar una acción preventiva, la cual es la mejor opción en la organización, ya que el daño no se ha hecho a la producción o al sistema propuesto.

5.1.3.2. Programa de auditoría

El encargado o responsable de auditorías internas, en este caso el Departamento de Producción, debe verificar constantemente programación adecuada, ya que al menos como se había mencionado anteriormente, se debe realizar una cada dos meses.

5.2. Capacitación

Incluir en la detección de necesidades de capacitación, actualización capacitaciones constante en lo que se refiere a todo el sistema de gestión de inventarios para cada miembro de la organización sobre en el nivel operativo para realizar de mejor manera su trabajo; además, con el fin de adaptar el mejor sistema y que este tenga un mejor control y obtener una comunicación eficaz dentro de los distintos departamentos de la organización.

5.2.1. Sistema de gestión de inventarios

Es indispensable que toda la organización comprenda la importancia de reducir costos por medio de la administración eficiente de inventarios y saber que cada empleado es parte del manejo y mejora del sistema de calidad de

inventarios y que sin el trabajo, conocimientos y demás de cada uno de ellos no se cumpliría con las metas propuestas por la organización.

5.2.1.1. Importancia

La empresa Plásticos Escobar, S. A. debe comprender la importancia de mantener al mínimo los inventarios, de dar seguimiento a las órdenes de compra generadas por el Departamento de Compras, de mejorar el control físico de inventarios, cumplir con las órdenes de producción y controlar constantemente el flujo de la materia prima.

5.2.1.2. Utilidad

La implementación de nuevos métodos para el control de inventarios y la constante capacitación sobre estos harán de la administración y manejo adecuado de los inventarios algo útil, sencillo y sobre todo eficiente para la organización, ya que representa la reducción de costos y gastos innecesarios.

5.2.1.3. Ventajas

Una de las ventajas principales como se mencionó en el punto anterior es la reducción de costos y gastos en cuanto a optimización del lote óptimo de producción y producción continua.

5.3. Sistema propuesto

El sistema propuesto es una de las maneras más sencillas pero eficientes para hacer reducciones considerables tanto de costos como gastos para incrementar las utilidades de una organización, como es el caso del presente

trabajo de graduación, ya que con el adecuado manejo de materiales y pronósticos se lograrán diferentes ventajas.

5.3.1. Ventajas

La ventaja más importante para el modelo o sistema propuesto es la reducción de material perdido en la producción y el adecuado manejo de inventario y de materiales, así como la adecuada planificación de producción a través de pronósticos en la empresa.

5.3.2. Desventajas

Una de las desventajas más considerables en el sistema propuesto es la facilidad de cambio en la información de ventas proporcionada por la organización, ya que los cambios son inesperados en la venta de envases para linaza, como es el caso de lo que se propone en el presente trabajo de graduación.

CONCLUSIONES

1. Se propuso la técnica de franja simulada y se procedió a encontrar el pronóstico de riesgo del método con el menor error acumulado, el cual corresponde al promedio exponencial caso "A".
2. Se determinó el comportamiento de las ventas históricas que corresponden a una familia estable, al realizar una comparación visual con los 4 modelos de los tipos de familia de curvas, identificando los puntos característicos de la familia estable.
3. El pronóstico es una herramienta que estima las ventas futuras tomando como referencia las ventas históricas de la empresa. Existen varios tipos de pronósticos, entre los cuales se puede mencionar los de método estable, combinado, cíclicos y análisis de correlación. El manejo de inventarios determina las cantidades y momentos exactos a utilizar los materiales de un producto en específico.
4. Se evidenció que es necesario instalar seis luminarias con una vida útil de 18 000 horas cada una, para tener una iluminación adecuada dentro de la empresa, así como la instalación de quince láminas transparentes en lugar de quince láminas metálicas; además se debe brindar equipo de protección que garantice una seguridad auditiva.
5. Se eliminaron los tiempos muertos, de ocio, reprocesos, distancias ineficientes y rendimientos del personal de acuerdo con los tiempos realizados en cada actividad de los procesos de producción. Como una

solución se puede hacer uso de los diagramas de procesos en donde se detallan algorítmicamente las operaciones, inspecciones y transportes que intervienen en el proceso de producción, evitando retrasos evitables e inevitables.

6. Se determinó que el modelo a utilizar en el cálculo de pronósticos es de la familia estable; debido al análisis primario de acuerdo con los parámetros que se adaptaron a la tendencia de la curva, se pudo apreciar que los datos presentan cambios no significativos en unidades de un periodo a otro.

7. Determinando el nivel mínimo de inventario se llegó a la cantidad exacta para ambos materiales de la línea de producción del envase de linaza, en la cual para el PVC son 36 libras, y para el polipropileno son 46; esto ayuda a la adecuada programación y planificación del manejo de materiales de la empresa.

RECOMENDACIONES

1. La información a utilizar en el pronóstico de producción debe incluir las cantidades de productos no vendidos debido a excedentes de los mismos, ya que se debe iniciar un registro que permita analizar de manera sencilla esta información, y por lo tanto brinde una mejor estimación del pronóstico para una venta futura.
2. Crear modelos de pronóstico y planificación de manejo de materiales para el resto de las líneas y operaciones de la empresa, la cual incluye la línea de producción de envases de linaza. Estos otros procesos utilizan también una cantidad importante de recursos de la empresa, los cuales pueden ser optimizados.
3. Aplicar el manejo de materiales e inventarios al resto de materiales aunque no intervengan de manera directa en el proceso de producción; no solamente se debe aplicar a la materia prima y material de empaque, ya que esto afecta el cumplimiento de entrega del producto requerido para un mes.

BIBLIOGRAFÍA

1. BARRIOS CIFUENTES, Maynor Edelfo. *Modelo de un sistema propuesto para planificación y el control de producción y su aplicación en la industria de calzado*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2001. 180 p.
2. CHASE AQUILANO, Jacobs. *Administración de producción y operaciones, manufactura y servicios*. 10a ed. México: Editorial Mc Graw-Hill. 396 p.
3. NIEBEL, Benjamín W.; FREIVALDS, Adris. *Ing. industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. 11a ed. México: Alfaomega Grupo Editor, 2004. 745 p.
4. ORTIZ DE LA CRUZ, Raymundo. *Correlación de los inventarios de materia prima con el volumen de producción, ventas y utilidades en la industria de baterías*. Tesis de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1992. 130 p.
5. TORRES MÉNDEZ, Sergio Antonio. *Control de la producción*. Guatemala: Palacios, 2002. 82 p.
6. ZEISSIG DÁVILA, Jorge Alberto. *Modelo de pronósticos y planificación de la producción de la línea de alto movimiento de fábrica de recubrimientos superficiales*. Trabajo de graduación de Ing.

Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de
Ingeniería, 2010. 76 p.

ANEXOS

Anexo 1. Tablas para cálculos de iluminación

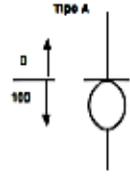
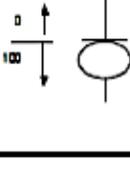
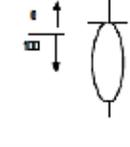
Tabla A- 1. Reflectancias efectivas cavidad de cielo (pcc) y piso (pcp)

% Reflectancia de techo o piso	90				80				70			50				30			10		
	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	10	50	30	10
% Reflectancia de paredes																					
Indice de cavidad																					
0.2	89	88	86	85	78	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	29	28	10	10	09
0.4	88	86	84	81	77	76	74	72	67	65	63	48	47	45	30	29	28	26	11	10	09
0.6	87	84	80	77	76	75	71	68	65	63	59	47	45	43	30	28	26	25	11	10	08
0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	44	40	30	28	25	23	11	10	08
1.0	86	80	75	69	74	72	67	67	62	58	53	46	43	38	30	27	24	22	12	10	08
1.2	85	78	72	66	73	70	64	58	61	57	50	45	41	36	30	27	23	21	12	10	07
1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	55	47	45	40	35	30	26	22	19	12	10	07
1.6	84	75	67	59	71	67	60	53	59	53	45	44	39	33	29	25	22	18	12	09	07
1.8	83	73	64	56	70	66	58	50	58	51	42	43	38	31	29	25	21	17	13	09	06
2.0	83	72	62	53	69	64	56	48	56	49	40	43	37	30	29	24	20	16	13	09	06
2.2	82	70	59	50	68	63	54	45	55	48	38	42	36	29	29	24	19	15	13	09	06
2.4	82	69	58	48	67	61	52	43	54	46	37	42	35	27	29	24	19	14	13	09	06
2.6	81	67	56	46	66	60	50	41	54	45	35	41	34	26	29	23	18	14	13	09	06
2.8	81	66	54	44	65	59	48	39	53	43	33	41	33	25	29	23	17	13	13	09	05
3.0	80	64	52	42	65	58	47	37	52	42	32	40	32	24	29	22	17	12	13	09	05
3.2	79	63	50	40	65	57	45	35	51	40	31	39	31	23	29	22	16	12	13	09	05
3.4	79	62	48	38	64	56	44	34	50	39	29	39	30	22	29	22	16	11	13	09	05
3.6	78	61	47	36	63	54	43	32	49	38	28	39	29	21	29	21	15	10	13	09	04
3.8	78	60	45	35	62	53	41	31	49	37	27	38	29	21	28	21	15	10	14	09	04
4.0	77	58	44	33	61	53	40	30	48	36	26	38	28	20	28	21	14	09	14	09	04
4.2	77	57	43	32	60	52	39	29	47	35	25	37	28	20	28	20	14	09	14	09	04
4.4	76	56	42	31	60	51	38	28	46	34	24	37	27	19	28	20	14	09	14	08	04
4.6	76	55	40	30	59	50	37	27	45	33	24	36	26	18	28	20	13	08	14	08	04
4.8	75	54	39	28	58	49	36	26	45	32	23	36	26	18	28	20	13	08	14	08	04
5.0	75	53	38	28	58	48	35	25	44	31	22	35	25	17	28	19	13	08	14	08	04

Fuente: Biblioteca Central. USAC. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_6117.pdf.

Consulta: enero de 2016.

Tabla A- 2. **Coeficientes de utilización del método de cavidad zonal para cp 20 %**

Distribución Típica	Reflectancia efectiva cielo	80				70				50			30			10				
	Reflectancia pared	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10		
	RCA	Coeficiente de Utilización, Método de Cavidad Zonal, Pcp = 20 %																		
 <p>Tipo A</p>	1	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	
	2	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8
	3	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	4	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5	0,8	0,8	0,5	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5
	5	0,7	0,8	0,5	0,5	0,7	0,8	0,5	0,5	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	6	0,8	0,8	0,5	0,5	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4
	7	0,8	0,5	0,5	0,4	0,8	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4
	8	0,8	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	9	0,5	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3
	10	0,5	0,4	0,3	0,3	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
 <p>Tipo B</p>	1	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
	2	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5	0,8	0,8	0,5	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5
	3	0,8	0,8	0,5	0,5	0,8	0,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	4	0,8	0,5	0,5	0,4	0,8	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
	5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
	6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3
	7	0,5	0,4	0,3	0,3	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	8	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
	9	0,4	0,3	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2
	10	0,4	0,3	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2
 <p>Tipo C</p>	1	1	1	1						0,9	0,9	0,9			0,9	0,9	0,9			
	2	0,9	0,9	0,9						0,9	0,9	0,9			0,9	0,8	0,8			
	3	0,9	0,9	0,9						0,9	0,9	0,8			0,8	0,8	0,8			
	4	0,9	0,8	0,8						0,8	0,8	0,8			0,8	0,8	0,8			
	5	0,8	0,8	0,4						0,8	0,8	0,8			0,8	0,8	0,8			
	6	0,8	0,8	0,8						0,8	0,8	0,7			0,8	0,8	0,7			
	7	0,8	0,7	0,7						0,8	0,7	0,7			0,7	0,7	0,7			
	8	0,8	0,7	0,7						0,7	0,7	0,7			0,7	0,7	0,7			
	9	0,7	0,7	0,7						0,7	0,7	0,7			0,7	0,7	0,7			
	10	0,7	0,7	0,8						0,7	0,7	0,8			0,7	0,7	0,8			

Fuente: Biblioteca Central. USAC. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_6117.pdf.

Consulta: enero de 2016.

Tabla A- 3. **Factores de multiplicación para reflectancias de cavidad piso de 30 %**

Reflectancia efectiva cielo	80				70				50			30			10		
Reflectancia pared	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
RCA	Factores de multiplicación para reflectancias de cavidad de piso Pcp = 30 %																
1	1,09	1,08	1,07	1,07	1,08	1,07	1,06	1,06	1,05	1,04	1,04	1,03	1,03	1,02	1,01	1,01	1,01
2	1,08	1,07	1,05	1,05	1,07	1,06	1,05	1,04	1,04	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02	1,01	1,01
3	1,07	1,05	1,04	1,03	1,06	1,05	1,04	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02	1,01	1,01	1,01	1,00
4	1,06	1,04	1,03	1,02	1,05	1,04	1,03	1,02	1,03	1,02	1,01	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,00
5	1,06	1,04	1,03	1,02	1,05	1,03	1,02	1,01	1,03	1,02	1,01	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,00
6	1,05	1,03	1,02	1,01	1,05	1,03	1,02	1,01	1,02	1,01	1,01	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,00
7	1,05	1,03	1,02	1,01	1,04	1,03	1,02	1,01	1,02	1,01	1,01	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,00
8	1,04	1,03	1,01	1,01	1,04	1,02	1,01	1,01	1,02	1,01	1,01	1,02	1,01	1,00	1,01	1,01	1,00
9	1,04	1,02	1,01	1,01	1,04	1,02	1,01	1,01	1,02	1,01	1,00	1,02	1,01	1,00	1,01	1,01	1,00
10	1,04	1,02	1,01	1,01	1,03	1,02	1,01	1,00	1,02	1,01	1,00	1,01	1,01	1,00	1,01	1,01	1,00

Fuente: Biblioteca Central. USAC. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_6117.pdf.

Consulta: enero de 2016.

