



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

**DISEÑO DE UN CONTROL DE CALIDAD EN LOS PROCESOS DE TRITURACIÓN, LAVADO  
Y EMBALAJE DE PLÁSTICO INYECTADO Y SOPLADO COMO MATERIA PRIMA PARA EL  
PROCESO DE RECICLADO**

**Edgar Alejandro Orozco Gil**

Asesorado por el Ing. Víctor Hugo García Roque

Guatemala, noviembre 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN CONTROL DE CALIDAD EN LOS PROCESOS DE TRITURACIÓN, LAVADO  
Y EMBALAJE DE PLÁSTICO INYECTADO Y SOPLADO COMO MATERIA PRIMA PARA EL  
PROCESO DE RECICLADO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**EDGAR ALEJANDRO OROZCO GIL**  
ASESORADO POR EL ING. VÍCTOR HUGO GARCÍA ROQUE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

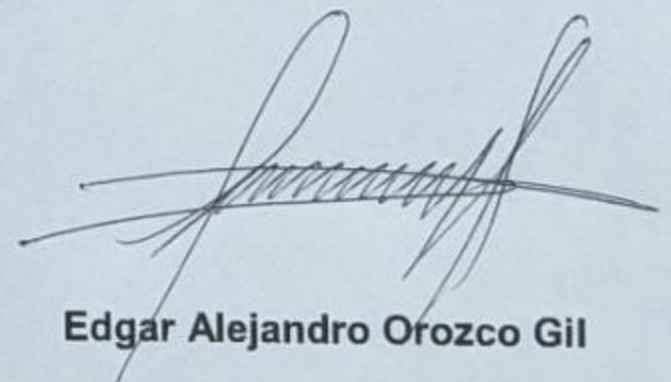
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Alvarado Soto
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de De León
EXAMINADOR	Ing. Leonel Estuardo Godínez Alquijay
SECRETARIA	Inga. Lesvia Magalí Herrera López

## 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 CONTROL DE CALIDAD EN LOS PROCESOS DE TRITURACIÓN, LAVADO Y EMBALAJE DE PLÁSTICO INYECTADO Y SOPLADO COMO MATERIA PRIMA PARA EL PROCESO DE RECICLADO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha junio de 2017.



**Edgar Alejandro Orozco Gil**

Guatemala 3 de mayo 2021


Ingeniero  
César Humberto Urquizú Rodas  
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero:

Por este medio hago constar que yo Victor Hugo García Roque, con número de colegiado cinco mil ciento treinta y tres (5,133) doy como visto bueno el desarrollo del trabajo de investigación final de graduación del alumno: **Edgar Alejandro Orozco Gil** con CUI: **2600-95249-0101** a quien he apoyado como asesor de su tesis.

Dentro de dicho proceso doy visto bueno al trabajo de graduación con título "**DISEÑO DE UN CONTROL DE CALIDAD EN LOS PROCESOS DE TRITURACIÓN, LAVADO Y EMBALAJE DE PLÁSTICO INYECTADO Y SOPLADO COMO MATERIA PRIMA PARA EL PROCESO DE RECICLADO**" bajo la línea de investigación: AMBIENTE en área: Producción Más Limpia – Gestión de desechos sólidos.

Atentamente,

  
Victor Hugo García Roque  
Ingeniero Industrial  
Colegiado 5,133

**VICTOR HUGO GARCÍA ROQUE**  
**INGENIERO INDUSTRIAL**  
**Colegiado No. 5133**

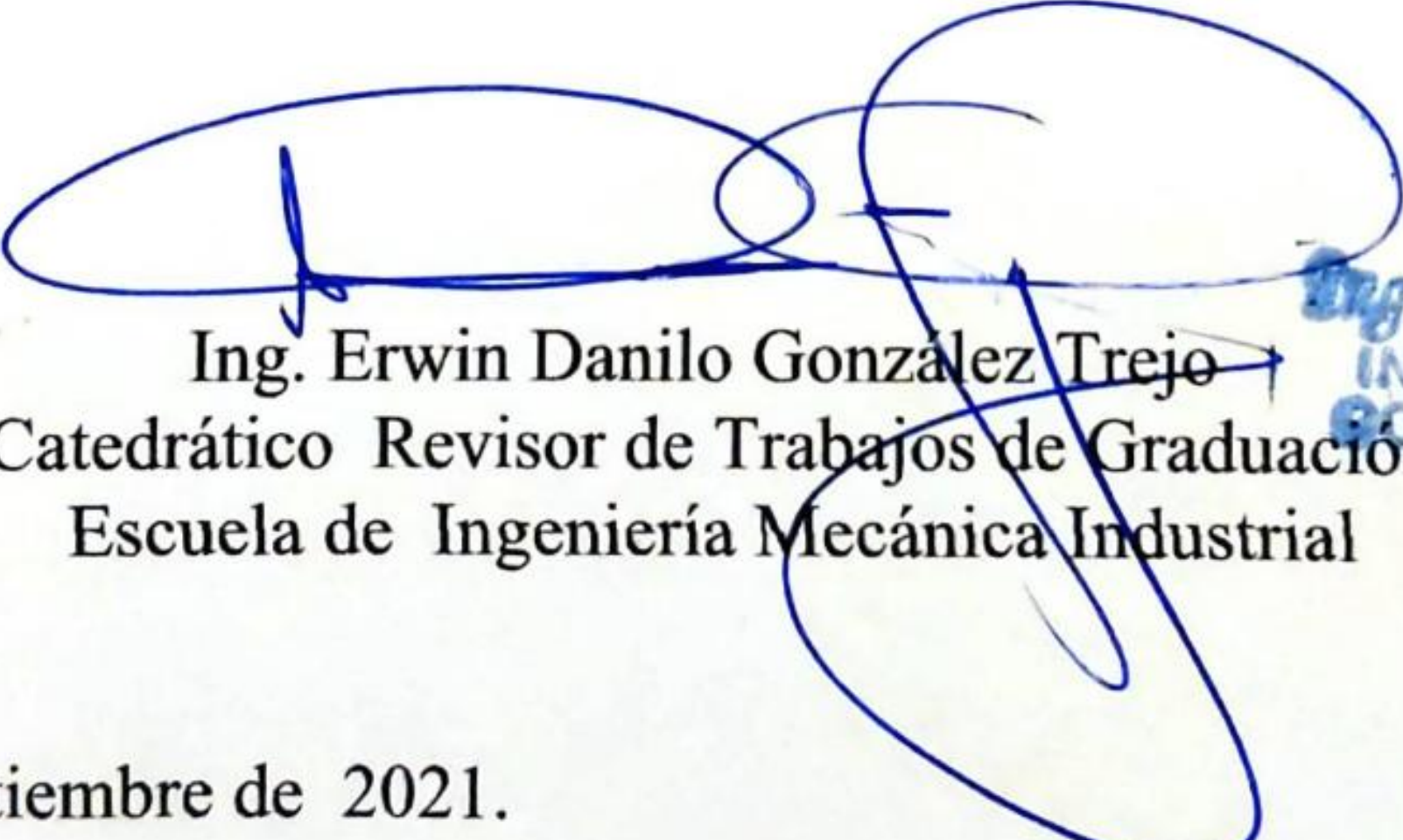


ESCUELA DE  
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.093.021

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UN CONTROL DE CALIDAD EN LOS PROCESOS DE TRITURACIÓN, LAVADO Y EMBALAJE DE PLÁSTICO ENYECTADO Y SOPLADO COMO MATERIA PRIMA PARA EL PROCESO DE RECICLADO**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Alejandro Orozco Gil**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



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

Ing. Danilo González Trejo  
INGENIERO INDUSTRIAL  
BOLEGIADO ACTIVO 6182

Guatemala, septiembre de 2021.

/mgp



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

REF.DIR.EMI.120.021

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 CONTROL DE CALIDAD EN LOS PROCESOS DE TRITURACIÓN, LAVADO Y EMBALAJE DE PLÁSTICO INYECTADO Y SOPLADO COMO MATERIA PRIMA PARA EL PROCESO DE RECICLADO**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Alejandro Orozco Gil**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Firmada digitalmente por Cesar Ernesto Urquizu Rodas  
Motivo: Ingeniero Industrial  
Ubicación: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería  
Mecánica Industrial, USAC  
Colegiado 4,272

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

Guatemala, octubre de 2021.

/mgp



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato  
Facultad de Ingeniería  
24189101 - 24189102  
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

DTG. 593.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN CONTROL DE CALIDAD EN LOS PROCESOS DE TRITURACIÓN, LAVADO Y EMBALAJE DE PLÁSTICO INYECTADO Y SOPLADO COMO MATERIA PRIMA PARA EL PROCESO DE RECICLADO**, presentado por el estudiante universitario: **Edgar Alejandro Orozco Gil**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, noviembre de 2021

AACE/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Mis padres, Esgar Jesús y Nora Marleny</b>	Por todo su apoyo, consejos y ejemplos que me hizo quien soy. Mi infinito amor.
<b>Mi hermana Katy</b>	Por ser mi compañera de infancia.
<b>Mi hija Ailyn</b>	A quien dedico especialmente este trabajo de graduación, gracias por el ejemplo.
<b>Mi esposa Grizel</b>	Por confiar en mí y alentar todo mi potencial.
<b>Familia</b>	A mis abuelas QEPD, mis tías, primos y primas que han sido fuente de alegrías y apoyo.
<b>Amigos</b>	A todos los de la oficina

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser el centro de formación y lugar donde encontré grandes amistades.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por proveer de conocimientos y trabajo que me han hecho desarrollarme en la carrera profesional.
<b>MSc. Ing. Sergio Torres</b>	Por darme la oportunidad de potencializar mis conocimientos y desarrollarme profesionalmente.
<b>Mi asesor</b>	Ing. Víctor García Roque, por haberme acompañado durante este proceso.
<b>A usted lector</b>	Esperando que pueda encontrar en este trabajo las bases de su investigación.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XIII
GLOSARIO .....	XV
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. ANTECEDENTES GENERALES .....	1
1.1. La empresa.....	1
1.1.1. Ubicación.....	2
1.1.2. Misión .....	2
1.1.3. Visión.....	2
1.2. La organización .....	2
1.2.1. Organigrama.....	3
1.2.2. Descripción de puestos .....	3
1.3. Conceptos de ingeniería.....	6
1.3.1. Diseño .....	6
1.3.1.1. Definición.....	7
1.3.1.2. Características.....	7
1.3.1.3. Tipos de diseño .....	7
1.3.1.3.1. Del producto .....	7
1.3.1.3.2. Del proceso .....	7

	1.3.1.3.3.	En operaciones .....	8
	1.3.1.4.	Herramientas .....	8
	1.3.1.5.	Tecnología.....	8
1.3.2.	Control.....		9
	1.3.2.1.	Concepto .....	9
	1.3.2.2.	Particularidades.....	9
	1.3.2.3.	Parámetros.....	9
	1.3.2.4.	Gráficos de control .....	9
	1.3.2.5.	Modelos.....	10
	1.3.2.5.1.	Producción continua e intermitente .....	11
	1.3.2.5.2.	Planificación de materiales (MRP) ...	11
	1.3.2.5.3.	Filosofía justo a tiempo (JIT).....	11
	1.3.2.5.4.	Programación (Gantt y PERT/CPM) .....	12
1.3.3.	Calidad .....		12
	1.3.3.1.	Características .....	12
	1.3.3.2.	Indicadores.....	13
	1.3.3.3.	Sistemas de administración.....	13
	1.3.3.4.	Certificaciones y normas .....	13
1.3.4.	Proceso .....		14
	1.3.4.1.	Características .....	14
	1.3.4.2.	Maquinaria y herramientas .....	15
	1.3.4.3.	Diagramas.....	15
1.3.5.	Plástico.....		15
	1.3.5.1.	Concepto .....	16
	1.3.5.2.	Propiedades .....	16

1.3.5.3.	Tipos de plástico.....	16
1.3.5.3.1.	Nomenclaturas .....	18
1.3.5.3.2.	Usos .....	18
1.3.6.	Tipos de moldeo .....	19
1.3.6.1.	Alta presión.....	19
1.3.6.1.1.	Soplado .....	19
1.3.6.1.2.	Inyección .....	20
1.3.6.1.3.	Extrusión .....	20
1.3.6.2.	Baja presión.....	20
1.3.6.2.1.	Colado o vacío.....	20
1.3.6.2.2.	Espumado o Lecho fluidizado .....	21
1.3.6.2.3.	Calandrado .....	21
1.3.7.	Materia prima.....	21
1.3.7.1.	Definición.....	21
1.3.7.2.	Características.....	22
1.3.7.3.	Origen.....	22
1.3.7.4.	Clasificación.....	22
2.	DIAGNÓSTICO SITUACIONAL .....	25
2.1.	Descripción del proceso .....	25
2.1.1.	Proceso de trituración.....	25
2.1.2.	Proceso de lavado .....	27
2.1.3.	Proceso de secado y embalaje.....	28
2.2.	Análisis del proceso.....	30
2.2.1.	Diagrama de procesos de operaciones .....	31
2.2.2.	Diagrama de flujo de materiales .....	32
2.2.3.	Diagrama de <i>Ishikawa</i> .....	34
2.3.	Departamentalización.....	36

2.3.1.	Departamento de producción .....	37
2.3.1.1.	Descripción.....	37
2.3.1.2.	Objetivo general .....	37
2.3.1.3.	Objetivos específicos .....	37
2.3.1.4.	Puestos .....	38
2.3.1.5.	Organigrama .....	38
2.3.1.6.	Funciones.....	39
2.3.1.7.	Área de trituración .....	41
2.3.1.7.1.	Diagrama de operaciones.....	41
2.3.1.7.2.	Recursos .....	42
2.3.1.7.3.	Humano.....	43
2.3.1.7.4.	Maquinaria y equipo .....	43
2.3.1.8.	Área de lavado .....	44
2.3.1.8.1.	Diagrama de procesos .....	44
2.3.1.8.2.	Flujo de materia .....	45
2.3.1.8.3.	Recursos .....	46
2.3.1.8.4.	Humano.....	47
2.3.1.8.5.	Maquinaria y equipo .....	47
2.3.1.8.6.	Hídricos .....	49
2.3.1.8.7.	Químicos .....	50
2.3.1.9.	Área de secado y embalaje .....	51
2.3.1.9.1.	Proceso de embalaje.....	52
2.3.1.9.2.	Diagrama de procesos .....	53

	2.3.1.9.3.	Flujo de materia.....	54		
	2.3.1.9.4.	Recursos .....	55		
	2.3.1.9.5.	Humano.....	56		
2.4.		Estadísticas de la situación actual de la empresa .....	57		
2.5.		Indicadores de eficiencia .....	58		
	2.5.1.	Eficacia global del equipo .....	59		
	2.5.2.	Índice de eficiencia .....	59		
	2.5.3.	Índice de rendimiento de volumen .....	60		
	2.5.4.	Tiempo total muelle a muelle (DTD) .....	60		
	2.5.5.	Índice de productividad de mano de obra .....	61		
3.		PROPUESTA DE CONTROL DE LA CALIDAD EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN .....	63		
	3.1.	Diseño del sistema de calidad .....	63		
		3.1.1. Objetivos.....	64		
		3.1.2. Métodos de medición.....	64		
		3.1.3. Desempeño del proceso .....	65		
		3.1.4. Control de calidad de materia en el proceso ....	65		
			3.1.4.1. Catálogo de defectos del proceso .	67	
			3.1.4.2. Puntos de control.....	73	
			3.1.4.3. Variables de calidad .....	74	
			3.1.4.4. Muestra.....	74	
				3.1.4.4.1. Muestra en proceso	75
				3.1.4.4.2. Estudios de tiempo .	75
				3.1.4.4.3. Formato de control del proceso.....	75
				3.1.4.4.4. Procedimiento de control.....	78

	3.1.4.4.5.	Análisis de la información.....	80
	3.1.4.5.	Guías del llenado de formatos.....	81
	3.1.4.6.	Procedimiento para el control de materia en proceso.....	82
3.1.5.		Conformidad del proceso .....	83
	3.1.5.1.	Acciones preventivas .....	83
	3.1.5.2.	Acciones correctivas .....	84
3.1.6.		Gestión de los recursos.....	85
	3.1.6.1.	Recursos humanos .....	85
	3.1.6.2.	Infraestructura .....	85
	3.1.6.3.	Maquinaria y equipo .....	86
	3.1.6.4.	Económicos.....	86
3.1.7.		Estándares del cliente .....	87
	3.1.7.1.	Normas.....	87
	3.1.7.2.	Especificaciones.....	88
	3.1.7.3.	Análisis comparativo .....	88
4.		IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA .....	91
4.1.		Recursos para implementar la propuesta.....	91
	4.1.1.	Humanos.....	91
	4.1.2.	Materiales.....	91
	4.1.3.	Tecnológicos .....	92
	4.1.4.	Estadísticos .....	92
	4.1.5.	Económicos.....	94
4.2.		Planificación .....	95
	4.2.1.	Manual de procedimientos .....	96
	4.2.1.1.	Clasificación de materia prima .....	96



	4.2.1.1.1.	Por tipo y nomenclatura.....	97
	4.2.1.1.2.	Por color .....	98
	4.2.1.1.3.	Por origen .....	98
	4.2.1.1.4.	Procedimiento de triturado .....	99
	4.2.1.1.5.	Procedimiento de lavado.....	99
	4.2.1.1.6.	Procedimiento de secado.....	100
	4.2.1.1.7.	Procedimiento de embalaje.....	100
	4.2.1.1.8.	Pesado .....	101
	4.2.1.1.9.	Etiquetación.....	101
5.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....		103
5.1.	Participantes.....		103
5.2.	Objetivo .....		104
5.3.	Necesidades.....		104
5.4.	Alternativas.....		104
5.5.	Legislación.....		105
	5.5.1.	Acuerdos Gubernativos .....	105
	5.5.2.	Convenios.....	106
	5.5.3.	Otras leyes y políticas ambientales .....	107
	5.5.4.	Requisitos y normas .....	107
	5.5.5.	Requerimientos según el rubro del proyecto ..	108
5.6.	Enfoques .....		109
	5.6.1.	Alternativas de acción.....	109
	5.6.1.1.	Impacto.....	111

	5.6.1.1.1.	Impacto primario ..	111
	5.6.1.1.2.	Impacto secundario.....	112
	5.6.1.1.3.	Impacto a corto plazo .....	113
	5.6.1.1.4.	Impacto a largo plazo .....	114
	5.6.1.1.5.	Impacto positivo ...	114
	5.6.1.1.6.	Impacto negativo..	114
	5.6.1.1.7.	Otros impactos .....	114
	5.6.1.2.	Mitigación y compensación .....	115
	5.6.1.2.1.	Planificaciones .....	116
	5.6.1.2.2.	Programaciones ...	116
5.7.		Evaluación.....	117
	5.7.1.	Métodos de evaluación .....	118
	5.7.2.	Métodos de identificación .....	118
	5.7.2.1.	Lista de chequeo .....	119
	5.7.2.2.	Diagramas de flujo .....	120
	5.7.2.3.	Matriz causa y efecto .....	121
5.8.		Monitoreo .....	122
5.9.		Seguimiento .....	123
6.		MEJORA CONTINUA .....	125
	6.1.	Evaluación del sistema de control de calidad.....	125
	6.1.1.	Evaluación de control de materia prima en proceso.....	126
	6.1.2.	Evaluación de control de producto terminado	127
	6.1.3.	Capacitación del personal .....	128

CONCLUSIONES .....131  
RECOMENDACIONES.....133  
BIBLIOGRAFÍA.....135



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Organigrama general Recicladora Galindo .....	3
2.	Clasificación de plástico según origen de materia .....	23
3.	Análisis FODA.....	27
4.	Diagrama de procesos de operaciones Departamento de producción.....	32
5.	Diagrama de flujo de materiales.....	33
6.	Diagrama causa-efecto – Departamento de trituración .....	34
7.	Diagrama causa-efecto – Departamento de lavado .....	35
8.	Diagrama causa-efecto – Departamento de embalaje .....	35
9.	Distribución de planta.....	36
10.	Organigrama planta de producción .....	39
11.	Diagrama de operaciones – Área de trituración .....	42
12.	Diagrama de operaciones – Área de lavado .....	45
13.	Flujograma de materia en proceso .....	46
14.	Maquinaria .....	47
15.	Maquinaria en concatenación .....	48
16.	Maquinaria aspas lavado .....	48
17.	Drenaje de agua.....	49
18.	Maquinaria área de secado y embalaje.....	51
19.	Maquinaria área de secado y embalaje (frontal) .....	52
20.	Diagrama de procesos .....	53
21.	Flujograma – Área de lavado y secado .....	54
22.	Recursos en el área de embalaje.....	55

23.	Área de embalaje.....	56
24.	Cantidades en toneladas de producto procesado.....	58
25.	Escama de los diferentes productos plásticos .....	66
26.	Contaminación por diferentes plásticos .....	69
27.	PEAD contaminado con PP .....	70
28.	Presencia de geles en película .....	72
29.	Formato de control de proceso 1 .....	77
30.	Formato de control de muestra en proceso .....	78
31.	Guía para el llenado de formato.....	82
32.	Inspección de las materias primas en proceso .....	83
33.	Gráfico de control de calidad .....	93
34.	Inversión inicial .....	95
35.	Cronograma de actividad (fase final) .....	96
36.	Nomenclatura habitual para plásticos y polímeros .....	97
37.	Separación de color .....	98
38.	Diagrama de Estudio de Impacto Ambiental.....	120
39.	Matriz de Leopold .....	122

## TABLAS

I.	Nomenclatura plástica .....	18
II.	Descripción de maquinaria .....	43
III.	Cantidad de materia prima procesada en toneladas.....	57
IV.	Tabla de dimensiones de escama .....	66
V.	Dimensiones de depósitos de lavado .....	67
VI.	Procedimiento de control .....	79
VII.	Puntos de control.....	80
VIII.	Resumen ensayos para plásticos .....	89
IX.	Priorización de causas detectadas .....	128

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>m</b>	Metro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>nm</b>	Nanómetro
<b>PS</b>	Poli estireno
<b>PP</b>	Polietileno
<b>PEAD</b>	Polietileno de alta densidad
<b>PUR</b>	Poliuretanos reticulados
<b>TM</b>	Temperatura de fusión





## GLOSARIO

<b>Atributo</b>	Cualidad de determinado ser u objeto.
<b>Auditoría</b>	Revisión sistemática de una actividad o situación para evaluar el cumplimiento de reglas o criterios objetivos dentro del marco aplicable.
<b>Calibre</b>	Diámetro de un objeto cilíndrico o esférico no hueco.
<b>Extrusión</b>	Proceso mediante el cual se derrite o da forma al plástico.
<b>Gráfica de control</b>	Grafico que identifica el desarrollo sobre el tiempo de determinada variable dentro del proceso de evaluación.
<b>Inferencia</b>	Dispersión o separación de datos.
<b>Polímero</b>	Cuerpo formado por la reunión de varias moléculas idénticas formando una sola.
<b>Versátil</b>	Capacidad de adaptarse con facilidad y rapidez.
<b>Volatización</b>	Proceso de convertir una sustancia química de un estado líquido o sólido a un estado gaseoso o de vapor.



## RESUMEN

El tema seleccionado tiene como base principal el deseo de la organización en relación al manejo y sostenibilidad ambiental ya que es un tema enfocado en el medio ambiente mediante mejorar el uso y manejo de recursos renovables y no renovables poniendo en práctica los conocimientos de la carrera de Ingeniería. Guatemala cuenta con gran riqueza natural, la cual, lamentablemente está siendo afectada en gran manera por los malos hábitos de consumo como sociedad contando con pocas políticas sanitas que se vinculen directamente con el control y manejo de desechos sólidos para su reutilización. Los plásticos son en gran medida de parte de este problema, constituyen aproximadamente el 19 % de los desechos que genera una persona.

La planta recicladora de plásticos Galindo es una empresa guatemalteca manufacturera que se dedica a la generación de materia prima plástica utilizada en proceso de reciclaje, cuenta con los procesos de recopilación y almacenamiento de materia prima, clasificación según el origen químico, trituración, lavado y embalaje de producto terminado para la exportación. No obstante, algunos de los procesos no cuentan con un sistema de control de calidad, esto repercute directamente en el no cumplimiento de los estándares del cliente e incurriendo en gastos por reproceso del material.

El enfoque principal fue desarrollado en las tres principales áreas del proceso global: trituración, lavado y embalaje. En estas áreas se realizaron los estudios técnicos de ingeniería pues son los puntos críticos del proceso y en los cuales se tienen puntos débiles detectados a grosso modo por la administración de la empresa.

Los estudios a realizar arrojaron resultados los cuales serán analizados y comparados con las especificaciones requeridas por los clientes finales cumpliendo con las normas de calidad nacional e internacional para el rubro de los materiales plásticos

## **OBJETIVOS**

### **General**

Plantear una solución de ingeniería para estandarizar los procesos y velar por el cumplimiento de la calidad de los procedimientos en el plástico del tipo polietileno de alta densidad (HDPE) previo al proceso de reciclado.

### **Específicos**

1. Realizar un análisis de la situación actual en la empresa recicladora de plásticos para diagnosticar los puntos débiles en sus procesos.
2. Determinar los procesos involucrados y subdividirlos para realizar un análisis de muestreo.
3. Identificar las fases concretas a analizar con búsqueda de mejora por medio de diagnóstico causa y efecto sobre un enfoque basado en el proceso.
4. Ordenar, tabular, graficar y analizar los datos de eficiencia tanto de la mano de obra como de la maquinaria.
5. Verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas de la materia prima previo al proceso de reciclaje.

6. Proveer un diseño de sistema de control de calidad basado en la mejora continua por medio de mediciones objetivas.
7. Minimizar los costos añadidos por desperdicio de materia prima y consigo mitigar el daño al medio ambiente.

## INTRODUCCIÓN

El hombre ha hecho uso de los recursos naturales desde épocas inmemorables, con el paso del tiempo y el avance de la tecnología se ha sabido aprovechar prácticamente todo elemento existente y con base en estos se han creado innumerables productos derivados de procesos físico-químicos a los cuales han sido sometidos. Todos estos productos han hecho de la sociedad que conocemos hoy en día un lugar tecnificado, vanguardista y de evolución constante.

Uno de esos productos que determinó un cambio en la forma de vida de la humanidad fue descubierto por error una resina en el año de 1860 por el anglosajón John Wesley Hyatt el cual denominó su descubrimiento como celuloide y que dio origen a lo que hoy conocemos como plástico. Este tipo de polímero dio origen a una gran variedad más de sustancias químicas que al sintetizarse forman hoy en día parte de nuestro entorno, desde utensilios de cocina hasta la vestimenta, el plástico es ya parte de nuestra cultura y forma de vida.

Por otro lado, estas sustancias han sido también en gran medida, y por el uso negligente de la humanidad, en un talón de Aquiles para nuestros ecosistemas. El plástico tiene una vida promedio entre 150 a 500 años para su descomposición según su origen y las condiciones climáticas. Tomando en cuenta la gran cantidad de plástico producida a nivel mundial, que solo en 2013 sobrepasó los 60 millones de toneladas, lo cual es un problema para la humanidad, ya que por el momento la única solución ha consistido básicamente en recolectarlos, seleccionarlos por tipo de materia, limpiarlos y fundirlos de

nuevo para usarlos como agregado a la materia prima virgen, abaratando el costo de producción para el moldeado de nuevos productos.

El siguiente trabajo de graduación trata de aplicar los conocimientos de ingeniería en una planta industrial guatemalteca que busca controlar la calidad del material, y con esto, reducir parte de los desechos y apalea los efectos en nuestro país, generando empleo y exportar materia prima de calidad para el reciclaje.



# 1. ANTECEDENTES GENERALES

## 1.1. La empresa

Recicladora Galindo es una empresa netamente guatemalteca creada a finales del año 2010 por su propietario el arquitecto Julio Galindo, que con visión de emprendedor comenzó con un proyecto orientado únicamente a la clasificación de material plástico.

Los primeros dos años la compra de materia prima era baja y sus ventas se realizaron solamente en el mercado local; con el tiempo la empresa decidió expandir sus procesos enfocándose al manejo sostenible de plásticos de alta y baja densidad.

Luego de algún tiempo la organización logró la compra de maquinaria especializada para la trituración lo cual hizo más eficiente el proceso generando mayores volúmenes de producto procesado. Hace un año la empresa empezó a exportar eventualmente su producto a España y China lo cual ha generado grandes expectativas pues el mercado es amplio, pero igualmente exigente en la calidad del producto. La planta puede catalogarse como una mediana empresa ya que no sobrepasa los 25 empleados<sup>1</sup> distribuidos en los diferentes departamentos de lavado, triturado, embalaje, bodegas, ventas y administración. La planta mantiene sus funciones en una jornada diurna normal.

---

<sup>1</sup> Ministerios de Economía. *Sistema Nacional de Información MIPYME Guatemala* 2015. p. 6.

### **1.1.1. Ubicación**

La planta de recolección, proceso y almacenamiento de material plástico se encuentra ubicada en la parte sur de la ciudad capital dentro de la zona industrial específicamente en la calzada Atanasio Tzul 50-20 Zona 21, Colonia Morse, Departamento de Guatemala, Guatemala. Colinda en sus cuatro ejes con el departamento de Guatemala con Coordenadas geográficas: 14.558440, - 90.546422.

### **1.1.2. Misión**

Ser una empresa líder en el manejo de residuos plásticos, procesándolos y generando materia prima para el uso de productos reciclados, manteniendo altos estándares de calidad, cumpliendo con los niveles requeridos por la industria internacional.

### **1.1.3. Visión**

Tener una alta participación en el mercado nacional en búsqueda de la expansión a mercados dentro de la región centroamericana, buscando la excelencia en todos sus procesos superando las expectativas del cliente.

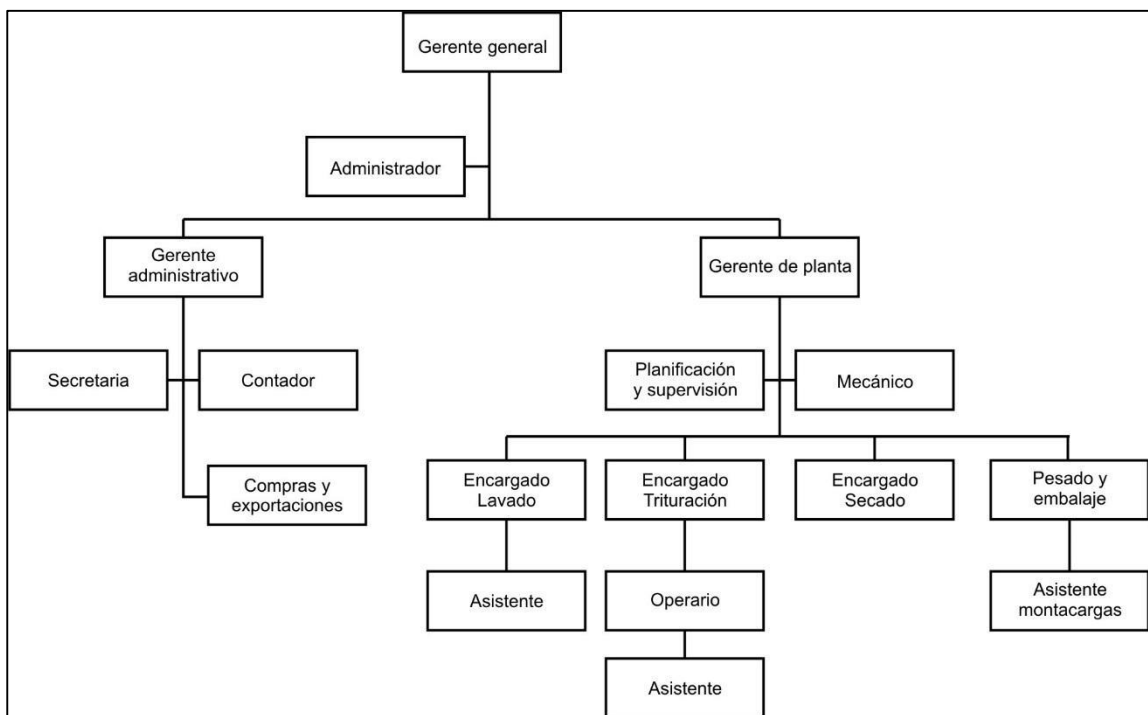
## **1.2. La organización**

La configuración intencional que se hace de las diferentes tareas y responsabilidades, fijando su estructura de manera que se logren los fines establecidos por la empresa.

### 1.2.1. Organigrama

Las responsabilidades jerárquicas dentro de las funciones administrativas y operativas de la empresa se muestran en el siguiente organigrama.

Figura 1. Organigrama general Recicladora Galindo



Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

### 1.2.2. Descripción de puestos

A continuación, son descritos los diferentes puestos de la fábrica para conocer de mejor manera el trabajo y atribuciones que cada uno de los puestos tiene contemplado dentro del nivel jerárquico correspondiente.

- Gerente general: es la persona que toma las decisiones en las operaciones y determina el rumbo de la empresa con base en estrategias administrativas y financieras según las políticas y procedimientos.
- Administrador: es la persona encargada de manejar, aplicar y desarrollar los principios de planeación, organización, dirección y control de todos los procedimientos administrativos y operacionales.
- Gerente administrativo: es el encargado de realizar la planeación, ejecución y dirección administrativa de la empresa relacionándose con el personal en relación de coordinación y control disciplinario.
- Gerente de planta: es la persona a cargo del proceso productivo de la fábrica, vela por el cumplimiento de las planificaciones, provee datos para su posterior análisis en cuanto al rendimiento de las estaciones. Verifica que se cumplan las normas y procedimientos en cada una de las fases del proceso. Dirige al personal en planta según las necesidades.
- Secretaria: realiza las labores de recepción de documentos, papelería y llamadas brindando un excelente servicio de atención de forma cordial preocupándose por el seguimiento de las solicitudes de los clientes.
- Contador: dirigir los procedimientos contables de la empresa presentando información financiera de forma clara, verás y confiable. Encargado de la elaboración de los estados financieros, así como los costos de producción.
- Planificador y supervisor: persona encargada de realizar los cálculos de materia en proceso necesarios para satisfacer los requerimientos solicitados, dando instrucciones precisas a los colaboradores a su cargo

sobre el tipo de producto a procesar y supervisar el cumplimiento del plan de producción.

- **Mecánico:** encargado de prestar el servicio técnico para la pronta solución de problemas en planta priorizando el mantenimiento preventivo de la maquinaria y sistemas involucrados en el proceso.
- **Compras y exportaciones:** es la persona encargada de mantener un constante flujo de material buscando que los proveedores cumplan con las especificaciones, así como velar por la fidelidad de los clientes nacionales y extranjeros.
- **Encargado de lavado:** encargado de planificar la cantidad de materia en proceso dentro de la estación, calculando el volumen de químicos y agua a utilizar, así como mantener un registro de las actividades de la estación.
- **Encargado de trituración:** persona encargada de velar por el continuo funcionamiento de la maquinaria trituradora según el volumen y tipo de material ajustando la velocidad de la banda transportadora y las revoluciones del eje central de triturado.
- **Encargado de secado:** se encarga de operar la máquina centrífuga velando por el flujo óptimo de materia en la tolva, ajustando la maquinaria en velocidad y revoluciones por minuto además de verter hacia la banda transportadora.
- **Encargado de pesado y embalaje:** es la persona que se encarga de colocar el producto final dentro de los contenedores comúnmente llamados cuchumbos, por medio de una pesa electrónica industrial; realiza el

etiquetamiento de los contenedores según el origen del material, fecha de producción, peso en kilogramos entre otros datos.

- Asistente de montacargas: es aquella persona que maneja la maquinaria de tipo *Yale* con la cual se transporta materia prima y el producto final a la bodega de producto terminado o a los contenedores para su traslado fuera de la planta.
- Operario: su labor es la de operar una sección de la estación de forma eficiente, verificando que el material en proceso cumpla con las especificaciones de las ordenes de trabajo.
- Asistente: persona provee de los insumos y materiales en proceso a la estación. Cumple funciones varias.

### **1.3. Conceptos de ingeniería**

Los conceptos de ingeniería son el conjunto de conocimientos científicos y tecnológicos para la innovación, invención, desarrollo y mejora de técnicas y herramientas para satisfacer las necesidades de la empresa<sup>2</sup>.

#### **1.3.1. Diseño**

Previo a cualquier implementación de un servicio o producto se debe tener una base fundamentada en donde se tengan detalles y generalidades.

---

<sup>2</sup> Lámpsakos. *La ingeniería*. p 14.

### **1.3.1.1. Definición**

Esquema o bosquejo que se realiza de forma mental o material previo a la realización del mismo en donde se pueden apreciar directrices, formas y funcionalidades del producto o servicio final.

### **1.3.1.2. Características**

Se detallan especificaciones técnicas, aspectos estéticos y funcionales. Debe contar con estudios de investigación de ingeniería que permitan encontrar la manera eficiente del desarrollo del prototipo.

### **1.3.1.3. Tipos de diseño**

Existen muchos tipos de diseño dependiendo del enfoque o ámbito en donde se debe realizar, algunos son: diseño arquitectónico, visual, gráfico y de ingeniería.

#### **1.3.1.3.1. Del producto**

Se refiere a las delimitaciones, características y especificaciones de materiales, estructura, color, uso, calidad, complejidad, costo, manufactura entre otros, los cuales establecen la capacidad y tecnología.

#### **1.3.1.3.2. Del proceso**

Trata sobre cómo será realizado el diseño, las fases que implica, es decir, las secuencias en la transformación física de la materia prima hasta el producto terminado.

#### **1.3.1.3.3. En operaciones**

Implica la optimización del sistema teniendo en cuenta el monitoreo y capacidad de equilibrar las capacidades de todos los recursos con el fin de controlar los cuellos de botella, optimizar la distribución en planta, minimizar los tiempos de producción para adaptarse a la demanda y estudiar el proceso continuamente para identificar actividades que no añaden valor.

#### **1.3.1.4. Herramientas**

Para que todo diseño pueda tener éxito es necesario contar con una serie de datos base en los cuales se creará el bosquejo final, estos son descritos a continuación.

- Información de materiales
- Información de operaciones
- Diseños de ingeniería
- Información de ventas, mercadeo y distribución
- Información de recurso humano
- Información de recurso financiero

#### **1.3.1.5. Tecnología**

Actualmente se utilizan los sistemas asistidos por computadora también conocido como CAD, el cual tiene una gran versatilidad tanto en el prototipo, así como en la administración del ciclo de vida del producto. En las industrias tecnificadas se utiliza maquinaria CNC la cual utiliza las herramientas de forma mecánica por medio de un diseño computarizado.



### **1.3.2. Control**

Se refiere a mantener el proceso dentro de los estándares establecidos modificando una o más variables que intervienen.

#### **1.3.2.1. Concepto**

Regulación de las operaciones midiendo el desempeño para efectuar correcciones o ajustes que permitan alcanzar los objetivos y metas en conjunto con acciones, normas y procedimientos.

#### **1.3.2.2. Particularidades**

Todo sistema de control debe tener previamente establecidas las normas o estándares base para tener un parámetro de referencia, luego se debe llevar un registro del desempeño actual del sistema y comparar con lo establecido para luego ejecutar acciones correctivas.

#### **1.3.2.3. Parámetros**

Serán las mediciones, métodos numéricos y estadísticos los cuales serán comparados por medio de rangos de aceptación con la ayuda de gráficas de control.

#### **1.3.2.4. Gráficos de control**

Son utilizados para diagramar los eventos de un proceso y verificar si se encuentran en una condición estable dentro de los parámetros o límites en el intervalo de confianza.

Los gráficos de control son utilizados para:

- Determinar el estado de control de un proceso
- Diagnosticar el comportamiento de un proceso en el tiempo
- Indicar si un proceso ha mejorado o empeorado
- Permitir identificar las dos fuentes de variación de un proceso
- Sirve como herramienta de detección de problemas

Existen dos categorías, “las gráficas de control por variables y las gráficas de control por atributos”<sup>3</sup>; éstas últimas son las que se utilizarán en el estudio que son:

- Gráfica P – Porcentaje de unidades o procesos defectuosos
- Gráfica nP – Número de unidades o procesos defectuosos
- Gráfica C – Número de defectos por área de oportunidad
- Gráfica U – Porcentaje de defectos por área de oportunidad
- 

#### **1.3.2.5. Modelos**

Un modelo es la representación generalmente matemática que busca que un procedimiento o proceso se acople a una abstracción del mundo real con el fin de reducir su complejidad y hacer predicciones del comportamiento.

---

<sup>3</sup> BESTERFIELD, Dale. *Control de calidad*. p. 179.

#### **1.3.2.5.1. Producción continua e intermitente**

Producción continua, es la que se realiza sin pausa y transición entre operaciones por cada una de las estaciones de trabajo de donde interviene o no la mano de obra, maquinaria y equipo; en donde cada producto es procesado con un método idéntico al anterior haciendo que el producto no tenga variantes entre lotes. Generalmente utilizada en generación de productos de consumo masivo.

Producción intermitente. Conocida también como “producción por lote o pedido, generalmente se trabaja a bajo volumen conociendo la cantidad solicitada con especificaciones del cliente”.<sup>4</sup>

#### **1.3.2.5.2. Planificación de materiales (MRP)**

Es un proceso sistematizado incluyente de cada uno de los procesos de fabricación en donde “se conoce con exactitud las necesidades reales de materiales, fecha de entrega, proveedor y costo con el fin de mantener bajos volúmenes de inventarios”.<sup>5</sup>

#### **1.3.2.5.3. Filosofía justo a tiempo (JIT)**

Es un método productivo que busca que los materiales y productos lleguen al momento preciso a la fábrica como a los centros de distribución y el cliente. Su base radica en disminuir los grandes lotes de almacenamiento y con estos se reducen costos.

---

<sup>4</sup> BILLENE, Ricardo. *Análisis de costos*. p. 323.

<sup>5</sup> ORLICK, Joseph. *Materials requirements planning*. p. 596.

#### **1.3.2.5.4. Programación (Gantt y PERT/CPM)**

Son técnicas gráficas que se utilizan para la determinación de tiempos de proyectos por medio de la descomposición de etapas, actividades y tareas; estimando una duración las cuales consumen recursos humanos, técnicos, maquinaria y equipo, así como costos.

### **1.3.3. Calidad**

La calidad es una percepción subjetiva que se tiene de un producto o servicio por parte del consumidor o usuario que evalúa que tan bien cumple la función y satisface sus necesidades con base en su experiencia.

#### **1.3.3.1. Características**

Dependiendo del tipo de producto o servicio la calidad puede evaluarse bajo los siguientes parámetros.

- Tecnológicos
- Psicológicos
- Contractuales
- Éticos

Por ejemplo, para la industria manufacturera para un producto podemos hablar de la dureza, flexibilidad, color, entre otros. Mientras que en la industria de los servicios predominan las características psicológicas y éticas. Bajo esta perspectiva en la industria de servicios un índice de calidad es la rapidez.

### **1.3.3.2. Indicadores**

Los indicadores son utilizados para verificar la satisfacción del cliente, mantener un nivel con miras a un mejoramiento en los procesos y resultados, todos estos indicadores necesitan de datos matemáticos con base a factores o variables puntuales. Estos permiten a una organización evaluar su desempeño frente a sus metas, objetivos y responsabilidades tomando datos o grupos de referencia. Algunos de estos indicadores son:

- Indicador de eficiencia
- Indicador de cumplimiento
- Indicador de evaluación
- Indicador de gestión
- Indicador de calidad

### **1.3.3.3. Sistemas de administración**

Estos son todos aquellos dedicados y enfocados en la estructuración operacional del trabajo, integrando y documentando los procedimientos administrativos, gerenciales, técnicos y operativos. Esta sería la guía de las acciones de trabajo para el personal, maquinaria y equipo junto a la información de la organización.

### **1.3.3.4. Certificaciones y normas**

Una certificación es la validación por parte de un ente autorizado que da su aval conforme el cumplimiento de las normativas establecidas. Estas normas pueden ser internas o externas basadas en guías estandarizadas, que son por lo

general las que el mercado exige. Algunas que cabe mencionar se describen a continuación.

- ISO 9001: Sistema de gestión de calidad aplicable a cualquier organización.
- ISO 10015: Directrices para la formación institucional.
- ISO 18189: Sistema de calidad en laboratorios clínicos.
- ISO 17025: Sistema de gestión de la calidad en laboratorios de ensayo y calibración.
- ISO/IEC 20000-1: Sistema de gestión de la calidad de los servicios.

#### **1.3.4. Proceso**

Un proceso es una sucesión de pasos en un orden con cronología lógica que se enfoca a la culminación exitosa de éstos para obtener un resultado específico.

##### **1.3.4.1. Características**

Las características de un proceso son las siguientes:

- Integración: en donde un hombre y máquina se unen con sus antecesores y predecesores.
- Inspecciones: es indispensable inspeccionar periódicamente el proceso con el fin de verificar el propio cumplimiento del proceso para cumplir con los estándares establecidos.
- Auditorías: por parte de un equipo interno o externo se llevan auditorías para verificar que se encuentra estandarizado el procedimiento en la línea.

- Tecnología: un factor clave ya que con base en éste el proceso será más eficiente definiendo precisamente el proceso de producción.

#### **1.3.4.2. Maquinaria y herramientas**

Dependiendo de la capacidad instalada de una planta de producción con base en la maquinaria y herramientas sus procesos serán desarrollados de manera eficiente, logrando reducir los costos para el producto final e incrementando su calidad. Se busca un equilibrio entre la mano de obra y la automatización para que el proceso sea el adecuado.

#### **1.3.4.3. Diagramas**

Se utiliza para mostrar en forma detallada y precisa las actividades involucradas en la elaboración de un producto o servicio. El fin de un diagrama es dar a conocer los pasos en la línea por estaciones, mostrar las actividades implicadas facilitando la comprensión de cada actividad y la relación con las demás.

El diagrama cuenta con una simbología básica definida en: almacenamiento, operación, inspección, transporte y demora.

#### **1.3.5. Plástico**

Es un compuesto de resinas, proteínas y otras sustancias que se pueden moldear con facilidad y darle una forma permanente por medio de procesos industriales.

### **1.3.5.1. Concepto**

“Sustancias químicas sintéticas denominadas polímeros, con una estructura tipo macromolecular cuyo componente principal es el carbono, teniendo la capacidad de adaptar formas diversas por medio de calor, altas o bajas presiones o bien una mezcla de ambas”.<sup>6</sup>

### **1.3.5.2. Propiedades**

Dependiendo del tipo de polimerización los plásticos son diversos, algunas de las características principales son:

- Facilidad de modelo
- Baja densidad
- Buen aislante eléctrico
- Impermeables
- Buen aislante térmico
- Resistente a la corrosión
- Bajo costo de producción
- Resistente a agentes químicos

### **1.3.5.3. Tipos de plástico**

Existe una gran diversidad de tipos de plásticos, a continuación, se describen según sus propiedades químicas.

- Según su monómero base se clasifican en:

---

<sup>6</sup> ARREDONDO, Francisco. *Estudio de materiales*. p. 43.



- Naturales: como la celulosa, caseína y caucho.
- Sintéticos: son principalmente derivados del petróleo como el polietileno o polipropileno.
- Según su comportamiento calorífico se clasifican en:
  - Termoplástico: se convierte en plástico al calentar y pasa a estado vítreo al enfriar; por ejemplo, el polietileno, PVC y nailon.
  - Termoestables: al sufrir el proceso de formación-solidificación no vuelven a fundirse, algunos de estos son la melanina, resina epoxi y baquetilla.
- Según la reacción de síntesis se clasifican en:
  - Polímeros de adición: se da la unión del monómero para formar una cadena molecular.
  - Polímeros de condensación: los monómeros forman dos o más grupos reactivos.
  - Polímeros por etapas: la cadena de polímero crece conforme se provee de más monómeros como lo son los poliuretanos.
- Según su estructura molecular se clasifican en:
  - Amorfo: los que en sus moléculas no presentan un orden creando huecos por donde la luz pasa dando lugar a la transparencia.
  - Semicristalino: contiene zonas ordenadas junto a zonas desordenadas haciéndolos poco transparentes.
  - Cristalizables: su proceso y su rango de precios son estandarizados mundialmente, no requiere de gran tecnología para su fabricación.
  - De ingeniería: creados para finalidades muy específicas, requieren tecnología avanzada para su fabricación y procesamiento; su precio es alto. Generalmente utilizado en la industria aeroespacial.

### 1.3.5.3.1. Nomenclaturas

Se han creado códigos y nomenclaturas de clasificación de plásticos dada su gran gama, los fines de la codificación es conocer su origen para su correcto reciclaje.

Tabla I. **Nomenclatura plástica**

ACRÓNIMO	TIPO DE PLÁSTICO	CÓDIGO
PET	(Polietileno tereftalato)	Código 1
PEAD/HDPE	(Polietileno de alta densidad)	Código 2
PVC	(Policloruro de vinilo)	Código 3
PEBD/LDPE	(Polietileno de baja densidad)	Código 4
PP	(Polipropileno)	Código 5
PS	(Polietileno)	Código 6
Otros	Otros	Código 7

Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

### 1.3.5.3.2. Usos

Los plásticos tienen una gran cantidad de usos y fines, principalmente los industriales como por ejemplo en la fabricación de piezas de maquinaria y equipo, aparatos electrónicos. En el área de construcción como tuberías, canales, espumas, entre otros. También dentro de la industria de consumo y alimentos como en contenedores y envases, envoltorios, fibras textiles, muebles, entre otros.

### **1.3.6. Tipos de moldeo**

Dependiendo de la materia prima, así como el uso que se desea dar al plástico, los moldeos se clasifican como se describe a continuación.

- Moldeo por inyección
- Moldeo por extrusión
- Moldeo por soplado (insuflación de aire)
- Moldeo por vacío
- Moldeo por calandrado
- Moldeo por compresión

#### **1.3.6.1. Alta presión**

Para este modelo se utiliza un polímero termoplástico el cual pasa por un molde abierto en donde un cilindro caliente aplica calor y presión ablandando y dando forma según la cavidad del molde.

##### **1.3.6.1.1. Soplado**

Dentro del molde se inserta un cilindro plástico ablandando por medio de calor llamado proforma, el molde se cierra y se inyecta aire o vapor causando que el material se expanda y tome la forma de las paredes del molde. Con este método se fabrican botellas de bebidas y recipientes varios.

### **1.3.6.1.2. Inyección**

La materia a alta temperatura es inyectada por medio de un émbolo a una presión media de 2 100 kilogramos por centímetro cúbico. El método más utilizado por su facilidad y costo.

### **1.3.6.1.3. Extrusión**

El material pasa por un cilindro caliente transportado por un tornillo sin fin, en el extremo el material pasa por un cabezal y boquilla con las especificaciones finales permitiendo un producto de longitud indefinida. Es a través de este método que las tuberías son fabricadas.

## **1.3.6.2. Baja presión**

Consiste en aplicar aire a baja presión contra la lámina de plástico hasta adaptarla al molde. Este procedimiento se denomina moldeo por soplado, como el caso de la extrusión, aunque se trata de dos técnicas diferentes. Se emplea para la fabricación de cúpulas, piezas huecas, entre otros.

### **1.3.6.2.1. Colado o vacío**

Consiste en colocar una forma entre el molde y el polímero, luego se sustrae el aire dentro de éste para dar forma al objeto. Es utilizado en la fabricación de envases y contenedores de productos alimenticios y médicos.

#### **1.3.6.2.2. Espumado o lecho fluidizado**

El material a cubrir se calienta al punto de fusión del polímero, luego se sumerge en el recipiente con el polímero en polvo el cual se convierte en espuma o lecho. Con esto se logra una capa de plástico con un grosor que depende del tiempo en el que permanece sumergido el material.

#### **1.3.6.2.3. Calandrado**

Consiste en ir pasando el polímero ablandando en una serie de rodillos calientes hasta obtener el producto con el grosor requerido en forma de láminas o planchas de poco grosor.

### **1.3.7. Materia prima**

Para realizar cualquier proceso industrial es necesario contar con un material a transformar por medio de mano de obra y con la ayuda de maquinaria especializada, sufriendo cambios químicos y físicos.

#### **1.3.7.1. Definición**

Son todos los elementos físicos extraídos de la naturaleza que se transforma para elaborar materiales o bienes de consumo; por lo general deben ser refinadas para su utilización en un proceso o elaboración de un producto.

### **1.3.7.2. Características**

Dependiendo del origen del material este puede tener características muy particulares, en general de los estados líquido, sólido, gaseoso o plasma, entre estas tenemos:

- Maleabilidad: propiedad del material a reducirse en láminas.
- Ductilidad: propiedad de reducción en hilos.
- Plasticidad: propiedad de deformarse y recobrar la forma original.
- Dureza: capacidad de imponerse a la penetración o rompimiento.
- Densidad: cantidad de materia contenida en una unidad de volumen.
- Fusión: cambio de estado sólido a líquido.

### **1.3.7.3. Origen**

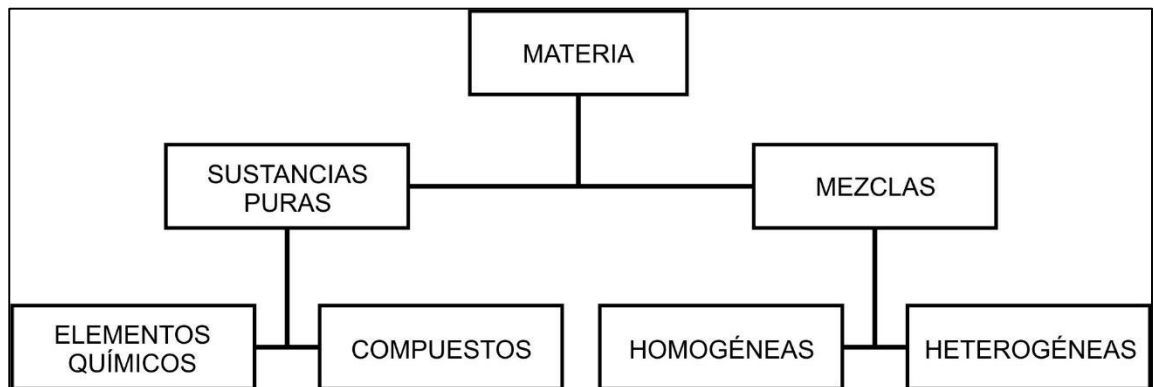
En virtud de su génesis, la materia prima se estructura dentro de los diferentes tipos mencionados a continuación.

- De origen vegetal: por ejemplo, la madera, frutas, algodón, entre otros.
- De origen animal: como pieles, lana, cuero, leche, entre otros.
- De origen mineral: como cobre, hierro, plata, entre otros.
- De origen líquido o gaseoso: como hidrógeno, oxígeno, agua, entre otros.
- De origen fósil: tipo los petróleos y sus derivados, gas natural, entre otros.

### **1.3.7.4. Clasificación**

Dependiendo del origen de la materia sus características se definen como lo muestra la figura 2.

Figura 2. **Clasificación de plástico según origen de materia**



Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.





## **2. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL**

### **2.1. Descripción del proceso**

La empresa se dedica a la manipulación y procesamiento de plásticos de alta y baja densidad como, por ejemplo: botellas tipo PET, botellas de champú y productos de limpieza, envases de comestibles como yogurt, leche, tapaderas de rosca y algunos plásticos de aparatos eléctricos y electrónicos. El tipo de producción de la empresa es por lotes, ya que procesan según el tipo de plástico, color u origen por lo que al finalizar se genera un stock que en dependencia de la demanda es enviada al extranjero en donde es utilizada para elaborar productos reciclados.

En síntesis, el proceso se desarrolla en tres etapas; el proceso de trituración, el proceso de lavado y el proceso final de pesado y embalaje.

#### **2.1.1. Proceso de trituración**

En este proceso se tiene material clasificado por su origen y color por parte de los recolectores los cuales son los proveedores de la materia prima los cuales organizan los plásticos en costales de 25 libras. El operario y el asistente de trituración colocan el material previo al ingreso de la banda transportadora amontonando los costales y vertiendo según la necesidad planificada.

Eventualmente el encargado del proceso verifica el estado de la maquinaria, banda transportadora y cuchillas; selecciona la velocidad de rotación de las cuchillas al tanteo y pide al operario y al asistente que coloquen el material en la

banda transportadora. Éstos verifican según su experiencia que la cantidad de material sea el adecuado para que las cuchillas no se traben y puedan provocar algún incidente.

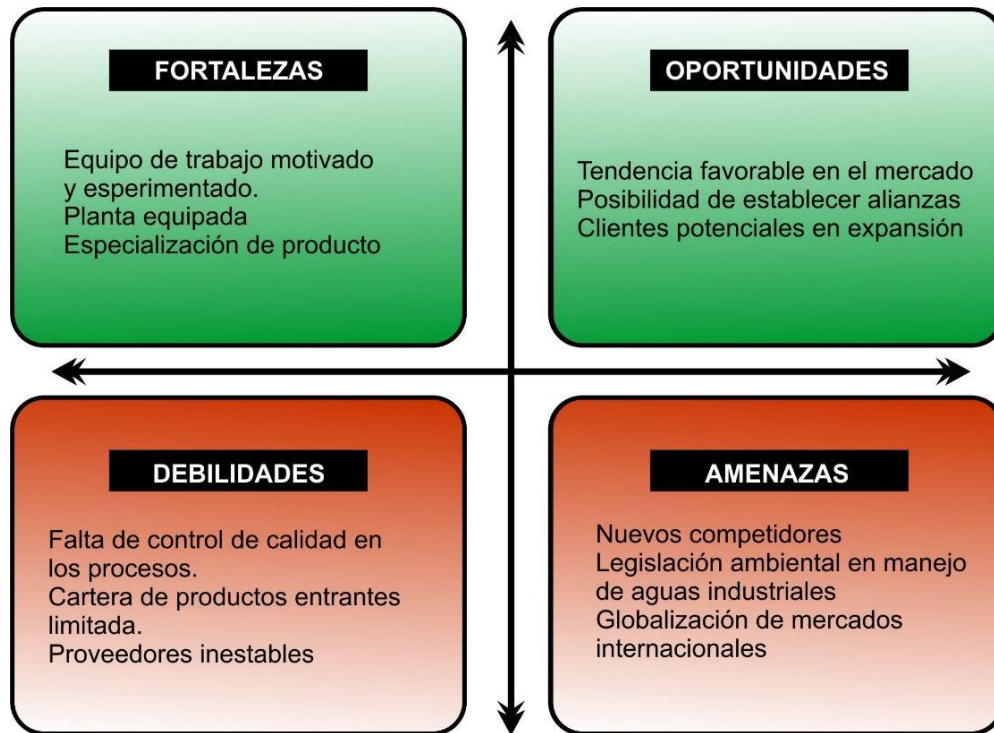
La cantidad de material no está estandarizada según la velocidad de la banda transportadora la cual se establece por medio de un variador de frecuencia entre un metro cada 5 segundos a un metro cada 2 segundos a un ángulo de 20 grados según se requiera. Las aspas trituran el material generando escamas con dimensiones teóricas de entre 0,8 centímetros a 1,3 centímetros.

Luego se pasa por un tamizado en el cual las partículas que no fueron trituradas se acumulan de nuevo en un contenedor de mayor volumen llamado cuchumbo, el cual puede llegar a contener hasta 550 kilogramos, pero se busca que contengan como máximo 100 kilogramos para poderlos mover fácilmente. El material que pasa el tamiz es la materia terminada del proceso de trituración, el cual se deposita en un contenedor rectangular con dimensiones de 3 por 2 metros y una altura de 1,5 metros; de esta manera se va dando por concluido su paso por esta estación.

El problema principal en esta estación es que la máquina no tiene una limpieza adecuada al finalizar la corrida de producción, cambio de tipo de plástico o al final de la jornada; tampoco se ajusta la velocidad de las cuchillas según el material.

También se tiene el inconveniente que los proveedores no cumplen con el pre-clasificado del material y esto ha causado que se mezclen diferentes tipos de plásticos por su origen o color lo cual repercute en reclamos y devoluciones por parte de los clientes.

Figura 3. **Análisis FODA**



Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

### 2.1.2. **Proceso de lavado**

En esta fase el producto entrante es transportado por medio de una faja, las escamas plásticas se dejan caer dentro de la piscina de lavado con dimensiones de 6 por 1,70 metros de largo y ancho respectivamente y 0,8 metros de altura.

La piscina en etapa contiene agua caliente a una temperatura de entre 35 a 55 grados Celsius por medio de un calentador a gas propano. Esta temperatura desprende las partículas en el plástico como tierra y grasas, luego se vierte en el agua detergente desengrasante concentrado a una proporción de 3 a 5 galones por corrida de producción.

La piscina de lavado cuenta con un motor de 2 caballos de fuerza que hace girar dos ejes a modo de rastrillo que cumplen la función de mezclar y revolver las escamas plásticas dentro del contenedor girando en sentido opuesto una a la otra. En esta fase la materia tiene un tiempo aproximado de proceso de 15 minutos y un reposo de 5 minutos.

Al finalizar se verifica que el material se encuentre limpio de grasas, tierra y partículas no deseables por medio de una inspección visual y al tacto sacando muestras con una cubeta de la piscina.

Cuando esta parte concluye, el material es removido por dos ejes que giran al mismo sentido haciendo que éste se vaya depositando dentro de un transportador de tipo escalera el cual lleva el material a la siguiente fase.

El problema en esta estación es que los operarios no esperan el tiempo de trabajo del calentador por lo que el agua va con temperatura baja enfriándose antes de que el proceso concluya. Así mismo la cantidad de químico desengrasante y sosa caustica, al hacerse al tanteo, no cumple su función pues la proporción no es calculada debidamente.

### **2.1.3. Proceso de secado y embalaje**

En esta última fase el producto limpio pasa por dos fases:

En la primera fase el producto se deja caer por gravedad en el contenedor primario de la secadora centrífuga la cual tiene un contenedor con capacidad de 200 kilogramos. Esta secadora gira a una velocidad de 60 revoluciones por minuto; siendo relativamente lenta porque el material se encuentra compacto y mojado.

En este paso se busca que la mayor cantidad de agua caiga por gravedad dentro de las canaletas internas y sea drenada a la reposadera. El tiempo de operación de esta máquina es de 10 minutos.

Al final de la primera secadora se encuentra un motor el cual hace girar unas aspas que constantemente generan un flujo de aire el cuál elevan las escamas plásticas a la segunda secadora por medio de un tubo de tipo U; la segunda secadora centrífuga tiene la misma capacidad que la anterior pero su velocidad de giro se incrementa a 120 revoluciones por minuto trabajando una caga cada 8 minutos.

En la segunda fase el producto es acumulado en un contenedor semicónico, en donde por gravedad cae en un tubo de 3 pulgadas de diámetro por donde pasa un flujo de aire creado por un motor de 1,5 caballos de fuerza. El cual lanza las escamas de plástico al contenedor final de tipo ciclón que se encuentra a una altura de 2,5 metros de altura con capacidad de 800 kilogramos. En la boquilla de salida del contenedor se ubican los cuchumbos sobre dos tarimas de madera tipo pallet. El operador calcula el volumen de material a depositar y al finalizar cierra la boquilla de salida.

Para finalizar se utiliza una maquinaria tipo *Yale* para mover el contenedor a la pesa electrónica y desde allí agregar o quitar manualmente material para completar los 520 kilogramos que debe contener cualquier cuchumbo sin importar el tipo de plástico procesado. Para no sobrepasar este peso el encargado va echando a mano con una cubeta el material restante de otro contenedor que se encuentra en el suelo.

En este proceso se tiene uno de los mayores problemas ya que por continuar llenando el siguiente contenedor el operario sobrepasa o no completa

el peso específico. También se observó durante los reconocimientos técnicos de campo que por llenar rápidamente vierte otro tipo de material plástico que no corresponde provocando insatisfacción en el cliente pues el material no va estandarizado.

## **2.2. Análisis del proceso**

El proceso a analizar se basa en las áreas de trituración, lavado, secado y embalaje; en esta sección se recaban datos en planta para realizar el proceso de reingeniería, para esto se realizará un análisis de proceso, que no es más que describir los pasos que están asociados al método de trabajo identificando los pasos que agregan valor al producto para identificar los puntos a mejorar.

El objetivo general del análisis es crear un control de calidad en los procesos mencionados y con esto eliminar o reducir al máximo los desperdicios de recursos en la línea permitiendo también, verificar el cumplimiento de las especificaciones de peso/volumen de los contenedores de producto terminado y examinar el flujo de recursos en cualquier área en donde se realice una actividad.

Los ejes primarios de análisis serán como se describe debajo:

- Control de calidad de procesos
- Tiempo del proceso
- Desperdicios
- Mano de obra involucrada

Los propósitos primarios del análisis son los siguientes:

- Aumentar la eficiencia

- Incrementar la calidad de los procesos
- Realizar el trabajo de forma sencilla y eficaz
- Aumentar la seguridad en los procedimientos

Para esto se analizará en si el proceso productivo globalmente, limitando el estudio desde el área de descarga de materia por parte de los proveedores hasta la finalización del proceso al almacenar el producto terminado en las bodegas.

Luego se realizará un análisis por departamento involucrando al personal, sus puestos, obligaciones y atribuciones dentro del proceso, y como realizan cada una de las operaciones con base en los estándares, manuales o indicaciones actuales de los procedimientos en las áreas de trituración, lavado, secado y embalaje. Así mismo se tomarán los tiempos de procesamiento desglosando las operaciones.

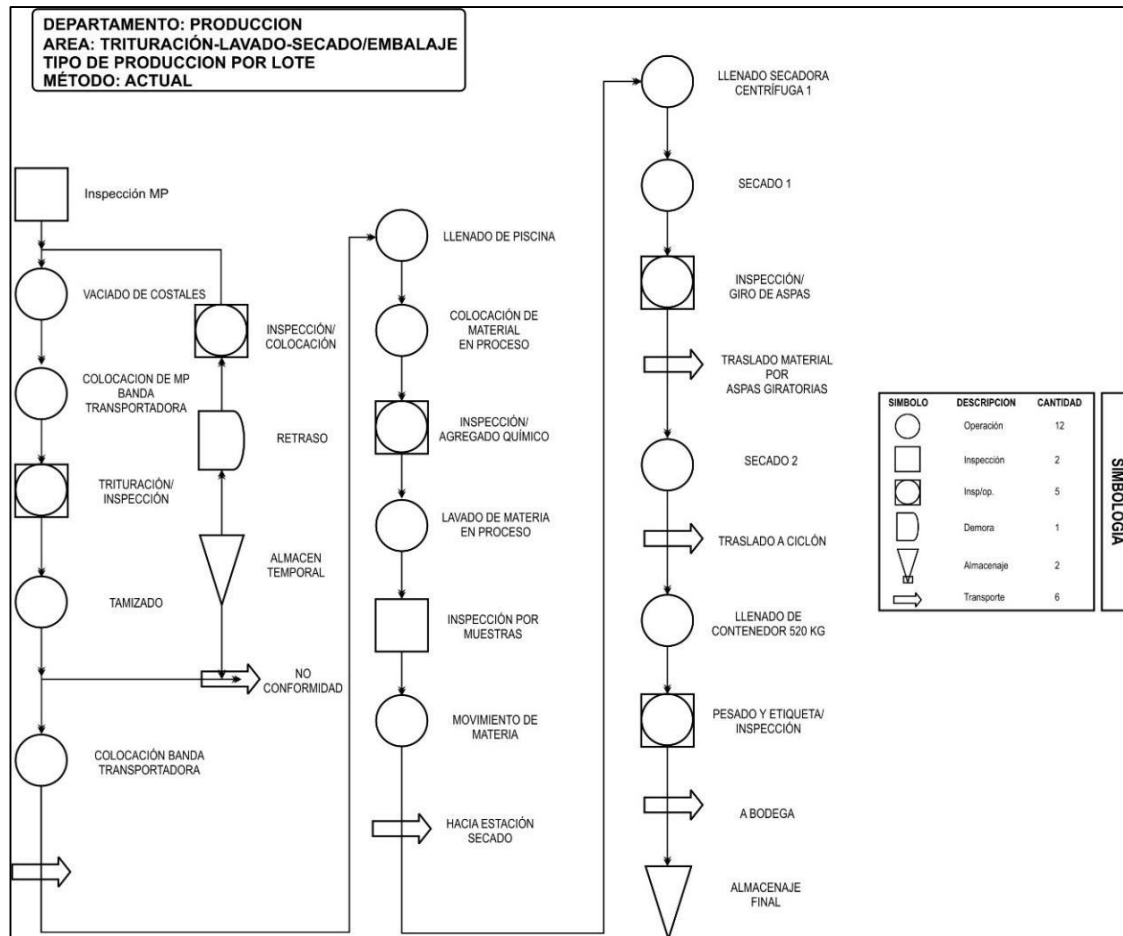
Los datos obtenidos por observación y tabulación serán modelados en diferentes diagramas que serán la base para realizar la propuesta de control de la calidad en los procedimientos, al finalizar se calcularán indicadores reales sobre el uso de la maquinaria y equipo, las eficiencias de la línea e índices de productividad de la mano de obra.

Para finalizar se realizará la propuesta del control de la calidad en los procesos de lavado, trituración y embalaje de los plásticos de alta y baja densidad.

### **2.2.1. Diagrama de procesos de operaciones**

En esta fase se analiza el proceso de trituración, lavado, secado y embalaje de plástico en los distintos departamentos involucrados.

Figura 4. Diagrama de procesos de operaciones Departamento de producción



Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

### 2.2.2. Diagrama de flujo de materiales

A continuación, se realiza un diagrama de los procesos actuales mostrando el flujo de materia en los departamentos con la descripción de la actividad y sus tiempos promedio.



Figura 5. Diagrama de flujo de materiales

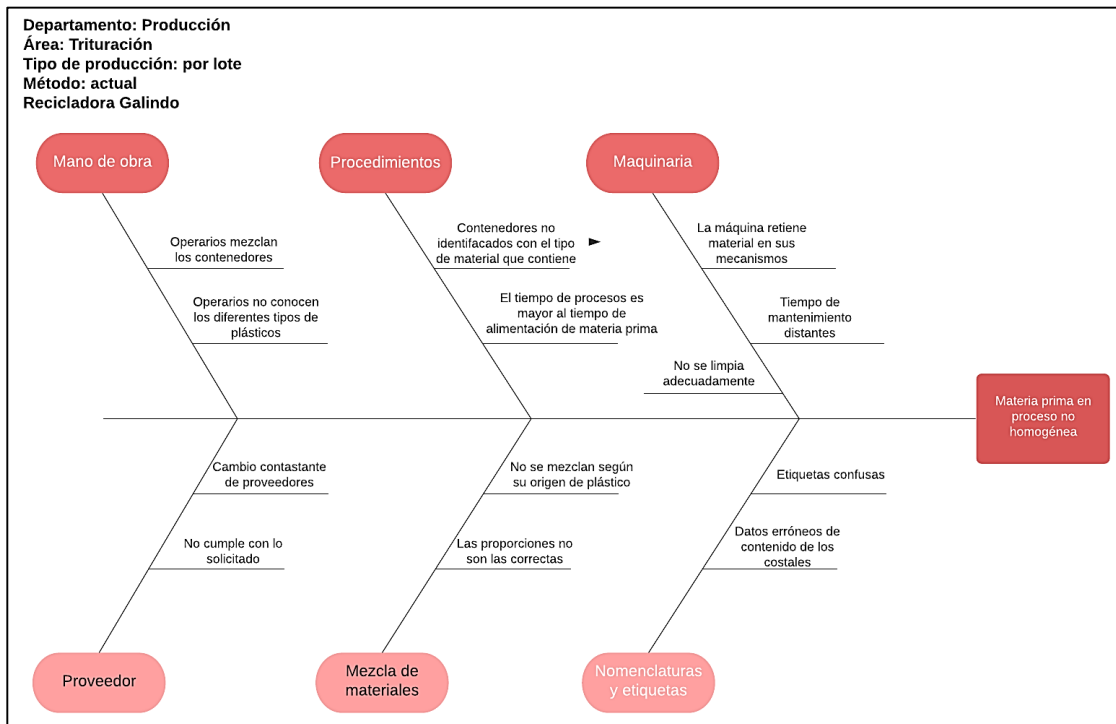
Nombre del proceso: Trituración, lavado, secado y embalaje de plástico						Fecha: 19/6/2015			
Departamento: Producción									
Inicio de proceso: Departamento de trituración									
Fin de proceso: Bodega de producto terminado									
Descripción del método actual	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Distancia (metros)	Cantidad	Tiempo (minutos)	
inspección de Materia prima	○	□	→	D	▽			5	
Vaciado de costales en área de carga	○	□	→	D	▽			15	
Colocar MP en banda transportadora	○	□	→	D	▽			10	
Trituración	○	□	→	D	▽			22	
Inspección de trituración	○	□	→	D	▽			3	
Tamizado de material	○	□	→	D	▽			5	
Colocación de material en banda transp.	○	□	→	D	▽			2	
Transporte hacia área a lavado	○	□	→	D	▽	8		2	
Llenado de piscina de lavado	○	□	→	D	▽			30	
Colocar material en piscina	○	□	→	D	▽			10	
Inspección cantidad de material	○	□	→	D	▽			1	
Agregado y distribución de químico	○	□	→	D	▽			2	
Proceso de lavado de material	○	□	→	D	▽			15	
inspección de material	○	□	→	D	▽			5	
movimiento de material a banda	○	□	→	D	▽			10	
traslado hacia área a secado	○	□	→	D	▽	6		1	
Llenado de secadora centrífuga 1	○	□	→	D	▽			10	
Proceso de secado	○	□	→	D	▽			10	
Inspección	○	□	→	D	▽			2	
Giro inverso de tambor	○	□	→	D	▽			2	
Traslado hacia centrífuga 2	○	□	→	D	▽	2		10	
Proceso de secado 2	○	□	→	D	▽			8	
Traslado a ciclón	○	□	→	D	▽	2		5	
Llenado de contenedor	○	□	→	D	▽			12	
Pesado de contenedor 520kg.	○	□	→	D	▽			8	
inspección	○	□	→	D	▽			3	
Colocación de etiqueta	○	□	→	D	▽			1	
Traslado a bodega Prod. Terminado	○	□	→	D	▽	40		5	
Almacenaje Prod. Terminado	○	□	→	D	▽			8	
						Distancia de recorrido	58	Tiempo total de proceso	222

Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

### 2.2.3. Diagrama de Ishikawa

El diagrama de *Ishikawa* es “un método gráfico que se usa para efectuar un diagnóstico de las posibles causas que causan ciertos efectos, los cuales puede ser controlables”.<sup>7</sup> En cada departamento se realizó un análisis causa-efecto para determinar los puntos clave que intervienen en el proceso, una herramienta clave para la delimitación de las problemáticas y punto de partida para la creación de una mejora sustentable.

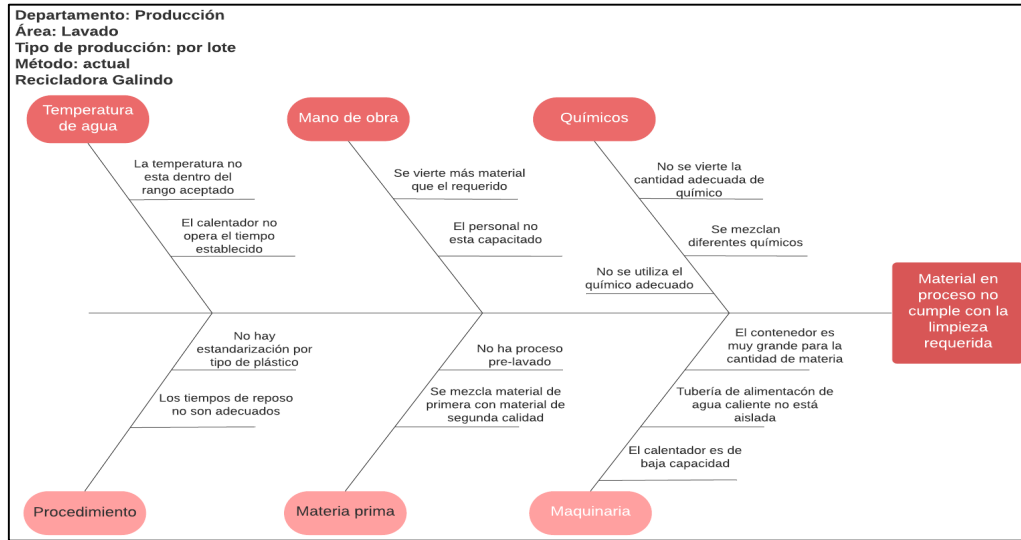
Figura 6. Diagrama causa-efecto – Departamento de trituración



Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

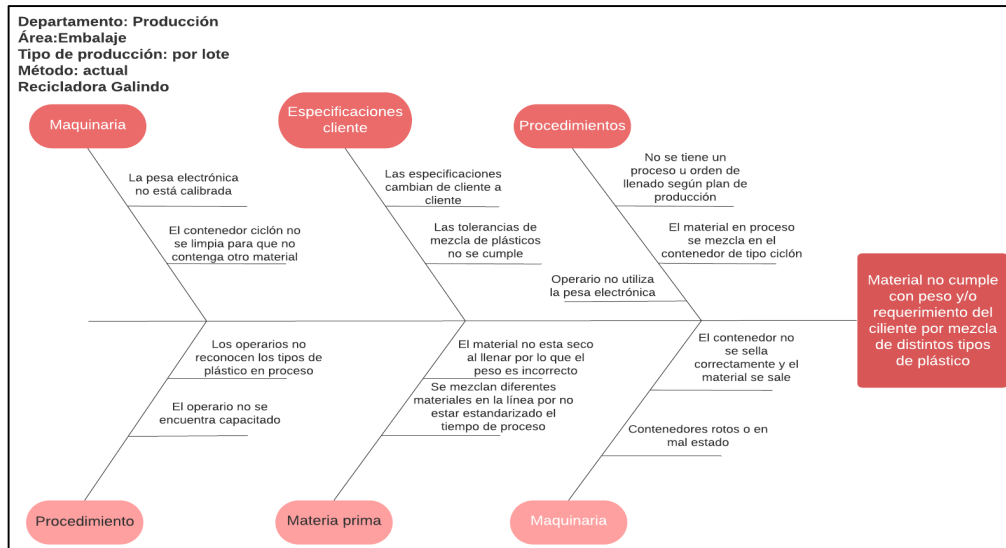
<sup>7</sup> UNIT. *Herramientas para la mejora de la calidad*. p. 22.

Figura 7. Diagrama causa-efecto – Departamento de lavado



Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

Figura 8. Diagrama causa-efecto – Departamento de embalaje



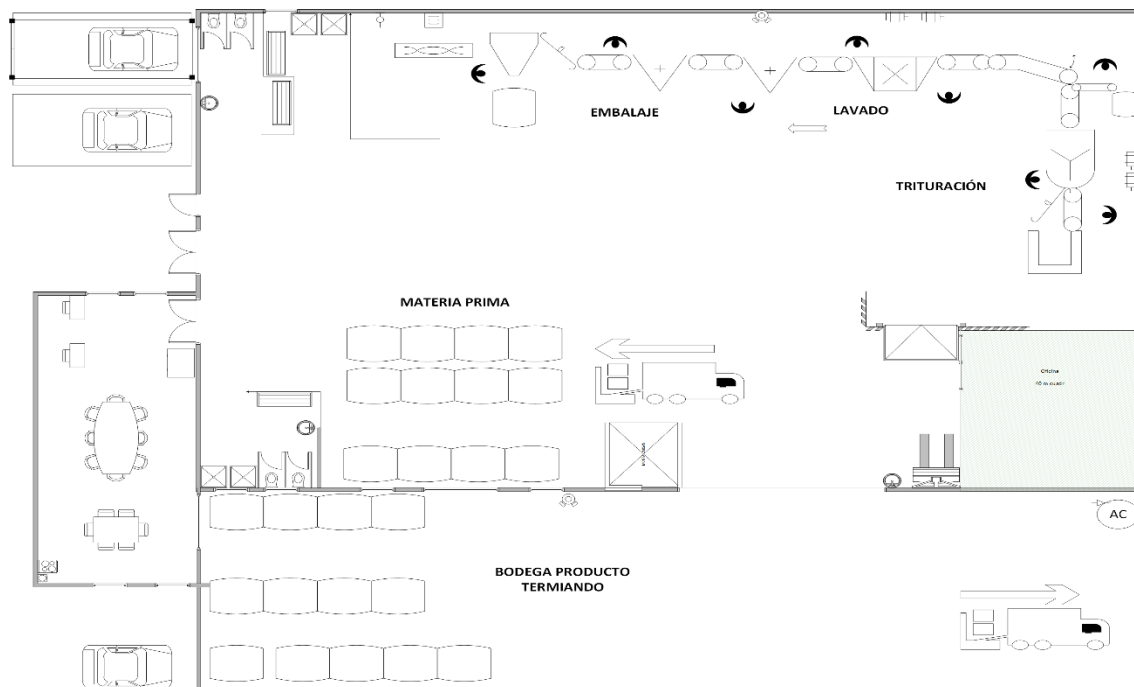
Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

### 2.3. Departamentalización

Recicladora Galindo cuenta con un área de 1 960 metros cuadrados en donde se distribuyen las diferentes áreas y departamentos. Su distribución está diseñada de forma funcional, ya que las actividades y tareas están relacionadas según su similitud y orden en el proceso productivo y logístico.

La planta cuenta con dos accesos, el primero sobre la avenida principal Atanasio Tzul y el segundo acceso sobre la 17 avenida de la colonia Morse siendo esta una gran ventaja para la pronta recepción y distribución de producto. A continuación, se muestra un esquema de la distribución de la planta.

Figura 9. Distribución de planta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

### **2.3.1. Departamento de producción**

El departamento de producción cuenta con un área de aproximada de 820 metros cuadrados en los cuales se distribuye la maquinaria y equipo para la transformación de materia plástica.

#### **2.3.1.1. Descripción**

Se encuentra distribuida la maquinaria de forma secuencial entre estaciones lo que permite un flujo de operaciones constantes.

Cuenta con once personas distribuidas en las diferentes áreas dentro de la sección de producción.

#### **2.3.1.2. Objetivo general**

Procesar el material plástico de denominación de alta y baja densidad en los departamentos de trituración, lavado y embalaje generando material de alta calidad.

#### **2.3.1.3. Objetivos específicos**

- Triturar el material plástico cumpliendo las especificaciones.
- Remover toda clase de partículas indeseadas del material.
- Embalar el material con el peso correcto.
- Almacenar eficientemente el producto terminado.

#### **2.3.1.4. Puestos**

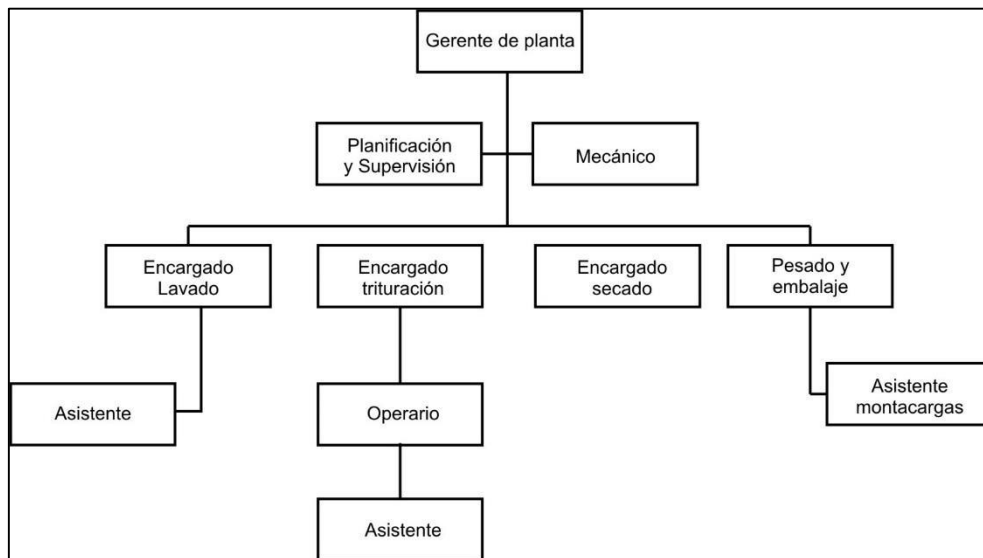
El área de producción tiene 11 puestos los cuales son descritos a continuación:

- Gerente de planta
- Planificación y supervisión
- Mecánico
- Encargado de lavado
  - Asistente
- Encargado de trituración
  - Operario
  - Asistente
- Encargado de secado
- Pesaje y embalaje
- Operador de montacargas

#### **2.3.1.5. Organigrama**

Para conocer la estructura de la empresa con sus diferentes relaciones y funciones de muestra su modelo de organización.

Figura 10. **Organigrama planta de producción**



Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

### 2.3.1.6. **Funciones**

Gerente general: manejar los recursos físicos, mecánicos y de materia prima de manera eficiente para producir el producto final, así como administrando al personal como herramienta principal del proceso productivo guiando e incentivándolo para lograr los objetivos.

Planificador/supervisor: controlar y generar el pronóstico de la producción de la planta en forma trimestral, mensual y semanal buscando la manera de mejorar los procedimientos y controlar el manejo de la materia prima. Supervisar que se cumplan los planes de producción según las ordenes de trabajo, así como recabar la información para su posterior análisis.

- Mecánico: velar por el funcionamiento adecuado de la maquinaria y equipo distribuido dentro de la planta. Planificar mantenimientos preventivos y correctivos. Dar solución a cualquier situación con el equipo de manera rápida y eficaz a fin de no generar retrasos en los procesos del departamento.
- Encargado de trituración: cumplir con las cantidades planificadas de material en tránsito en la estación de trabajo. Operar la maquinaria de manera eficiente llevando un cronograma de actividades según el material a procesar. Asignar tareas a las personas a su cargo.
- Encargado de lavado: procesar la materia en proceso de manera eficiente haciendo uso de los recursos hídricos, químicos y mecánicos de la mejor manera para que el material no contenga partículas indeseadas.
- Encargado de secado: manejar la maquinaria centrífuga de manera correcta operando según las especificaciones del fabricante. Procurando que el material se encuentre libre de humedad para el siguiente proceso.
- Encargado de pesa y embalaje: almacenar el producto dentro de los contenedores teniendo el cuidado de cumplir con las especificaciones de material y peso. Identificar cada uno de los contenedores con el formato previsto para evitar confusiones. Manejar la maquinaria de forma adecuada.
- Asistente montacargas: manipular la maquinaria de manera correcta para movilizar el producto del terminado como la materia prima a los lugares destinados.



- Operario: alimentar la maquinaria de material según las instrucciones del encargado siguiendo el plan de producción. Verificar que el funcionamiento del equipo sea el correcto. Asistir al encargado en los quehaceres asignadas.

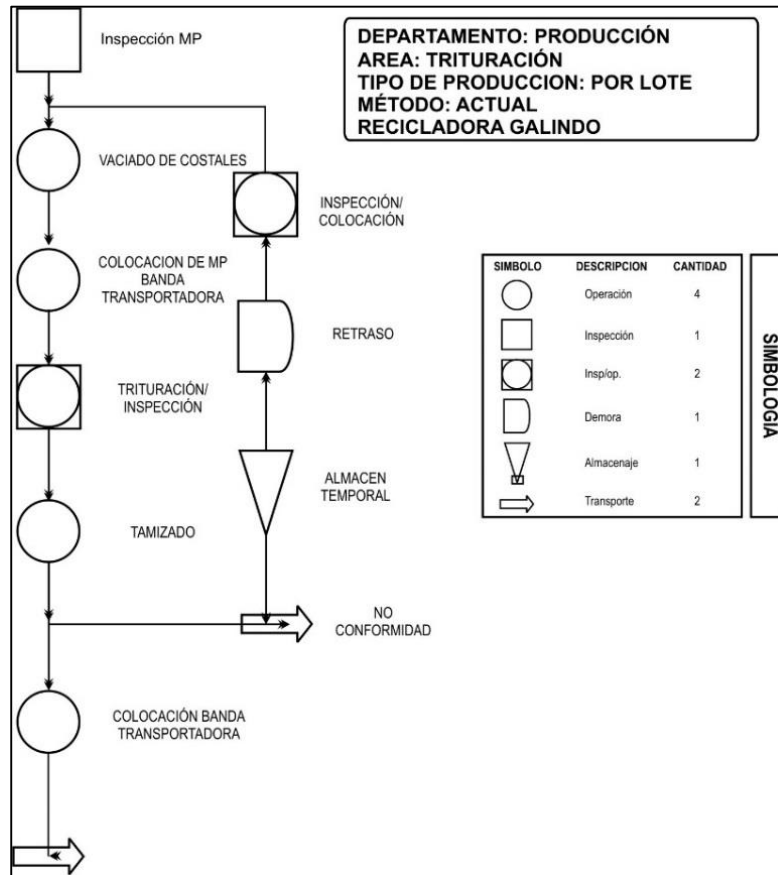
### **2.3.1.7. Área de trituración**

En esta área se cuenta con tres personas dispuestas de manera secuencial manipulando la maquinaria según el tipo de plástico en proceso. En esta fase la materia prima pasa a convertirse en escamas plásticas de tamaño entre 0,8 a 1,3 centímetros.

#### **2.3.1.7.1. Diagrama de operaciones**

Para un mejor entendimiento se representa el diagrama del proceso en el área de trituración para la concepción del trabajo en cada una de las áreas de la recicladora.

Figura 11. Diagrama de operaciones – Área de trituración



Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

### 2.3.1.7.2. Recursos

Para poder desarrollar sus actividades en el área de trituración la compañía cuenta con los siguientes recursos:

### 2.3.1.7.3. Humano

Se cuenta con un encargado de trituración el cual cumple la función de programar la maquinaria, así como velar que el flujo de materia sea el correcto. Se tiene también el apoyo de un operario y un asistente los cuales se encargan de alimentar la maquinaria de materia prima según el tipo y origen de material.

### 2.3.1.7.4. Maquinaria y equipo

Se posee una máquina trituradora y una serie de bandas transportadoras. La máquina principal realiza el triturado por medio de un eje de 18 cuchillas segmentadas capaz de triturar hasta 600 kilogramos/hora de plástico.

Cuenta con un tamizado modificado con rangos de 400 a 800 milímetros. Su fuerza de trabajo es impulsada por un motor trifásico de 22 kilovatios hora. La maquinaria es de fabricación China.

Tabla II. Descripción de maquinaria

Modelo	Potencia del motor eléctrico (kW)	Cuchillas (piezas)	Diámetro del tamiz malla (mm)	Capacidad (kg/H)	Entrada de alimentación Dimensión (mm)
F-800K	22	18	500-800	2,2	6*4

Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

### **2.3.1.8. Área de lavado**

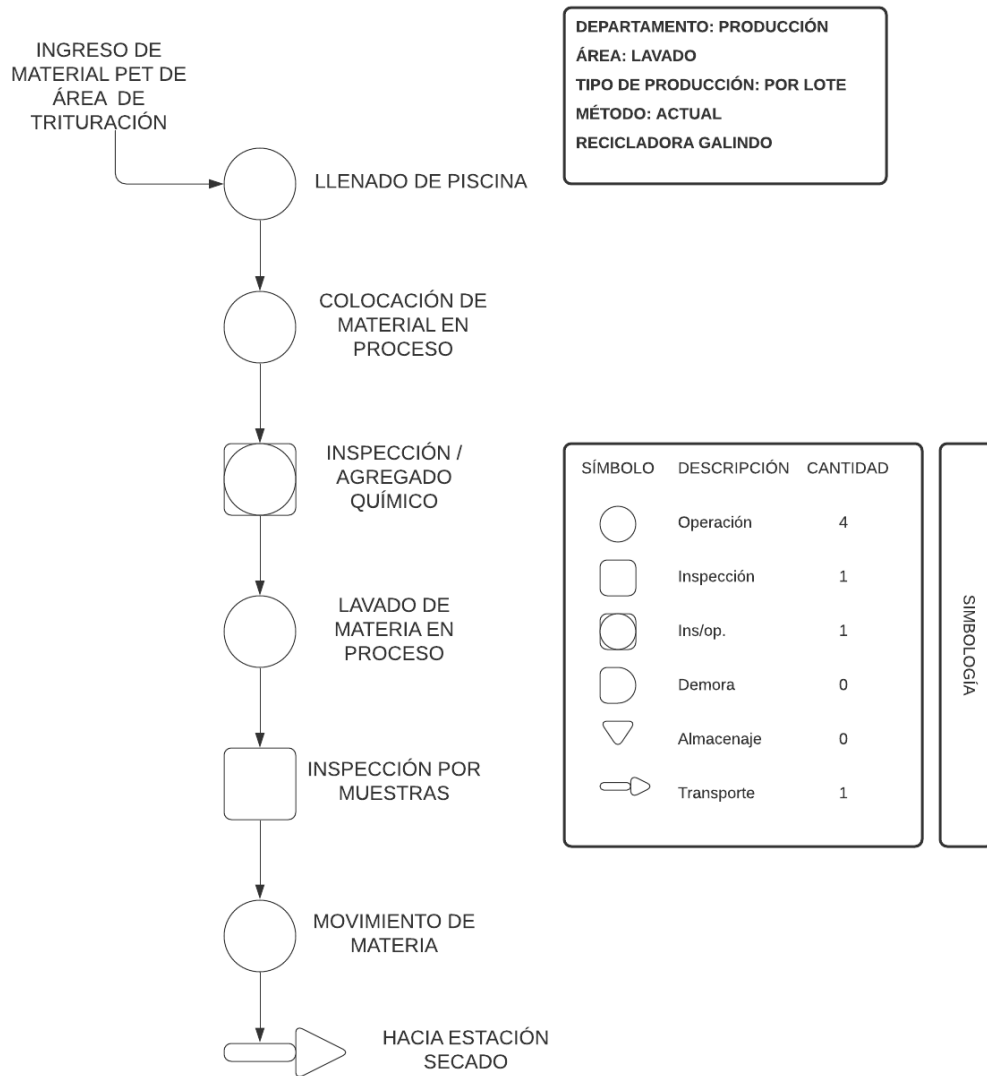
En esta sección el material previamente triturado pasa a la piscina de lavado en donde se quita el material adherido como tierra y grasa. Para realizar el proceso se requiere de 850 galones de agua caliente a una temperatura ideal de 35 grados Celsius, lo cual se logra por medio de un calentador a gas propano.

Así mismo se agregan varios químicos contenidos en los detergentes que se utilizan dependiendo del tipo u origen de los recipientes plásticos. Generalmente se utiliza sosa cáustica o desengrasantes.

#### **2.3.1.8.1. Diagrama de procesos**

A continuación, se representa el diagrama del proceso en el área de lavado.

Figura 12. Diagrama de operaciones – Área de lavado



Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

### 2.3.1.8.2. Flujo de materia

Para conocer cuál es el procedimiento del lavado de la materia desde el departamento de trituración hasta el lavado y banda transportadora.

Figura 13. **Flujograma de materia en proceso**

**DIAGRAMA DE FLUJO DE MATERIALES**

Nombre del proceso: LAVADO DE MATERIA EN PROCESO

Fecha: 19/6/2015

Departamento: Producción

Inicio de proceso: Departamento de trituración

Fin de proceso: Lavado / banda transportadora

Descripción del método actual	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Distancia (metros)	Cantidad	Tiempo (minutos)	
Transporte hacia área lavado	○	□	⇒	D	▽	8		2	
Llenado de piscina de lavado	○	□	⇒	D	▽			30	
Colocar material en piscina	○	□	⇒	D	▽			10	
Inspección cantidad de material	○	□	⇒	D	▽			1	
Agregado y distribución de químico	○	□	⇒	D	▽			2	
Proceso de lavado de material	○	□	⇒	D	▽			15	
inspección de material	○	□	⇒	D	▽			5	
movimiento de material a banda	○	□	⇒	D	▽			10	
traslado hacia área secado	○	□	⇒	D	▽	6		1	
						Distancia de recorrido	14	Tiempo total de proceso	76

Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

**2.3.1.8.3. Recursos**

Los recursos disponibles por la empresa para poder desarrollar sus actividades en el área de lavado se describen seguidamente.

#### 2.3.1.8.4. Humano

Se cuenta con dos personas en la sección, el encargado de lavado que opera la maquinaria, provee de materia en forma proporcional según la velocidad de flujo, tipo de material y estado de suciedad de la misma. El asistente cumple funciones varias.

#### 2.3.1.8.5. Maquinaria y equipo

Para el lavado de las escamas plásticas se utiliza una máquina de rotación de doble eje por sistema de flote, de origen chino marca *Zhejiang* que opera con un suministro de poder de 380 Voltios con una banda transportadora de tipo escalera.

Figura 14. Maquinaria



Fuente: elaboración propia. Área de lavado, Recicladora Galindo.

Figura 15. **Maquinaria en concatenación**



Fuente: elaboración propia. Área de lavado, Recicladora Galindo.

Figura 16. **Maquinaria aspas lavado**



Fuente: elaboración propia. Área de lavado, Recicladora Galindo.



#### **2.3.1.8.6. Hídricos**

La planta se abastece por medio del suministro municipal contando con una capacidad de 30 metros cúbicos la cual opera con una bomba presurizada trifásica de 2 caballos de fuerza.

El sistema de alcantarillado es expuesto y en él se drenan los líquidos hacia una caja de registro la cual desemboca en el sistema de aguas servidas municipales.

En la actualidad no se cuenta con un sistema de tratamientos de aguas residuales, pues los niveles de químicos utilizados están dentro de los parámetros que se realizaron en el estudio de impacto ambiental al momento de la constitución de la empresa. En un futuro se espera poder implementar algún sistema de tratamiento de agua servida.

**Figura 17. Drenaje de agua**



Fuente: elaboración propia. Área de lavado, Recicladora Galindo.

### 2.3.1.8.7. Químicos

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales tiene una legislatura clara y exigente para el uso de químicos y soluciones en el agua para disposición final. Dentro de esta, especifica los niveles de dilución que se debe de tener al momento de insertar flujos al fluente de aguas residuales públicas. Se especifican puntos importantes que están directamente relacionados con el rubro de la empresa, entre estos:

- Temperatura del fluido
- Potencial de hidrógeno
- Grasas y aceites
- Material flotante
- Sólidos suspendidos totales
- Demanda bioquímica de oxígeno
- Nitrógeno total
- Color
- Metales pesados

Se exige un análisis físico químico del agua como inspección, así como las características microbiológicas realizado por un experto del MARN.<sup>8</sup>

El principal químico utilizado es la soda cáustica pues esta se diluye entre los ciclos generando algún tipo de lodo a menor escala. También se utilizan detergentes comunes.

---

<sup>8</sup> MARN. *Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y la disposición de lodos.* Acuerdo Gubernativo No. 236-2006. p. 1.

### 2.3.1.9. Área de secado y embalaje

Todos los procesos llegan hasta culminar el área de secado y embalaje para la obtención del producto final en la recicladora.

Figura 18. **Maquinaria área de secado y embalaje**



Fuente: elaboración propia. Área de lavado, Recicladora Galindo.

Figura 19. **Maquinaria área de secado y embalaje (frontal)**



Fuente: elaboración propia. Área de lavado, Recicladora Galindo.

### **2.3.1.9.1. Proceso de embalaje**

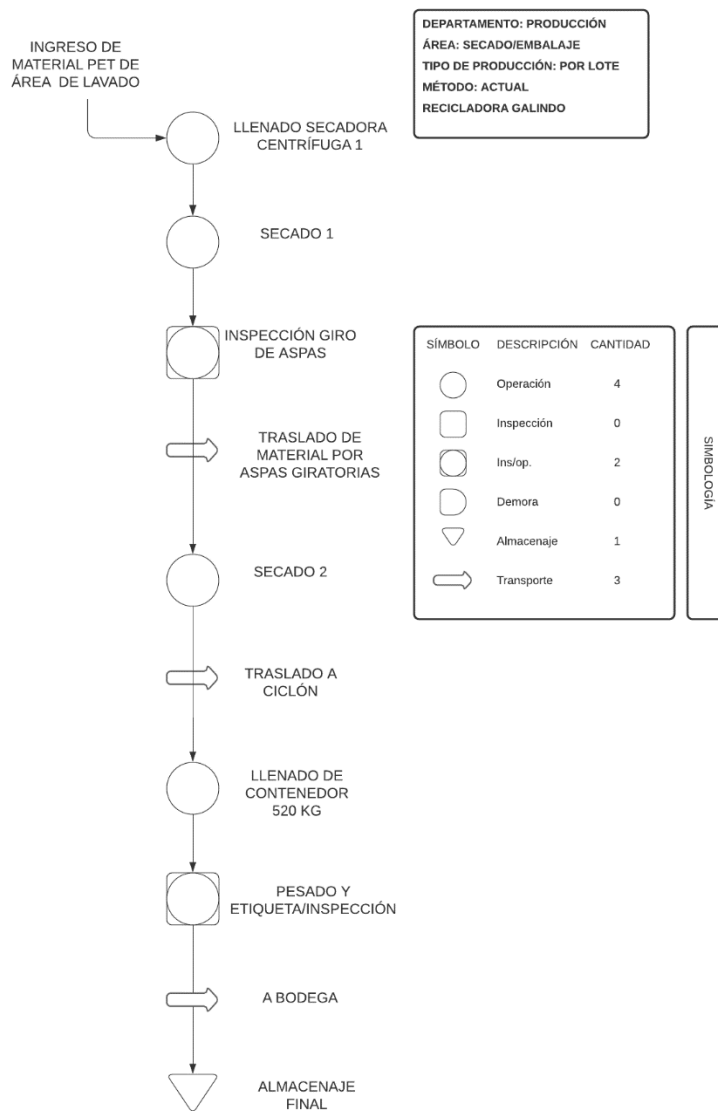
Los pasos que comprende el proceso de embalaje se describen como sigue:

- Acumular escamas plásticas limpias y secas en el silo
- Colocar dos pallets de madera bajo la boquilla de salida
- Colocar un contenedor plástico
- Agregar material por gravedad
- Pesar el contenedor
- Ajustar el peso agregando material según requiera
- Amarrar el contenedor
- Colocar etiqueta de identificación
- Trasladar a bodega de producto terminado

### 2.3.1.9.2. Diagrama de procesos

Arribando a la última etapa dentro de la empresa recicladora los procesos involucrados se denotan en el diagrama mostrado debajo.

Figura 20. Diagrama de procesos



Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

### 2.3.1.9.3. Flujo de materia

A manera de conocer el recorrido que la materia desarrolla durante esta etapa se elaboró el diagrama mostrado a continuación.

Figura 21. **Flujograma – Área de lavado y secado**

#### DIAGRAMA DE FLUJO DE MATERIALES

Nombre del proceso: EMBALAJE

Fecha: 19/6/2015

Departamento: Producción

Inicio de proceso: Departamento de lavado

Fin de proceso: Bodega de producto terminado

Descripción del método actual	Operación	Inspección	Transporte	Demora	Almacenaje	Distancia (metros)	Cantidad	Tiempo (minutos)	
Traslado a ciclón tipo Silo	○	□	→	D	▽	2		5	
Llenado de contenedor tipo	○	□	→	D	▽			12	
Pesado de contenedor 520kg.	○	□	→	D	▽			8	
inspección	○	□	→	D	▽			3	
Colocación de etiqueta	○	□	→	D	▽			1	
Traslado a bodega Prod. Terminado	○	□	→	D	▽	40		5	
Almacenaje Prod. Terminado	○	□	→	D	▽			8	
						Distancia de recorrido	42	Tiempo total de proceso	42

Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

#### 2.3.1.9.4. Recursos

Para realizar las tareas y proceso en el área de embalaje se tienen los siguientes recursos a su disposición:

- Una pesa industrial electrónica con capacidad de 1 tonelada.
- Un montacargas Yale con capacidad de 4 000 libras de combustión a gas propano modelo 1 990.
- 80 tarimas de madera tipo palé.
- 250 contenedores de saco con capacidad de 600 kilogramos.
- Bodega de almacenamiento de 250 metros cuadrados.

Figura 22. Recursos en el área de embalaje



Fuente: elaboración propia. Área de lavado, Recicladora Galindo.

Figura 23. **Área de embalaje**



Fuente: elaboración propia. Área de lavado, Recicladora Galindo.

#### **2.3.1.9.5. Humano**

Se cuenta con tres personas, una es la encargada de manejar las máquinas centrífugas las cuales son alimentadas por la materia proveniente del área de lavado por lo que esta persona no determina la cantidad de materia en proceso en el área.

Las otras dos personas se encargan del pesado y embalaje de la materia terminada, el primero opera el contenedor de tipo ciclón llenando con contenedores denominados cuchumbos por medio de un sistema de vaciado por gravedad. El segundo se encarga de acomodar y transportar el contenedor en un soporte de tipo Pallet de madera hacia la bodega de producto terminado.



## 2.4. Estadísticas de la situación actual de la empresa

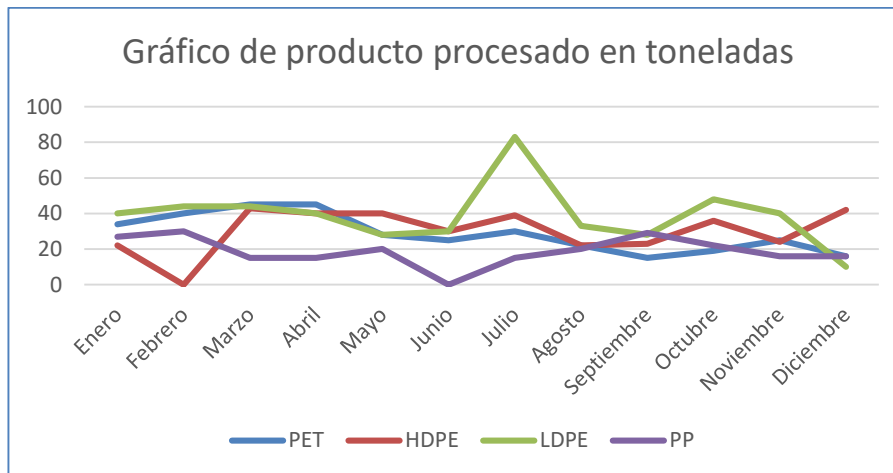
Por seguridad la empresa no ha proporcionado a detalle toda la información durante la recolección de datos, pero se cuenta con las estadísticas de material procesado durante el año 2019.

Tabla III. **Cantidad de materia prima procesada en toneladas**

	<b>PET</b>	<b>HDPE</b>	<b>LDPE</b>	<b>PP</b>	<b>TOTAL</b>
Enero	34	22	40	27	123
Febrero	40	0	44	30	114
Marzo	45	43	44	15	147
Abril	45	40	40	15	140
Mayo	28	40	28	20	116
Junio	25	30	30	0	85
Julio	30	39	83	15	167
Agosto	22	22	33	20	97
Septiembre	15	23	28	29	95
Octubre	19	36	48	22	125
Noviembre	25	24	40	16	105
Diciembre	16	42	10	16	84
Total	344	361	468	225	1 398

Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

Figura 24. **Cantidades en toneladas de producto procesado**



Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

## 2.5. Indicadores de eficiencia

Pese a contar con datos históricos, la empresa no realiza un análisis que pueda ser de utilidad para la mejora de los procesos y procedimientos productivos. Entre los controles que se necesitan implementar están los análisis de desempeño, control de la calidad, e indicadores.

Esto permitirá a la organización tener un mejor control en los procesos administrativos y operativos, entre los beneficios que se tendrán al diseñar un control de calidad podemos mencionar:

- Re-definición de objetivos y prioridades
- Planificar la producción con mayor acierto
- Asignar recursos de manera eficiente
- Estandarizar los procesos

- Analizar los resultados
- Incrementar la competitividad
- Atacar los puntos débiles
- Retroalimentación

### 2.5.1. Eficacia global del equipo

Mide la estabilidad del equipo en tiempo operado versus tiempo disponible teórico en el cual la máquina podría estar operando.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo disponible de máquina}}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{6,5 \text{ hrs}}{8 \text{ hrs}} = 0,8125$$

El tiempo operativo toma en cuenta una hora de almuerzo y media hora de descanso.

### 2.5.2. Índice de eficiencia

Este relaciona el tiempo de fabricación o proceso del producto, la cantidad de unidades entrantes y el tiempo operativo.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Tciclo} \times \text{unidades entrantes}}{\text{Tiempo operativo}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{3,7 \text{ hrs} \times 90 \%}{8 \text{ hrs}} = 0,41625$$

El tiempo del ciclo es de 3,7 horas por cada lote. Es necesario realizar una limpieza de la maquinaria al terminar el ciclo, se toma un 90 % de la operación de manera correcta. Es importante notar que no existen perdidas de productos, únicamente de tiempo.

### **2.5.3. Índice de rendimiento de volumen**

Se calcula según los planes de producción proporcionados, solo se tiene en cuenta la cantidad de material a procesar en un tiempo.

$$Rto. vol = \frac{Piezas reales}{Piezas programadas}$$

$$Rto. vol = \frac{4 ton \times 90 \%}{4 ton} = 0,90$$

### **2.5.4. Tiempo total muelle a muelle (DTD)**

Es el tiempo acontecido desde la descarga de la materia prima hasta la salida de la bodega de producto terminado para su envío.

$$DTD = \text{Inventario MP} + \text{Inventario MO en curso} + \text{Tiempo de producción} \\ + \text{Inventario de producto terminado}$$

$$DTD = 60 + 8 + 3,7 + 24 = 97,5 \text{ hrs}$$

Este resultado indica que un lote pasa en promedio 97,5 horas dentro de la fábrica, tomando en cuenta tiempos promedio en los procesos.

### 2.5.5. Índice de productividad de mano de obra

Este parámetro calcula la capacidad de producción por unidad de trabajo según la mano de obra implicada en el proceso.

$$Productividad = \frac{Piezas\ fabricadas}{Tiempo\ empleado\ en\ fábrica\ X\ número\ de\ operarios}$$

$$Productividad = \frac{8}{8 \times 2,3} = 0,43$$



### **3. PROPUESTA DE CONTROL DE LA CALIDAD EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN**

La propuesta para la planta recicladora consta de tres ejes principales y sus ramificaciones basándose estos en calidad de producto terminado con base a la buena gestión de los recursos y cumplimiento de los estándares del cliente orientado a la mejora continua y satisfacción del cliente. Cada uno de estos se desarrollan detalladamente en este capítulo.

#### **3.1. Diseño del sistema de calidad**

Actualmente la empresa no cuenta con un sistema de calidad propio, es decir que en ningún punto del proceso se verifican estándares de calidad con base en normativas de reciclaje, especificaciones de maquinaria y equipo o técnicos de ingeniería, ni tampoco los lineamientos básicos para gestión de calidad.

La adopción de un sistema de gestión de la calidad es una decisión estratégica para una organización que le puede ayudar a mejorar su desempeño global y proporcionar una base sólida para las iniciativas de desarrollo sostenible. La comprensión y gestión de los procesos interrelacionados como un sistema contribuye a la eficacia y eficiencia de la organización en el logro de sus resultados previstos. Este enfoque permite a la organización controlar las interrelaciones e interdependencias entre los procesos del sistema, de modo que se pueda mejorar el desempeño global de la organización.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Organización internacional de normalización. *ISO 9001: Sistemas de gestión de la calidad*. p. 2.

### **3.1.1. Objetivos**

- Desarrollar y evaluar un sistema de gestión de calidad interno orientado a la eficiencia del mismo cumpliendo con los requisitos legales y medioambientales aplicables a la empresa.
- Establecer canales de comunicación multinivel para que la política sea conocida y entendida por las personas de la organización y terceros involucrados.
- Facilitar formación y capacitación de todo el personal para que realicen las actividades asignadas apegándose a la metodología.
- Mejorar la rentabilidad por medio de la calidad de los procesos.

### **3.1.2. Métodos de medición**

La calidad es un término, hasta cierto punto subjetivo ya que depende de muchas variables de índole cualitativa, por ejemplo, la edad de quien mide la calidad, el estatus socio-económico, el género, el contexto, el sistema económico y la cultura, entre otros.

Es por esto que se definió como método de medición de calidad las gráficas de control y diagrama de Pareto, la cual se define como:

- Los gráficos de control se utilizan para conocer qué parte de variabilidad de un proceso es debida a variaciones aleatorias y qué parte a la existencia de sucesos o acciones individuales.<sup>10</sup> Nos permitirá conocer si un proceso es estable o no. Los límites calculados estadísticamente nos indican el rango de variación de los promedios de datos individuales tomados del proceso, cuando esta variación es consecuencia sólo de la aleatoriedad del proceso. Por lo tanto, un proceso será estable cuando repita por sí mismo los resultados durante un período largo de tiempo. En este caso, los resultados seguirán una distribución estadística normal. Cuando los valores que aparecen en el gráfico de control se sitúan dentro de los límites de control y,

---

<sup>10</sup> CABEZÓN GUTIERREZ, Saúl. *Control de calidad en la producción industrial*. p. 56.



sin ninguna disposición particular, las diferencias entre los distintos valores se deben a motivos de aleatoriedad. Las causas que dan lugar a éste tipo de disposición se denominan causas comunes. Sólo serán significativos los puntos fuera de los límites de control a la hora de buscar motivaciones y causas para estos resultados concretos. Éstas serán las causas especiales, cuyo origen no descansa en el propio sistema sino en razones ajenas al mismo.

- El Diagrama de Pareto es un histograma especial, en el cual las frecuencias de ciertos eventos aparecen ordenadas de mayor a menor. Es una representación gráfica de los datos obtenidos sobre un problema generalmente los resultados que se suelen obtener indican que el 80 % de los problemas están ocasionados por un 20 % de causas que los provocan.<sup>11</sup>

### **3.1.3. Desempeño del proceso**

Para poder establecer el correcto desempeño y control de calidad de los procesos se tomaron en cuenta lo siguientes aspectos:

- Contemplar el costo, la calidad, el diseño, la flexibilidad y el servicio al cliente.
- Adaptación a las diferentes circunstancias.
- Modificación de parámetros cuando aparecen nuevas exigencias en el mercado.
- Ser exigente en los parámetros o metas.
- Poner énfasis en los aspectos que a la empresa le hacen diferenciar en el mercado.

### **3.1.4. Control de calidad de materia en el proceso**

Para mantener los estándares de control de calidad en el proceso se definen los siguientes rangos para cada uno de los procesos.

---

<sup>11</sup> UNIT. *Herramientas para la mejora de la calidad*. p. 28.

Procesos de trituración: al finalizar la fase de material triturado debe tener una forma de escama con las dimensiones que se describen en la Tabla III.

Tabla IV. **Tabla de dimensiones de escama**

<b>Producto</b>	<b>Ancho medio (cm)</b>	<b>Alto medio (cm)</b>	<b>Peso en seco (grs)</b>	<b>Peso total por batch (kg)</b>
Escama plástica amorfa	2,5±0,1	2,5±0,1	0,1±0,1	300

Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

Figura 25. **Escama de los diferentes productos plásticos**



Fuente: Área de trituración, Recicladora Galindo.

Proceso de lavado: en la segunda fase del proceso la materia triturada se debe lavar con el fin de quitar impurezas como la tierra, sedimentos y grasas.

El material previamente triturado pasará un tiempo estipulado en el cual los químicos disueltos en el agua actuarán en conjunto con las aspas giratorias en el agua a temperatura ambiente. Para esto se utiliza un depósito tipo piscina con las siguientes dimensiones de operación descritas en la Tabla V.

Tabla V. **Dimensiones de depósitos de lavado**

<b>Largo (en metros)</b>	<b>Ancho (en metros)</b>	<b>Alto (en metros)</b>	<b>Volumen de agua de operación (en m3)</b>	<b>Volumen de material en operación (en m3)</b>	<b>Volumen total (en m3)</b>
5	0,90	0,75	3,375		

Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

Rotación de doble eje por sistema de flote, de origen chino marca *Zhejiang* que opera con un suministro de poder de 380 Voltios con una banda transportadora de tipo escalera

#### **3.1.4.1. Catálogo de defectos del proceso**

A continuación, se catalogan cada uno de los defectos de la materia prima.

Existen diversos factores contaminantes que intervienen en el proceso de materiales reciclados y por consecuencia en la calidad de los productos.

Por esto, para poder competir con la resina virgen los procesos de clasificación, así como los procesos técnicos se hace indispensable un alto grado de pureza libre de problemas de contaminación, estas impurezas van desde partículas orgánicas, inorgánicas, grasas, tipos mezclados de materiales, entre otros.

- Contaminación por otros materiales plásticos

Los envases plásticos, según su origen de proceso, tienen componentes de diversos materiales, como polipropileno (PP), polietileno de alta densidad (PEAD), PVC y PET, principalmente, lo cual acarrea una dificultad para su clasificación, con especial atención durante las fases de trituración y lavado.

Entre los principales problemas se tiene la diferente estructura química de los materiales, así como comportamientos de flujo del plástico fundido, los cuales son muy distintos, que llevan a enfatizar con gran impacto la heterogeneidad e incompatibilidad entre los diferentes materiales.<sup>12</sup>

En la Figura 24 se muestra una probeta obtenida por moldeo por inyección, la cual se usa para determinar la dispersión de pigmentos, donde se puede apreciar la acción contaminante del material blanco o material verde y al mismo tiempo la desigualdad entre ellos.

---

<sup>12</sup> PT Plastic Technology Mexico. *Tipos de contaminación durante el reciclado de plásticos*. <https://www.pt-mexico.com/>. Consulta: 14 de mayo de 2019.

Figura 26. **Contaminación por diferentes plásticos**



Fuente: PT Plastic Technology Mexico. *Tipos de contaminación durante el reciclado de plásticos*. <https://www.pt-mexico.com/>. Consulta: 14 de mayo de 2019.

Para conocer los comportamientos de contaminación entre ciertos materiales debajo se describen ciertas características de las mezclas que se desarrollan con mayor frecuencia.

PET y PVC. Una de sus aplicaciones es la fabricación de envases para champú, con la característica común de que ambos son transparentes, por lo que con frecuencia se contaminan mutuamente. Presentan dificultad para ser separados por métodos convencionales de flotación, debido a la densidad muy similar entre ambos (1.30–1.35 grms/cm<sup>3</sup>).

Si el PET es contaminado con PVC, aun en bajas concentraciones, el PVC se degrada a la temperatura de procesado del PET (alrededor de 260-280°C), formando ácidos que rompen la estructura química y física del PET, y generan un cambio progresivo de color desde amarillo en una etapa inicial hasta color café en un grado intenso de degradación, con un comportamiento quebradizo del PET. Cantidades mínimas de 100 ppm de PVC originan en el PET decoloración durante la fase de secado y la generación de manchas negras durante la extrusión.

PET y PEAD. Por los elevados volúmenes de consumo de ambos en su aplicación para envases, aumenta la probabilidad de mezcla. Estos dos plásticos son incompatibles en estado fundido, permaneciendo como fases separadas una vez que han solidificado. Los dominios de PEAD contaminante son visualmente

defectuosos y pueden causar zonas mecánicamente frágiles y fallas en el PET; mientras que como el PET no funde a las temperaturas del PEAD, puede obstruir los canales y el orificio de inyección.

PP y PEAD. El polipropileno es frecuentemente utilizado en la fabricación de tapas y cierres para envases de PEAD, con aplicaciones en detergentes, blanqueadores y champú. El PP y PEAD son inseparables por métodos físicos, debido a su gravedad específica muy similar. Durante el fundido de ambos plásticos se presenta un problema de incompatibilidad, que se ve reflejado tanto en fragmentos sin fundir en perfiles de PEAD, como en envases obtenidos por extrusión soplado de PEAD, que presentan deformaciones.<sup>13</sup>

Como se muestra en la Figura 25 se puede observar un envase fabricado con resina de PEAD grado soplado para champú, la tapadera se moldea por inyección de PP. Aunque los dos materiales pertenecen a la misma familia tienen comportamientos y características diferentes.

Figura 27. **PEAD contaminado con PP**



Fuente: PT Plastic Technology Mexico. *Tipos de contaminación durante el reciclado de plásticos*. <https://www.pt-mexico.com/>. Consulta: 14 de mayo de 2019.

---

<sup>13</sup> PT Plastic Technology Mexico. *Tipos de contaminación durante el reciclado de plásticos*. <https://www.pt-mexico.com/>. Consulta: 14 de mayo de 2019.

Ahora bien, una vez los plásticos ingresan a los procesos definidos para trabajarlos están expuestos a otra serie de contaminantes, los más reseñables son descritos debajo.

- Contaminación durante el procesamiento

Contaminación por metales. Durante el procesamiento de los materiales plásticos, puede ocasionarse la contaminación por la presencia de fragmentos o rebabas de metal, originados por causas propias de la operación de equipos como extrusores, molinos o adaptadores de aluminio; mismos que pueden llegar a rayar el barril del extrusor o a bloquear las boquillas en las máquinas de inyección, además de producir productos extruidos o moldeados por inyección con defectos.

Contaminación por polímeros degradados. Frecuentemente, durante el procesamiento, tanto de resina virgen como en el reciclado de PEAD, pueden encontrarse manchas o rayas negras en la superficie, como una manifestación de un material parcialmente oxidado o degradado que ha sido carbonizado, al quedar atrapado en superficies rugosas o cavidades entre la pared del barril y la superficie del husillo, o en los dados-cabezales de equipos de extrusión-soplado, por un tiempo de residencia prolongado, con la consecuente generación de defectos en el producto terminado.

Asimismo, contaminantes presentes en los plásticos tales como, triturados o remolidos sucios, materiales extraños y de diferente color, así como aquellos materiales con una temperatura de fusión más baja, también son causas de manchas negras. Frecuentemente, tal contaminación puede también aparecer de color amarillo, café o ámbar, dependiendo de la extensión de la degradación.

Contaminación por geles. Los geles (comúnmente llamados ojos de pescado), con forma de elipse alargada, son una evidencia de la presencia de problemas de calidad tanto en película transparente como en piezas de un espesor menor de 0,005 pulgadas. Los geles son principalmente defectos visuales, que reflejan y transmiten luz de manera diferente del resto del material, provocados por diferentes causas: pequeñas trazas de materiales de alto peso molecular, materiales entrecruzados causados por sobrecalentamiento, partículas finas de material remolido, residuos de catalizadores y contaminantes orgánicos o inorgánicos, que reflejan y transmiten luz de manera diferente del resto del material.<sup>14</sup>

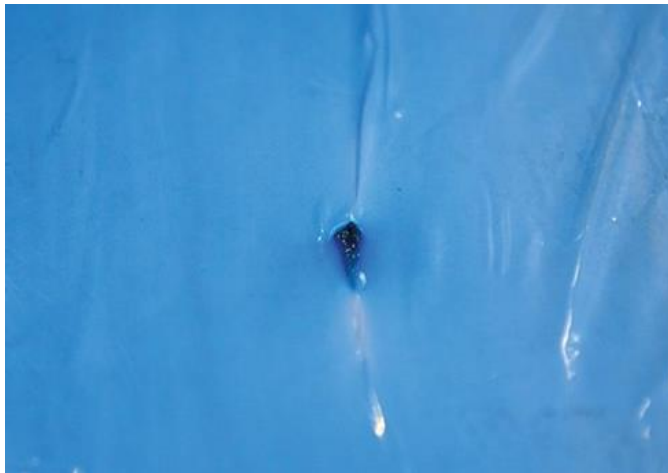
Para observar como luce un sistema de extrusión de película soplada con estas características se muestra la Figura 26, la cual durante la obtención de

---

<sup>14</sup> PT Plastic Technology Mexico. *Tipos de contaminación durante el reciclado de plásticos*. <https://www.pt-mexico.com/>. Consulta: 14 de mayo de 2019.

película de PEBD se logra apreciar la presencia de geles en algunas regiones de la película.

Figura 28. **Presencia de geles en película**



Fuente: PT Plastic Technology Mexico. *Tipos de contaminación durante el reciclado de plásticos*. <https://www.pt-mexico.com/>. Consulta: 14 de mayo de 2019.

En la fabricación de envases de PEAD (usados para contener lácteos) o en el procesado de película, durante la extrusión, al ser fundido el material en la etapa de reprocesamiento térmico, puede presentar un entrecruzamiento, que puede actuar como una concentración de esfuerzos en el procesado de película y presentar burbujas en botes a partir de PEAD reciclado.

Contaminación por humedad. El agua o la humedad son contaminantes que inducen al rompimiento hidrolítico de cadena, por lo que los materiales deberán estar rigurosamente secos antes de ser reprocesados. En el caso de una resina higroscópica, como es el caso del PET, el secado de las hojuelas reprocesadas se realiza a temperaturas de 160-180 °C para bajar el contenido de humedad a 50 ppm, lo cual es necesario para un procesado por moldeo inyección-soplado adecuado para preformas y envases de PET, con el fin de evitar una reducción del peso molecular.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> PT Plastic Technology Mexico. *Tipos de contaminación durante el reciclado de plásticos*. <https://www.pt-mexico.com/>. Consulta: 14 de mayo de 2019.



Debido a los diversos contaminantes los efectos causados sobre el producto final pueden englobarse dentro de los siguientes:

- Inconsecuencia en color
- Baja calidad
- Variabilidad en las características mecánicas
- Olores no deseados y formación de humos
- Plastificación y baja resistencia al impacto

En resumen, se considera que los dos principales factores más influyentes durante el procesamiento reciclado de plástico y sus tipos de contaminación se agrupan sobre la heterogeneidad y la incompatibilidad química.

#### **3.1.4.2. Puntos de control**

Para identificar los puntos críticos de control, es necesario revisar el diagrama de flujo establecido en el capítulo anterior además de la asistencia del diagrama de *Ishikawa*, podemos establecer por medio del diagnóstico de situación actual 3 controles en los principales puntos críticos los cuales se describen como:

- Verificación del producto clasificado. Se toma una muestra en el tiempo indicado para la verificación de que no exista contaminación cruzada con los diferentes materiales plásticos esto con el fin de garantizar la adecuada separación y selección de material a reciclar.
- En el proceso de trituración se tomará una muestra en el tiempo indicado para la verificación de que el tamaño de la trituración sea el adecuado según estándares de calidad tanto interna como de los clientes.

- En el proceso de lavado y secado se tomará una muestra en el tiempo indicado para la verificación de que las partes trituradas sean lavadas de una manera adecuada y no lleve contaminantes externos además de una última verificación para garantizar que no exista contaminación cruzada.

### **3.1.4.3. Variables de calidad**

Para el caso de los puntos de control a desarrollarse las variables son de tipo cuantitativas: estas variables se expresan por medio de un número, lo que permite utilizarlas para operaciones aritméticas.

### **3.1.4.4. Muestra**

Dado que los resultados deben ser confiables, se debe de disminuir los posibles errores utilizando un número de pruebas adecuadas para la evaluación. Para esto se utiliza una confiabilidad de 1,96, una probabilidad de éxito del 95 % siendo la probabilidad de fracaso del 5 %, y se estima un error de 6,4 %.

$$N = \frac{Z^2PQ}{E^2}$$

Donde:

Z tiene un valor de 1,96 para un nivel de confiabilidad del 95 %

P representa la probabilidad de éxito que es igual a 0,95

Q representa la probabilidad de fracaso que es igual a 0,05

E integra un error estimado que para este cálculo es 6,4 %

N representa el número de pruebas realizadas

#### **3.1.4.4.1. Muestra en proceso**

Al sustituir los datos en la ecuación se obtiene:

$$N = \frac{(1,96)^2 * 0,95 * 0,05}{(0,064)^2}$$

$$N = 44,55$$

Por aproximación, la cantidad de muestras obtenidas son 45. Además, de los datos obtenidos de las muestras se cuenta con los datos de las variables presentadas en cada una de las secciones de producción. Para obtener los datos numéricos es necesario contar con los datos descritos en la sección anterior. Cabe mencionar, según el volumen de tamaño de producción así será la cantidad de muestra que es recolectada de manera proporcional.

#### **3.1.4.4.2. Estudios de tiempo**

El estudio de tiempos es una técnica de la ingeniería de métodos en la cual se registran los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, la cual debe ser realizada en condiciones normales para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido que a cualquier persona capacitada le debe tomar realizarla.

#### **3.1.4.4.3. Formato de control del proceso**

Los formularios para reunir los datos deben de cumplir con una característica fundamental y esta es la practicidad, pues es muy común diseñar

un formato muy bien elaborado en cuanto a relevancia de los datos, pero que en la práctica dificulta el registro; uno de los errores más comunes es el tamaño de las celdas, pues en la práctica es un problema sumamente incómodo.

La tabulación y ordenamiento de la información es realizada en las áreas de producción anteriormente descritas y mediante tablas específicas. Dichas tablas también sirvieron como inicio para el desarrollo de los formatos de control. A continuación, se muestra el formato utilizado para el control de procesos en la Figura 27 y 28.

Figura 29. **Formato de control de proceso 1**

Departamento:				Estudio No.									
				Hoja No.				de					
Operación:				Término:									
				Comienzo:									
Estudio de Métodos No.				Instalación/Máquina:				Tiempo transcurrido:					
Herramientas y Calibradores:				Operario:									
				Ficha No.									
Método utilizado:				Piezas/Unidad:				Observado por:					
Producto/Pieza:				Número:				Fecha:					
Plano No.				Material:				Comprobado:					
Nota: Croquis del trabajo / Montaje / Pieza al dorso o en una hoja adjunta													
Descripción del elemento			V	C	TR	TB	Descripción del elemento			V	C	TR	TB
V= Valoración / C=Cronometraje / TR = Tiempo restado / TB = Tiempo básico													

Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.



Tabla VI. **Procedimiento de control**

<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Responsable</b>
Planear diariamente la toma de muestras	Establecer el plan de trabajo de toma de muestras de acuerdo al plan de producción que se ejecuta diariamente.	Técnico en control de calidad
Programar toma de muestras	Preparar los materiales y documentos necesarios para la toma de muestra y verificar cada 15 minutos los procesos.	Técnico en control de calidad
Ejecutar toma de muestras	Realizar la toma de muestra en el tiempo establecido, el muestreo debe hacerse bajo condiciones controladas en cuanto al lugar, uso de maquinaria, utensilios, en cantidad y condiciones en que se encuentra el producto a simple vista.	Técnico en control de calidad

Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

- **Puntos de control**

Los puntos de control que se tienen en el área de producción son las tres áreas críticas, las cuales se detectaron durante el diagnóstico descrito en el capítulo anterior.

Tabla VII. **Puntos de control**

<b>Control</b>	<b>Responsable</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Evidencia</b>
Verificación correcta separación de materiales plásticos en el área de clasificado.	Técnico en control de calidad	Cada 15 minutos	Documento llenado con cada visita realizada
Verificación de tamaño correcto en el área de trituración.	Técnico en control de calidad	Cada 15 minutos	Documento llenado con cada visita realizada
Verificación de lavado correcto en el área de lavado y empaque.	Técnico en control de calidad	Cada 15 minutos	Documento llenado con cada visita realizada

Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

#### **3.1.4.4.5. Análisis de la información**

A continuación, se describe la clasificación y metodología usada para el trabajo de los datos, así como el software utilizado.

- Estrategias y variables involucradas en la investigación se describen en este segmento del estudio.

La metodología utilizada en la realización de la investigación incluye la consideración de los métodos y modelos necesarios para analizar las variables del proceso. Algunas variables a mencionar son descritas a continuación:

- Variables independientes-controlables: habitualmente estas variables forman parte de las condiciones en las que el equipo trabaja y son ajustadas automáticamente. Consecuentemente, este tipo de variables se muestran como condiciones de trabajo



acomodables y como causas que generan determinados efectos que serán visualizados en el manual de procedimientos.

- Variables dependientes-controlables: se refiere a las variables que surgen como el efecto de una variable independiente, en este caso de una condición sobre la cual trabaja el equipo. Las herramientas a utilizar son el diagrama de *Ishikawa* y diagrama de Pareto.
- Variables dependientes-incontrolables: estas son las variables que más interesaron al estudio ya que constituyen una condición incontrolable, lo que significa una injerencia directa en la calidad final del producto. Para este tipo de variables se establecen los métodos de análisis estadísticos y las distintas correlaciones numéricas para crear un modelo que permita controlarlas y rectificar las variables que influyen directamente en los resultados finales del producto.
- Programas utilizados para el análisis de datos
  - Microsoft Office Excel. Este software tiene como base una hoja electrónica que tiene como objetivo la automatización de operaciones matemáticas, lógicas y estadísticas; y obtener esquemas y gráficos sobre la información recolectada.

#### **3.1.4.5. Guías del llenado de formatos**

Para poder desarrollar el llenado de los formatos se describe una guía con los aspectos más relevantes de cada una de ellas y su descripción consecuente paso a paso.



Figura 32. **Inspección de las materias primas en proceso**

Actividad	Descripción	Responsable
Planear diariamente la toma de muestras	Establecer el plan de trabajo de toma de muestras de acuerdo al plan de producción que se ejecuta diariamente.	Técnico en control de calidad
Programar toma de muestras	Preparar los materiales y documentos necesarios para la toma de muestra y verificar cada 15 minutos los procesos.	Técnico en control de calidad
Ejecutar toma de muestras	Realizar la toma de muestra en el tiempo establecido, el muestreo debe hacerse bajo condiciones controladas en cuanto al lugar, uso de maquinaria, utensilios, en cantidad y condiciones en que se encuentra el producto a simple vista.	Técnico en control de calidad

Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

### 3.1.5. Conformidad del proceso

Monitorear y controlar todos los elementos y los puntos críticos de control requeridos para asegurar la seguridad del proceso productivo, minimizando o eliminando los riesgos de error y contaminación.

#### 3.1.5.1. Acciones preventivas

Las acciones preventivas serán acciones tomadas para eliminar las causas de una inconformidad viable u otra situación potencialmente indeseable. Se diferencia de la acción correctiva en que para realizarla no es necesario que se haya presentado ninguna no conformidad.

Las principales fuentes de información, para detectar no conformidades potenciales y de esa manera lograr acciones preventivas se describen como:

- Las posibles acciones preventivas que surjan al implementar una acción correctiva.
- Resultado del análisis de los tres puntos críticos de control de los procesos a implementarse.
- Las actualizaciones tecnológicas.
- Quejas de los clientes.
- Resultado del análisis de datos de los procesos.
- Resultado de Auditorías Internas.

#### **3.1.5.2. Acciones correctivas**

Las acciones correctivas son acciones encaminadas a eliminar cualquier causa de una no conformidad, de manera que pueda mitigarse y prevenir que no vuelva a repetirse. Las principales fuentes de información para detectar no conformidades a través de las cuales se implementan acciones correctivas son:

- Su origen puede estar relacionado con aspectos como:
  - Auditorías internas o externas
  - Quejas de los clientes
  - Resultados de la Revisión por la Dirección
  - Productos No conformes
  - Incumplimiento de procedimientos
  - Observación de cualquier operador

### **3.1.6. Gestión de los recursos**

La gerencia debería asegurarse de que los recursos esenciales tanto para la implementación de las estrategias como para el logro de los objetivos de la organización estén disponibles para los implicados.

Esto debería incluir los recursos para la operación y mejora del sistema de la gestión de la calidad, así como para la satisfacción de los clientes y de otras partes interesadas. Los recursos principales recursos a enfocarse serán, humanos, infraestructura, maquinaria y equipo, económicos.

#### **3.1.6.1. Recursos humanos**

La gerencia debería mejorar tanto la eficacia como la eficiencia de la organización, incluyendo el sistema de gestión de calidad, mediante la participación y el apoyo de las personas. Como ayuda en el logro de sus objetivos de mejora del desempeño, la organización debería promover la participación y el desarrollo de su personal de la siguiente manera:

- Proporcionando capacitación continua.
- Definiendo sus responsabilidades y autoridades bajo esquemas estructurados de puestos y roles como los descritos en el Anexo 1.

#### **3.1.6.2. Infraestructura**

El proceso por el que se define la infraestructura necesaria para lograr la realización eficaz y eficiente del producto debería incluir lo siguiente:

- Proporcionar una infraestructura en términos tales como objetivos, función, desempeño, disponibilidad, costo, seguridad, protección y renovación.

- Evaluar la infraestructura frente a las necesidades y expectativas de todas las partes interesadas.
- Considerar aspectos ambientales asociados con la infraestructura tales como conservación, contaminación, desechos y reciclados.<sup>16</sup>

### **3.1.6.3. Maquinaria y equipo**

La dirección debería asegurarse de que la maquinaria y equipo tenga una influencia positiva, satisfacción y desempeño al momento de utilizarla con el fin de mejorar el desempeño de la organización.

La creación de un ambiente de trabajo adecuado, como combinación de factores humanos y físicos debería tomar en consideración lo siguiente:

- Desarrollar e implementar métodos de mantenimiento, para asegurarse de que la infraestructura continúe cumpliendo las necesidades de la organización.
- Reglas y orientaciones de seguridad, incluyendo el uso de equipo de protección.<sup>17</sup>

### **3.1.6.4. Económicos**

La mejor eficacia y eficiencia del método de gestión de la calidad será de gran influencia en los resultados financieros de la organización:

- Internamente, mediante la reducción de errores en los procedimientos y en el producto final, o el desperdicio de materiales, recursos y tiempo.
- Externamente, mediante la reducción de fallas del producto, costo de compensación por garantías, y costos por pérdida de clientes y mercados.

---

<sup>16</sup> Fundación ECA Global. *El auditor de calidad*. 2007. p. 127.

<sup>17</sup> FUSTER-FABRA, Fernando. *Retos laborales del nuevo milenio*. p. 135.

### **3.1.7. Estándares del cliente**

Son utilizadas para garantizar las expectativas de los clientes. Existe una importante participación, productos flexibles y rígidos locales para empaque de alimentos y para el reciclaje de desechos plásticos que se rigen bajo importantes estándares y certificaciones internacionales, así como otras características industriales de densidad y resistencia que permiten a los productos alimenticios ganar competitividad en el extranjero.

#### **3.1.7.1. Normas**

Estas normativas procuran asistir a la selección de metodologías y procesos para el manejo de plásticos por consumo, que pueden llevarse a cabo de acuerdo a varias estrategias. En general, los métodos de recolección de plásticos se pueden clasificar en dos tipos:

- Recuperación del material: recolección por método manual o mecánico para su posterior reciclado.
- Recuperación de energía: como combustible que al ser descompuesto térmicamente genera calor y/o vapor para generación de electricidad ya sea como combustible primario o bien en mezclas proporcionales con otros combustibles.

La norma ISO 15270:2008 fue creada para con recomendaciones en cuanto a estándares de materiales, estándares de ensayos y especificaciones de productos.

Además, existe en Europa un reglamento sobre materiales y objetos de plástico reciclado destinados a entrar en contacto con alimentos. El cual contiene varias disposiciones que regulan a los restos y desechos de la producción de materiales plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos. Dicho reglamento publicado

en el diario oficial de la Unión Europea es el más completo porque estandariza el proceso desde un punto de vista integral con parámetros de selección, proceso y comercio del material. Además, éste funciona como modelo a varios países latinoamericanos.<sup>18</sup>

### **3.1.7.2. Especificaciones**

Para cada inspección de producto es necesario tener una lista de especificaciones y de requerimientos de parte de los clientes a revisar para ver si los productos alcanzan los requerimientos deseados de los mismos. Esta información es determinante para el control de calidad interno de la organización.

Cada cliente tiene sus propias especificaciones según el producto que éstos deseen producir.

### **3.1.7.3. Análisis comparativo**

Para conocer un poco el marco normativo dentro del cual se desarrollan las actividades de la industria de reciclaje que repercuten en el proceso se muestra la siguiente tabla.

---

<sup>18</sup> COLOMO, Nelson. *Ingeniería del reciclado en envase de tereftalato de polietileno*. p 14.



Tabla VIII. **Resumen ensayos para plásticos**

Ensayos	Prueba	USP	BP	NTC	COVENIN	AFIDRO
Físicoquímicos	Determinación de metales pesados	X	X			
	Resistencia a la acción de sustancias químicas			X	X	
	Determinación de pH					
	Capacidad amortiguadora	X	X			
	Residuo no volátil	X				
	Residuo de incineración	X				

Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.



## **4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA**

### **4.1. Recursos para implementar la propuesta**

Para lograr la correcta implementación de la propuesta de control de calidad en el área de producción de plásticos es preciso contar con los siguientes recursos dentro de la organización.

#### **4.1.1. Humanos**

La primera fase es la de gestionar los recursos humanos. Ver qué roles y capacitaciones profesionales hacen falta en el proyecto y cuándo son necesarios.

Resultará necesario la contratación de una persona que se dedique a la recolección de datos, así como el desarrollo de los nuevos controles en los tres puntos críticos. Dicho descriptor se encuentra dentro del Anexo 1.

Además de ello, se propone el desarrollo de una capacitación para el personal actual. El fin de esta capacitación es que cualquier empleado conozca y sepa distinguir entre los diferentes tipos de plástico que interfieren en el rubro de la empresa.

#### **4.1.2. Materiales**

Para poder realizar una correcta capacitación se necesitarán los materiales que a continuación se incluye:

- Equipo/Técnicos
  - Televisión con DVD
  - Video
  - Computadora
  - Impresora
  - Tinta de impresora
  - Cámara fotográfica
  - Proyector
- Materiales/Insumos
  - Papel
  - Marcadores
  - Cuadernos
  - Lapiceros
  - Hojas en blanco
  - Resistol
  - Regla
  - Almohadilla
  - Cinta adhesiva

#### **4.1.3. Tecnológicos**

Para el correcto desarrollo de los cuadros será necesario contar licencia para Microsoft Excel 2013 en la empresa, de esta manera poder realizar diagramas adecuados para la divulgación, análisis y evaluación.

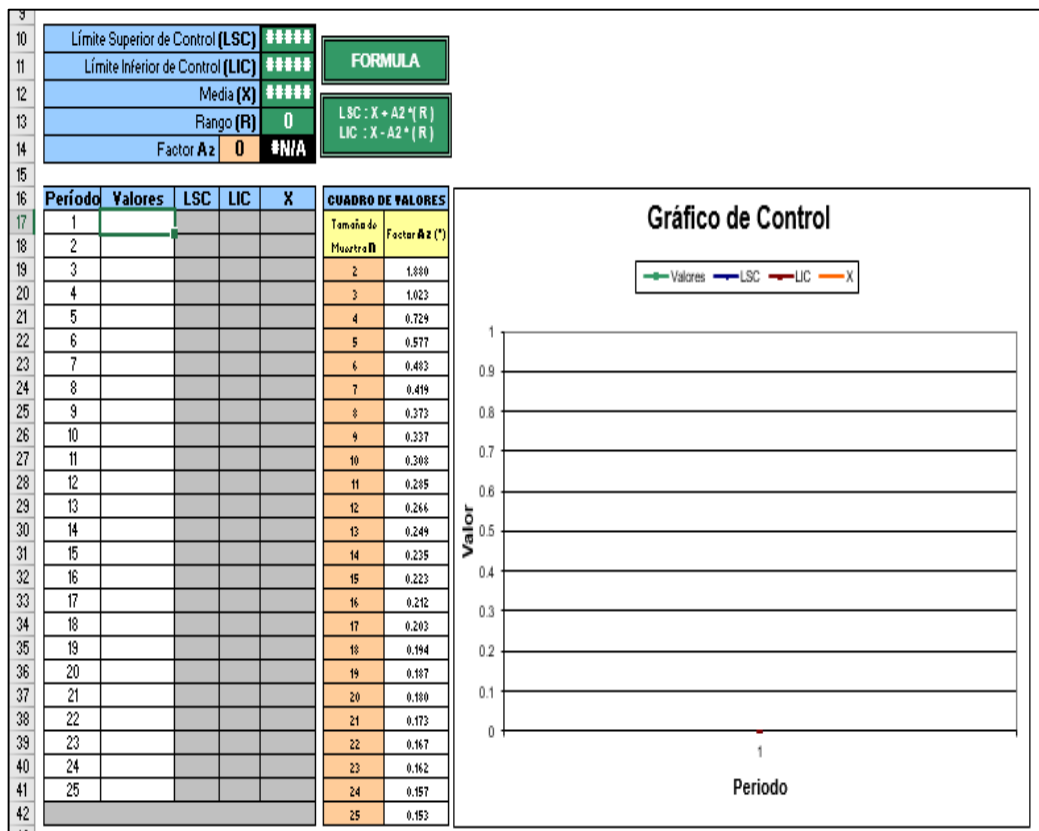
#### **4.1.4. Estadísticos**

Los gráficos de control son los diagramas referentes que mostrará los valores producto de la medición de una característica, en este caso las

condiciones de control de calidad, ubicados en una serie cronológica. En él establecemos una línea central o valor nominal, que suele ser el objetivo del proceso o el promedio, junto a uno o más límites de control, tanto superior (requerimientos máximos de repuesto) como inferior (requerimiento mínimo de repuesto), usados para determinar cuándo es necesario analizar una eventualidad.

La gráfica de control para el manejo dentro de la empresa es la que se presenta a continuación:

Figura 33. Gráfico de control de calidad



Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

La Figura 31 ejemplifica el formato que se deberá llenar por el personal de control de calidad en el cual se deben registrar los factores de interés en las distintas fases del producto.

#### **4.1.5. Económicos**

Para la implementación del proyecto se describen los recursos que implican un flujo económico para su realización.

- Recurso a utilizar: es importante tomar en cuenta el factor tanto humano y los recursos materiales, ya que ayudarán para llevar a la realidad el sistema de control propuesto.
  - Humano: es necesario contar con una persona que supervise el control de calidad. Se debe capacitar al personal que se encarga de realizar la selección de plástico y uso de máquinas, para que el sistema sea lo más eficiente posible. Se debe priorizar a los operarios, dado que son las personas que realizan las actividades operativas, un error al colocar el producto en el lugar que no le corresponde o trasladar al área de carga producto que no está en las solicitudes de pedido pone en riesgo la operación, debido que se cometería un error que demoraría los tiempos de entrega.
  - Material: se utilizarán hojas para la impresión de los cuadros de control, en donde el personal deberá dejar constancia de manera escrita y notificaciones. En la tabla siguiente se describen los rubros implicados en la elaboración presupuestaria sobre la inversión del proyecto.

Figura 34. **Inversión inicial**

<b>Concepto</b>	<b>Costo</b>	
Mobiliario y equipo		
1 computadora	Q	3 583,33
1 escritorio	Q	750,00
1 archivero	Q	520,83
Personal		
Capacitación del personal	Q	5 000,00
Insumos/Material		
Hojas de control	Q	4 000,00
<b>Total</b>	<b>Q</b>	<b>13 854,16</b>

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

#### **4.2. Planificación**

El desarrollo de las plantillas finales de Excel serán la última revisión de parte de Gerencia dichas plantillas son las presentadas con anterioridad. La revisión tendrá una duración de 5 días.

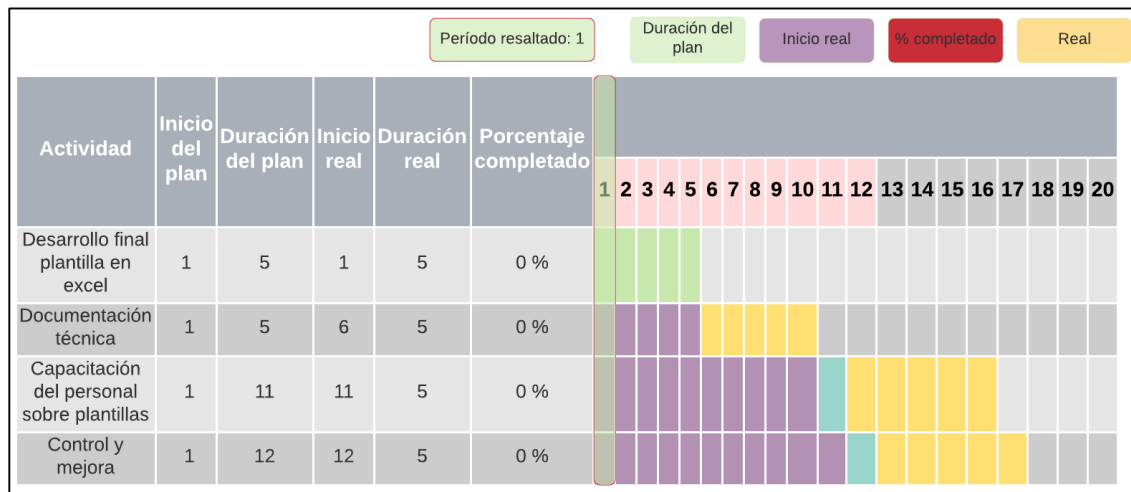
La documentación técnica dependerá de la autorización de Gerencia una vez aprobado las plantillas se procederá a realizar dicha documentación. Realizar la documentación técnica no deberá ser mayor a 5 días.

La capacitación del personal será un punto importante para conseguir el éxito del proyecto el tiempo de ejecución de la capacitación hacia el personal no deberá ser mayor a 11 días. Los temas a impartirse se encuentran detallados en el capítulo 6.

Control y mejora, una vez implementado el proyecto se deberá a llevar formatos para el control de presupuesto para óptima organización, intervención y

auditoría de la inversión. El seguimiento y control para la mejora continua debe realizarse de manera periódica dentro de la planificación operativa interna anual, en la cual se establecerán los momentos más oportunos para este propósito.

Figura 35. **Cronograma de actividad (fase final)**



Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

#### 4.2.1. **Manual de procedimientos**

El manual de procedimientos es la guía metodológica para solventar los procesos de las diferentes áreas de la empresa, tanto productivas como administrativas.

##### 4.2.1.1. **Clasificación de materia prima**

Técnicamente los plásticos son sustancias de origen orgánico formadas por largas cadenas macromoleculares que contienen en su estructura carbono e



hidrógeno principalmente. A continuación, se indican sus principales clasificaciones:

#### 4.2.1.1.1. Por tipo y nomenclatura

Como concepto general se puede considerar que todos los plásticos son reciclables, siendo el primer paso su separación por tipo de resina. Podemos citar siete clases distintas: PET, PEAD, PVC, PEBD, PP, PS, y una séptima categoría denominada otros. Es de suma importancia conocer el tipo de plástico que se reciclará. Por normativa todos los productos plásticos deben tener una leyenda en relieve que indique el tipo de plástico con el que fue elaborado. Esta leyenda generalmente se encuentra en la parte inferior del contenedor y ayuda de gran manera a quien lo recolecte para su clasificación y su posterior tratamiento.

Las leyendas para ellos se muestran en la Figura 34, según su clasificación bajo estándares internacionales.

Figura 36. Nomenclatura habitual para plásticos y polímeros



PET	HDPE	PVC	LDPE	PP	PS	OTROS
Tereftalato de Polietileno	Polietileno de Alta Densidad	Cloruro de Polivinilo	Polietileno de Baja Densidad	Polipropileno	Poliestierno	Todas las demas resinas de plásticos o mezclas

Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

#### 4.2.1.1.2. Por color

Un punto fundamental dentro del reciclaje, es distinguir correctamente los colores del reciclaje. De esta forma haremos una separación correcta de todo el plástico en sus diferentes colores garantizando una buena uniformidad del mismo.

Figura 37. Separación de color



Fuente: BPlast. *Materias primas post industrial*. [www.bplast.com.pe](http://www.bplast.com.pe). Consulta: 27 de septiembre de 2020.

#### 4.2.1.1.3. Por origen

De acuerdo al origen de los plásticos se pueden clasificar en los siguientes parámetros:

- Polímeros naturales: su origen es directamente del reino vegetal o animal. Algunos son: la celulosa, el caucho, almidón.

- Polímeros artificiales: resultan de algún proceso químico al someter algún polímero natural como la nitrocelulosa y la etonita.
- Polímeros sintéticos: por medio del proceso denominado polimerización se obtienen los sintéticos. Algunos de éstos son: el nylon, polietileno, poliuretano.

#### **4.2.1.1.4. Procedimiento de triturado**

Uno de los procedimientos de mayor interés es el de trituración, a continuación, se describe cada una de las fases implicadas.

- El material seleccionado pasa por un conducto que permite el ingreso de los objetos plásticos hacia las aspas de corte contando con tamices que evitan la proyección de piezas al exterior.
- Un rotor de cuchillas de seis, doce y quince centímetros repartidas en un eje que al girar realiza los cortes y la trituración de las piezas plásticas. Este eje es movido por un motor con un variador de frecuencia el cual permite modificar la velocidad según la necesidad.
- Luego se pasa el material por un tamiz que por su calibración únicamente permite el paso de las escamas del tamaño deseado. Por medio de aire las escamas se trasladan a la siguiente fase.

#### **4.2.1.1.5. Procedimiento de lavado**

Luego de haber sido triturado, el producto en proceso pasa a la siguiente fase cuyos pasos se describen a continuación.

- El plástico se introduce en unas lavadoras industriales. Una serie de aspas remueven el agua y las escamas plásticas limpiando de impurezas como tierra, grasas, papel, goma o adhesivos entre otros elementos.
- El agua utilizada para el lavado se depura para su reutilización, cerrando así otro proceso de reciclado importante para el entorno.

#### **4.2.1.1.6. Procedimiento de secado**

En esta fase se busca extraer la mayor cantidad de agua de las escamas plásticas previamente trituradas.

- El material extraído del área de lavado pasa a una centrífuga la cual por medio de rotación a gran velocidad extrae el agua restante del material plástico.

#### **4.2.1.1.7. Procedimiento de embalaje**

En esta estación todo el material es colocado en los contenedores tipo jumbo, a continuación, se describen los pasos realizados en esta fase del proceso.

- Al finalizar los procesos de trituración, lavado y secado, las escamas plásticas son transportadas por aire gracias a una turbina que eleva el material a un silo tipo ciclón.
- Una vez el material se encuentre homogenizado, se procede a ser empacado en costales industriales que en el medio se les conoce como “cuchumbos”.

#### **4.2.1.1.8. Pesado**

En el penúltimo paso el operador realiza el pesado del material terminado según las especificaciones previamente suministradas en la orden de trabajo.

- Una vez empacado en los contenedores con su respectiva identificación se procede al pesado del material triturado en una báscula electrónica, los pesos son de aproximadamente 900 kilogramos.

#### **4.2.1.1.9. Etiquetación**

Para finalizar, cada uno de los contenedores jumbo es colocado en el área de identificación antes de ser trasladado a bodega de producto terminado.

- El plástico triturado empacado y pesado pasa a ser identificado, se utiliza una etiqueta que contiene la siguiente información:
  - Número de etiqueta (seguimiento y trazabilidad)
  - Peso neto
  - Tipo de plástico triturado
  - Color de plástico triturado
  - Fecha de producción
  - Firma de operador



## **5. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **5.1. Participantes**

Los participantes para la realización del estudio de impacto ambiental se dividen en tres: la organización, la comunidad y la participación del gobierno. La participación de todas las partes en el proceso de evaluación de impacto ambiental es un componente crítico para lograr la meta de tener un proceso de toma de decisiones abierto. La participación debe empezar en la primera etapa de la planificación de un proyecto y debe continuar hasta el proceso de la selección de alternativas y mitigación.

Las actividades iniciales diarias posiblemente son llevadas a cabo por el personal de una agencia ambiental o por otros especialistas ambientales; el público tal vez no esté involucrado a este nivel. Sin embargo, hay ciertos puntos en el proceso en donde la participación pública se puede lograr prontamente y tal vez sea lo más efectivo. Los puntos mencionados se describen como:

- Notificación de la intención de efectuar una evaluación de impacto ambiental para una acción propuesta.
- La esfera de acción del proyecto y el alcance del proceso de evaluación.
- Cuando se completa el documento borrador, si se va a circular para recibir comentarios del público.
- Publicación del reporte final de la evaluación, si va a circular para recibir comentarios.
- La decisión final de la agencia.

La participación pública también se puede alentar estableciendo los comités de acciones de los ciudadanos que tal vez incluyan grupos que representan grupos cívicos, intereses ambientales y las actividades de negocios.

## **5.2. Objetivo**

El propósito de la evaluación es asegurar que los tomadores de decisiones consideren los impactos ambientales posteriores; al momento de decidir si seguir adelante con un proyecto o no.

## **5.3. Necesidades**

La necesidad del estudio de impacto ambiental radica en que es una herramienta que asegurará que los recursos invertidos darán al proyecto la sostenibilidad a largo plazo que es esencial.

## **5.4. Alternativas**

El análisis socio ambiental comparativo de las alternativas de proyecto debe considerar, pero sin limitarse los siguientes marcos:

- Área afectada.
- Población directamente afectada por estrato social.
- Actividades productivas directamente afectadas y producción reducida, por estrato social.
- Interferencias en las relaciones socioeconómicas prevalecientes.
- Compatibilidad con los planes de ordenamiento territorial.
- Sistemas de infraestructura (saneamiento básico, energía, telecomunicaciones) y equipamientos sociales afectados.



## **5.5. Legislación**

Es el cuerpo o conjunto de disposiciones legales emitidas en Guatemala referentes al Medio Ambiente. Esto abarca todos los preceptos legales que regulan todo lo relacionado con el conjunto de circunstancias o elementos que acompañan y rodean a la persona; y que son necesarios para que ésta ejerza todas sus funciones orgánicas y espirituales.

Así también puede decirse que se trata de aquellas leyes que se refieren al desarrollo integral de la persona, en sociedad y en equilibrio y armonía con la naturaleza. Por otra parte, precisa resaltar que la legislación es el cuerpo de leyes que garantizan la salud de las personas y del ambiente relacionándose armónicamente entre sí.

### **5.5.1. Acuerdos Gubernativos**

Para el marco técnico legal de Guatemala existe una regulación para la evaluación control y seguimiento ambiental para todos los proyectos que tengan de una u otra manera repercusión sobre el medio ambiente. Resulta relevante conocer ciertos conceptos para la interpretación y aplicación de esta y otras regulaciones. A continuación se presentan conceptos importantes:

- Ambiente o medio ambiente. El sistema de elementos bio-tópicos, abióticos, socioeconómicos, culturales y estéticos que interactúan entre sí, influyen sobre las condiciones de vida de los organismos, incluyendo el ser humano.
- Área de localización del proyecto: Superficie de terreno afectada diferencialmente por obras o actividades tales como el área de construcción, instalaciones, caminos, sitios, almacenamiento, disposición de materiales y otros.
- Área ambientalmente frágil. Espacio geográfico, que, en la función de sus condiciones de vocación, capacidad de uso de suelo o de ecosistemas que lo conforman, o bien la particularidad sociocultural, presenta una capacidad de carga limitada por tanto limitaciones técnicas para su uso y para la realización de proyectos, obras, industrias o cualquier otro tipo de actividad.

- Código de buenas prácticas ambientales. Conjunto de lineamientos y directrices que complementan las regulaciones ambientales vigentes en el país y que definen por acciones de prevención, corrección, mitigación y/o compensación de un proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad debe ejecutarse a fin de promover la protección y prevenir los daños al ambiente.
- Incidencia significancia de impacto ambiental. Consiste en la valoración cualitativa de un impacto ambiental dado, en el contexto de un proceso de armonización de criterios, tales como el marco regulatorio ambiental vigente, la finalidad de uso planeado para el área a desarrollar, su condición de fragilidad ambiental, el potencial grado de controversia pública que pudiera darse y la relación de parámetros ambientales del proyecto.
- Términos de referencia. Documento que determina el contenido mínimo, lineamientos y alcance técnicos administrativos que orientan la elaboración de los instrumentos de evaluación, control y seguimiento ambiental.
- Viabilidad ambiental. Condición de compatibilidad ambiental a la acción o propuesta planteada con respecto a su entorno o localización espacial o viceversa.<sup>19</sup>

### 5.5.2. Convenios

También hay que señalar que la Constitución Política de la República considera y regula lo relacionado con las comunidades indígenas, ya que establece que “el Estado reconoce, respeta y promueve las formas de vida, costumbres, tradiciones, formas de organización social, el uso del traje indígena en hombres y mujeres, idiomas y dialectos de los diversos grupos étnicos que lo forman”.<sup>20</sup>

Mismo marco referencial que “reconoce y crece protección especial a tierras y cooperativas agrícolas indígenas, estableciendo de manera especial que las comunidades indígenas y otras que tengan tierras que históricamente les pertenecen y que tradicionalmente han administrado en forma especial, mantendrán ese sistema.”<sup>21</sup> A nivel global, Guatemala es parte del Convenio 169

---

<sup>19</sup> Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental*. Acuerdo gubernativo 23-2003. p. 1.

<sup>20</sup> *Ibid.* p. 10.

<sup>21</sup> *Ibid.* p. 10.

de la OIT que es el instrumento internacional más relevante sobre derecho de pueblos indígenas.

### **5.5.3. Otras leyes y políticas ambientales**

Existen vigentes diversos cuerpos legales relacionados con el tema, entre ellos se precisa resaltar los siguientes:

- Acuerdo Gubernativo 252-89 que prohíbe la utilización de gases clorofluorocarbonos.
- Acuerdo Gubernativo 681-90 que prohíbe fumar en áreas cerradas.
- Decreto 34-89, Protocolo de Montreal relativo a las substancias que agotan la capa de ozono.
- Decreto 11-97 Ley de la Policía Nacional Civil.
- Acuerdo Gubernativo 1326-90, establece la norma COGUANOR relativa a la verificación de aerosoles.
- Decreto 20-92, relativo a la certificación de control de emisiones de los vehículos automotores terrestres accionados con motor de combustión interna de gasolina o combustibles alternos que se importen y que hayan sido fabricados desde 1993.

### **5.5.4. Requisitos y normas**

Uno de los requisitos obligatorios para toda actividad productiva, sea, proyecto, obra, o cualquier otra necesita presentar una Evaluación de Impacto Ambiental y siendo que el Impacto Ambiental se refiere a cualquier alteración significativa, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del ambiente, provocados por acción del hombre o fenómenos naturales en un área de influencia definida.

Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características pueda producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos naturales del patrimonio natural, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación de impacto ambiental, realizado por técnicos de la materia y aprobado por la Comisión del Medio Ambiente.<sup>22</sup>

### **5.5.5. Requerimientos según el rubro del proyecto**

La obligatoriedad para toda actividad necesita presentar una Evaluación de Impacto Ambiental como se estableció en el inciso anterior, y en dependencia del contexto en el que se desarrolle habrá una serie de rubros dentro del marco de funcionamiento de las actividades que es necesario definir con precisión.

Aquellos compromisos específicos a que resulte obligado como resultado de los Instrumentos de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental que haya aplicado, deberá satisfacer los requerimientos establecidos mediante Resolución que para el efecto elabore la Dirección General de Gestión Ambiental del MARN para cada proyecto según el rubro.

Le compete al MARN a través de sus órganos administrativos, supervisar y vigilar la contaminación producida por las industrias o cualquier actividad que por su naturaleza produzca efectos nocivos al ambiente. En el caso de fuentes fijas no existe un cuerpo normativo que identifique y reúna las regulaciones y parámetros respectivos.

Este Ministerio fue creado con la emisión del Decreto 90-2000 del Congreso de la República para ejecutar el mandato constitucional contenido en el artículo

---

<sup>22</sup> MARN. *Decreto 68-86. Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.* p. 2.

64 de la Constitución Política de la República en donde se declara de interés nacional la conservación y el mejoramiento del patrimonio natural de la Nación.

## **5.6. Enfoques**

El ámbito de la mayoría de las evaluaciones de impacto ambiental es lo suficientemente amplio para necesitar contribuciones de un espectro de expertos técnicos y científicos. Por esta razón, un enfoque interdisciplinario suministrará claramente la información más valiosa para el proceso decisivo.

Un informe para un proyecto importante considerará comúnmente las condiciones ambientales, los potenciales sobre la calidad de aguas superficiales y comunidades acuáticas, calidad de aguas subterráneas y su abastecimiento, vegetación terrestre y fauna silvestre, calidad del aire y salud humana, geología (inclusive topografía y análisis de suelos), infraestructura (transportación, demografía, socio economía) y recursos culturales. Un estudio detallado de todos los sistemas necesita la colaboración de expertos en todos estos campos. En algunos casos se necesitará añadir otros expertos al equipo interdisciplinario según progresa la evaluación.

Un grupo más pequeño de individuos con acceso a los dictámenes de los expertos técnicos podrán ser plasmados en el reporte final.

### **5.6.1. Alternativas de acción**

Son maneras diferentes para satisfacer el propósito y necesidad generales de una acción, proyecto o programa propuesto.

Las alternativas pueden incluir una o varias de las siguientes acciones mostradas:

- Evitar el impacto total al no desarrollar todo o parte del proyecto.
- Minimizar los impactos a través de limitar la magnitud del proyecto.
- Rectificar el impacto a través de reparar, rehabilitar o restaurar el ambiente afectado.
- Reducir o eliminar el impacto a través del tiempo, por la implementación de operaciones de preservación y mantenimiento durante la vida útil del proyecto.
- Compensar el impacto producido por el reemplazo o sustitución de los recursos afectados.

La identificación, descripción, evaluación y comparación de vías alternas para llegar al propósito y necesidad básica para una acción propuesta, son cruciales para la objetividad del proceso de evaluación. En la mayoría de los casos, el equipo de evaluadores puede identificar varias alternativas que son razonables, factibles y llenarían las necesidades expresadas de la acción.

Cuando hay un análisis cuidadoso y objetivo de varias alternativas, el proceso de la evaluación tiende simplemente a firmar una acción seleccionada y luego pierde poder como instrumento de toma de decisión.

La descripción cuidadosa de las alternativas facilita su comparación en cuanto a sus riesgos y beneficios técnicos, ambientales y económicos. El análisis de alternativas debe discutirlos en función de una acción específica, tales como no proceder con la acción, llevar a cabo la acción en otra localidad o instalación o implementar una solución no estructural.

Por lo general, no es suficiente discutir sólo alternativas dentro de una acción, tales como usar diseños y materiales diferentes o cambiar ligeramente la orientación de la instalación dentro de los confines del proyecto.

Las alternativas consideradas deben incluir la de no acción, la opción de no ejecutar ninguna de las alternativas de acción. La alternativa de no acción representa una base objetiva, contra la cual se pueden medir las otras alternativas y podría ser la preferida en el análisis final.

#### **5.6.1.1. Impacto**

“Se considera como impacto ambiental cualquier alteración significativa, positiva, negativa, de uno o más de los componentes del ambiente, provocado por acción del hombre o un fenómeno natural en un área de influencia definida”.<sup>23</sup>

##### **5.6.1.1.1. Impacto primario**

“Los impactos primarios de una acción son aquellos efectos directos que causan la acción y que ocurren generalmente al mismo tiempo y en el mismo lugar”.<sup>24</sup> Por lo general se asocian con la construcción, operación, mantenimiento de una instalación o actividad y generalmente son obvios y cuantificables. Los impactos primarios pueden incluir efectos como:

- La remoción del uso productivo de cantidades significativas de terrenos agrícolas de importación o únicos en su género.

---

<sup>23</sup> MARN. Acuerdo gubernativo 23-2003. *Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental*. p. 1.

<sup>24</sup> HERNÁNDEZ, Milton. *La matriz de Leopold en el diseño y construcción de campamentos para la explotación de canteras de caliza*. p. 27.

- El comprometimiento o destrucción de ecosistemas sensibles, inclusive pantanos, bosques, zonas costeñas, llanos aluviales, hábitat natural y el hábitat natural y el hábitat de especies amenazadas o en peligro de extinción.
- La degradación de la calidad del agua superficial debido a erosión durante la construcción o la descarga excesiva de contaminantes en los desagües.
- La alteración de características de las aguas subterráneas debido a construcción, bombeo o extracción durante la operación.
- La alteración o destrucción de áreas históricas, arqueológicas, geológicas, culturales o recreativas.
- El desplazamiento de domicilios, negocios y servicios.
- El aumento de la generación de concentraciones de contaminantes aéreos y aumento en los niveles de olores y ruidos en el ambiente.
- La creación de agravamientos de problemas de salud pública.
- La violación directa durante la construcción y operación, de las leyes o reglamentos nacionales, regionales o locales referente al uso apropiado de los terrenos o los planes exigidos por tales leyes o reglamentos.

#### **5.6.1.1.2. Impacto secundario**

“Los impactos secundarios de una acción son los cambios indirectos o inducidos en el medio ambiente, la población, el crecimiento económico y uso de terrenos y otros efectos ambientales resultantes de estos cambios”.<sup>25</sup> En otras palabras, los impactos secundarios cubren todos los efectos potenciales de los cambios adicionales que pudiesen ocurrir más adelante o en lugares diferentes como resultado de la implementación de una acción en particular.

---

<sup>25</sup> HERNÁNDEZ, Milton. *La matriz de Leopold en el diseño y construcción de campamentos para la explotación de canteras de caliza*. p. 28.



Los impactos secundarios pueden incluir, por ejemplo, la construcción adicional y/o desarrollo, aumento del tráfico, aumento de la demanda recreativa y otros tipos de impactos fuera de la instalación, generados por las actividades de la instalación. Tales cambios inducidos pueden afectar gradualmente de manera adversa al medio ambiente o los alrededores de la acción específica.

Una evaluación de impacto ambiental debe incluir un análisis de impactos secundarios y una demostración de que dichos impactos satisfacen al máximo posible, las tácticas y normas ambientales que aplican. El análisis de impacto secundario debe incluir la extensión geográfica probable del desarrollo inducido, su relación con el plan ambiental maestro para la región, una evaluación de los impactos inducidos en la calidad de aire y agua y una evaluación del desarrollo inducido en cuanto a todos los recursos y tácticas de desarrollo que apliquen.

#### **5.6.1.1.3. Impacto a corto plazo**

Dependiendo de su duración, los impactos pueden ser a corto o largo plazo. “La identificación de los impactos a corto y largo plazo es importante debido a que la significancia del mismo podría estar relacionada con su duración en el medio ambiente”.<sup>26</sup>

Por ejemplo, la pérdida de pasto u otra vegetación en un área podría considerarse un impacto a corto plazo porque el área podría revegetarse muy fácilmente en un periodo corto de tiempo con semillas.

---

<sup>26</sup> Secretaría de comunicaciones y transportes. *Catálogo de Impactos ambientales generados por las carreteras y sus medidas de mitigación*. p.13

#### **5.6.1.1.4. Impacto a largo plazo**

Son los que su tiempo de duración son plazos considerados largos o mayores de un año. Por ejemplo, se podría mencionar la pérdida de un bosque maduro; puede considerarse un impacto a largo plazo debido al tiempo necesario para reforestar el área y para que los árboles lleguen a la madurez.

#### **5.6.1.1.5. Impacto positivo**

“La información sobre los impactos ambientales potenciales de una acción propuesta forma la base técnica para comparaciones de alternativas, inclusive la alternativa de no acción. Todos los efectos ambientales significativos, inclusive los beneficiosos, deben recibir atención”.<sup>27</sup>

#### **5.6.1.1.6. Impacto negativo**

Aunque en sentido negativo, muchas acciones tienen efectos positivos significativos que deben definirse y discutirse claramente. “Esto es particularmente apropiado para las acciones remediadoras de redesarrollo, cuyo propósito y necesidad específicos es remediar cualquier condición indeseable”.<sup>28</sup>

#### **5.6.1.1.7. Otros impactos**

Los impactos acumulativos son aquellos impactos ambientales resultantes del impacto incrementado de la acción propuesta sobre un recurso común

---

<sup>27</sup> Secretaría de comunicaciones y transportes. *Catálogo de Impactos ambientales generados por las carreteras y sus medidas de mitigación*. p.16.

<sup>28</sup> CRUZ, Algedy. *Diseños de drenaje sanitario y pavimento rígido*. p. 71.

cuando se añade a acciones pasadas, presentes y razonablemente esperadas en el futuro.

“Los impactos ambientales acumulativos pueden ocurrir debido a los efectos colectivos de acciones individualmente menores a través de un período de tiempo”.<sup>29</sup> Las circunstancias que generan impactos acumulativos podrían incluir pero no se limita a lo descrito a continuación:

- Impactos en la calidad de agua debidos a una emanación que se combina con otras fuentes de descarga o con desagües no provenientes de un solo punto.
- Impactos en la calidad del aire que resulten de las emisiones industriales o comerciales operadas en la misma región geográfica.
- Pérdida y/o fragmentación del hábitat ambientalmente sensibles (bosques, pantanos, tierras agrícolas) resultante de la construcción de varios desarrollos residenciales o comerciales independientes.

#### **5.6.1.2. Mitigación y compensación**

“Mitigación es la implementación intencional de decisiones o actividades diseñadas para reducir en el medio ambiente los impactos indeseables de una acción propuesta”.<sup>30</sup> Mitigación es un concepto complejo que puede abarcar lo siguiente:

- Evitar completamente los impactos al no tomar una acción en particular.
- Disminuir los impactos al limitar la magnitud de la acción.

---

<sup>29</sup> GIRÓN, Rubén. *Consideraciones ambientales para plantas de tratamiento de aguas residuales utilizando tanques IMHOFF*. p. 61.

<sup>30</sup> LARA, Mirna. *Manual de evaluación ambiental estratégica*. p. 10.

- Reparar o restaurar características particulares del medio ambiente afectado.
- Reducir los impactos a través del tiempo, por ejemplo, al llevar a cabo las actividades de mantenimiento durante toda la duración de la acción.
- Compensar los impactos al proporcionar adiciones y sustitutos para el medio ambiente afectado por la acción.

Nótese que estos estos tratamientos de las categorías de mitigación se arreglan en el orden jerárquico de su deseabilidad. En otras palabras, es más deseable evitar impactos que tener que restaurar el ambiente o proporcionar compensaciones por los mismos. Los impactos ambientales indeseables que se identifican temprano en un proceso de evaluación de impacto ambiental pueden evitarse o disminuirse con modificaciones cuidadosas en el diseño.<sup>31</sup>

#### **5.6.1.2.1. Planificaciones**

En un proceso bien planificado, todos los medios razonables dedicados a disminuir impactos se incorporan dentro de las opciones durante el análisis de alternativas y el diseño del proyecto.

Una reducida significancia de los impactos puede lograrse con el uso cuidadoso de las opciones de análisis de alternativas y opciones de mitigación. Es a través de estos medios que el proceso de evaluación de impacto ambiental funciona para prevenir los impactos ambientales significativos.

#### **5.6.1.2.2. Programaciones**

En general, se puede indicar que para la programación de las medidas de mitigación se incluyen:

---

<sup>31</sup> The biodiversity consultancy. *Guía transectorial para implementar la jerarquía de mitigación*. p. 8.

- Medidas de ingeniería. Han sido la solución más común para la mitigación de los impactos adversos debido a un proyecto. Por lo anterior, esta solución se considera como una parte del diseño de ingeniería del proyecto. Los técnicos que estudian los impactos ambientales de un proyecto pueden proporcionar información valiosa para la selección de estas medidas; pero el diseñador es el responsable de incluir dichas medidas en el proyecto en su conjunto.
- Medidas de manejo. Involucran el conocimiento de las condiciones de operación del proceso con el fin de ajustarlas a las necesidades ambientales. Se basan en el reconocimiento de niveles tolerables de impacto sobre el ambiente, los cuales pueden variar con el tiempo. Por lo tanto, los objetivos de estas medidas son monitorear las condiciones ambientales y el mantener un nivel de impacto dentro de los rangos aceptables y/o tolerables.
- Revisión de políticas. Después que se han estudiado las medidas de ingeniería y de manejo puede que con ellas no sea factible alcanzar las normas y criterios ambientales existentes. Bajo estas circunstancias, puede ser conveniente la revisión de políticas que involucran una comparación, entre la necesidad de instituir un proyecto y el deseo de cumplir con las normas y/o criterios ambientales existentes.

## **5.7. Evaluación**

Para hacer operativas las normas que regulan lo concerniente a la evaluación ambiental se emitió el Acuerdo Gubernativo No. 23-2003 que contiene el Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental, en el cual se establecen los procedimientos de carácter técnico, aplicables al propósito

mencionado, así como definiendo y desarrollando las acciones necesarias para el cumplimiento de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.

La aplicación de este reglamento es competencia del MARN a través de la Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales. En el artículo 12 del reglamento establece que son instrumentos de evaluación ambiental los siguientes:

- Evaluación ambiental estratégica
- Evaluación ambiental inicial
- Estudio de evaluación de impacto ambiental
- Evaluación de riesgo ambiental
- Evaluación de impacto social
- Evaluación de efectos acumulativos
- Diagnóstico ambiental

#### **5.7.1. Métodos de evaluación**

Auditoría ambiental. Proceso de verificación sistemático y documentado para evaluar el grado de cumplimiento de los Planes de Gestión Ambiental y determinar criterios para garantizar su cumplimiento. Pueden ser de carácter voluntario, con el propósito de certificación, registro y/o auto declaración.<sup>32</sup>

#### **5.7.2. Métodos de identificación**

Se incluirá en la identificación la cuantificación y valoración de los efectos significativos previsibles de las actividades proyectadas sobre los aspectos ambientales indicados.

---

<sup>32</sup>MARN. *Acuerdo Gubernativo 704-2003. Reformas al Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental.* p. 6.

“La identificación de los impactos ambientales derivará del estudio de las interacciones entre las acciones derivadas del proyecto y las características específicas de los aspectos ambientales afectados en cada caso concreto”.<sup>33</sup>

Se distinguirán los efectos positivos de los negativos; los temporales de los permanentes; los simples de los acumulativos y sinérgicos; los directos de los indirectos; los reversibles de los irreversibles; los recuperables de los irrecuperables; los periódicos de los de aparición irregular; los continuos de los discontinuos. Se indicarán los impactos ambientales compatibles, moderados, severos y críticos que se prevean como consecuencia de la ejecución del proyecto.

#### **5.7.2.1. Lista de chequeo**

Los ICOs son el conjunto de condiciones o directrices generales ambientales establecidas para garantizar que los diferentes proyectos, obras, industrias o cualquier otra actividad tengan una efectiva gestión ambiental de sus actividades y, además, permita mantener un sistema de información eficiente y efectivo ante las autoridades ambientales pertinentes.<sup>34</sup>

Los instrumentos comprenden los compromisos ambientales y el Código de buenas prácticas ambientales.

“Los compromisos ambientales constituyen el listado de acciones y prácticas derivados de las Evaluaciones Ambientales e Instrumentos de Control y Seguimiento Ambiental que la Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales aprueba como vinculantes para la ejecución de los proyectos, obras, industrias, o cualquier otra acción; se establecen mediante una resolución administrativa sin menoscabo del cumplimiento de la normativa nacional vigente.”<sup>35</sup>

---

<sup>33</sup> ABELLAN, Manuela. *La evaluación del impacto ambiental de proyectos y actividades agroforestales*. p. 71.

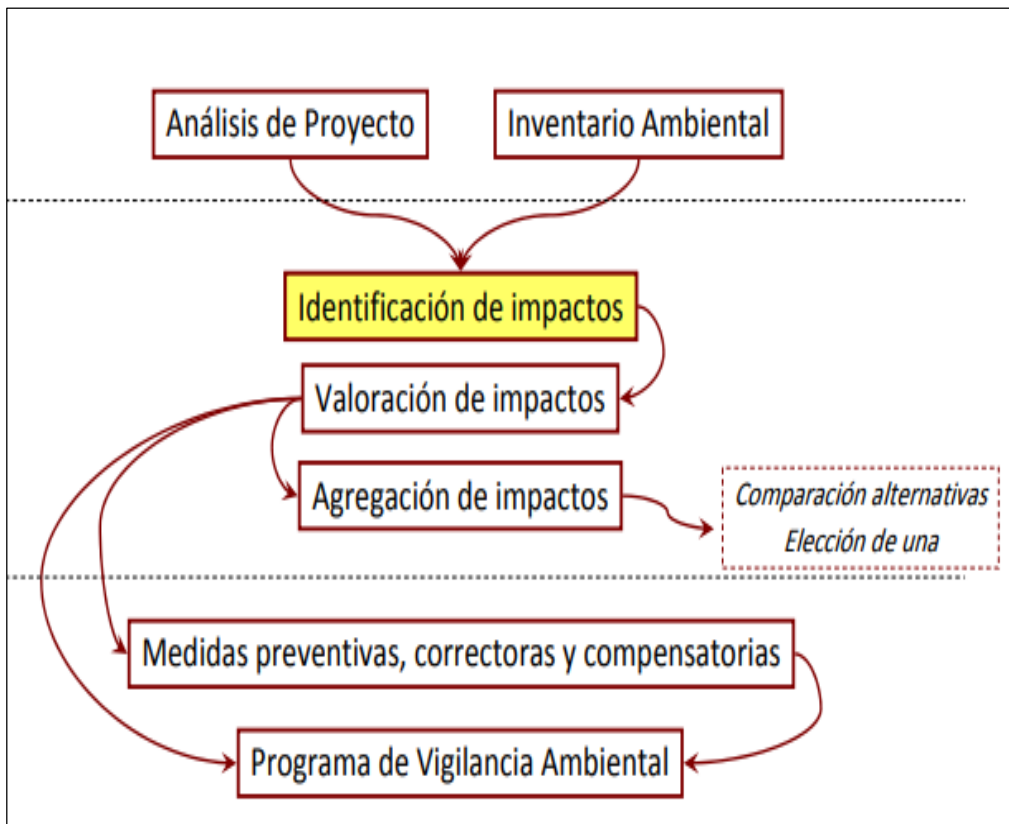
<sup>34</sup> MARN. *Acuerdo Gubernativo 23-2003. Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental*. p. 5.

<sup>35</sup> *Ibid.*

### 5.7.2.2. Diagramas de flujo

Para comprender los procesos implicados durante una evaluación de impacto ambiental se desarrolla un diagrama de flujo para conocer las relaciones entre cada área involucrada.

Figura 38. **Diagrama de Estudio de Impacto Ambiental**



Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.



### 5.7.2.3. Matriz causa y efecto

Son métodos cualitativos, preliminares y muy apropiados para valorar las diversas alternativas de un mismo proyecto, describiéndose a continuación el más conocido: Matriz de Leopold.

La base del sistema es una matriz en que las entradas según columnas son acciones del hombre que pueden alterar el medio ambiente y las entradas según filas son características del medio ambiente que pueden ser alteradas. Con estas entradas en filas y columnas se pueden definir las interacciones existentes. Como el número de acciones que figuran en la matriz son 100 y 88 el de efectos ambientales, resultaran 8 800 interacciones, si bien son muy pocas de estas las realmente importantes y dignas de consideración especial. Normalmente el número de interacciones observadas suele ser menor de 50.

La Matriz de Leopold tiene aspectos positivos entre los que cabe destacar que son pocos los medios necesarios para aplicarla y su utilidad en la identificación de efectos, “contempla en forma bastante completa los factores físicos, biológicos y socio económicos involucrados, sobre todo si el equipo que interviene en el estudio completa y adapta casuísticamente la relación de factores ambientales”.<sup>36</sup> En cada caso esta matriz requiere un ajuste al correspondiente proyecto y precisa plantear bien los efectos de cada acción, sobre todo enfocando debidamente el aspecto objeto de estudio.

---

<sup>36</sup> PINTO, Santiago. *Valoración de impactos ambientales*. Inerco. Sevilla. 2007, p. 5.

Figura 39. **Matriz de Leopold**

Criterios de importancia	IMPACTOS	NATURALEZA	INTENSIDAD	EXTENSIÓN	MOMENTO	PERSISTENCIA	REVERSIBILIDAD	SINERGIA	ACUMULACIÓN	EFECTO	PERIODICIDAD	RECUPERABILIDAD	IMPORTANCIA (TOTAL)
	Contaminación del suelo con residuos	(-)	12	2	4	4	2	4	4	4	4	4	-70
	Alteración de la calidad del agua subterránea	(-)	8	4	2	2	2	2	4	4	4	4	-56
	Cambios en el estilo de vida	(+)	2	1	4	4	2	1	1	4	4	1	-29
	Emanación de gases	(-)	2	2	4	1	1	1	4	4	4	1	-30
	Alteración de la flora	(-)	2	1	4	4	4	2	1	1	4	8	-36
	Alteración de la fauna	(-)	2	1	4	4	4	2	1	1	4	8	-36
	Cambios en el paisaje	(-)	4	2	4	1	2	1	1	4	4	2	-35
	Riesgos de accidentes	(-)	1	1	4	1	1	1	1	4	1	1	-19
	Peligros a la salud	(-)	4	1	2	2	2	2	4	4	4	4	-38
	Incto. de insectos y roedores	(-)	2	1	4	1	1	2	1	4	4	1	-26
	Generación de cadenas tróficas	(-)	2	1	2	4	4	2	1	1	4	4	-27
	Generación de empleo	(+)	1	2	4	1	1	1	1	4	4	2	25

Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

## 5.8. Monitoreo

El monitoreo ambiental se realiza a efectos de medir la presencia y concentración de contaminantes en el ambiente, así como el estado de conservación de los recursos naturales.

Esta actividad se efectúa en el marco de la función evaluadora del MARN con el objetivo último de buscar quién es el responsable de la alteración ambiental identificada. En este sentido, a través de dicha actividad se brinda soporte para las acciones de supervisión, fiscalización y sanción ambiental, en tanto que permite conocer el nivel de afectación ambiental que puede ser atribuido a un potencial responsable.

## **5.9. Seguimiento**

Según el Acuerdo Gubernativo número 137-2016. Que mediante el Acuerdo Gubernativo Número 20-2016, de fecha 12 de enero del año 2016, se emitió el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, el cual, en la actualidad no se ajusta a la realidad nacional ni a los niveles críticos de deterioro de los recursos naturales y del medio ambiente en general, ni es suficiente para responder a las exigencias de los avances tecnológicos y cambios sociales observados en el país, sin perjuicio de las obligaciones internacionales contraídas por el Estado de Guatemala.



## **6. MEJORA CONTINUA**

### **6.1. Evaluación del sistema de control de calidad**

Para propósitos de auditoría, la documentación de los procedimientos es evidencia objetiva.

- Un proceso ha sido definido
- Los procedimientos han sido aprobados.
- Los procedimientos están bajo control de cambios

Una actividad ejecutiva importante será realizar sistemáticamente una evaluación de la condición y adecuación del sistema de calidad para, en consecuencia, mejorar su efectividad y eficiencia.

Un elemento importante para evaluar la efectividad de un sistema de calidad son las auditorías, que pueden ser conducidas por la propia organización (primera parte), el cliente (segunda parte) o por organismos independientes (tercera parte). Deben considerarse que las de segunda y tercera parte pueden proporcionar una mayor objetividad desde la perspectiva del cliente.

Las de primera parte proporcionan información para una revisión de la administración y una acción correctiva, preventiva o de mejora más efectiva. Las de segunda parte proporcionan confianza de ese cliente con el proveedor. Las de tercera parte pueden efectuarse para lograr una certificación o registro que generaría confianza a un rango de clientes potenciales.

La consistencia de los procedimientos proviene de una combinación de la documentación y de las habilidades y adiestramiento del personal. Se debe buscar un balance entre la extensión de la documentación y la extensión de las habilidades y adiestramiento para mantener un nivel tal que pueda ser actualizada a intervalos apropiados.

#### **6.1.1. Evaluación de control de materia prima en proceso**

En la empresa, el inventario de materia en proceso es una porción considerable de su activo corriente, lo cual requiere que el costo de los mismos sea cuidadosamente controlado de manera tal que garantice tanto su uso eficiente como la veracidad y exactitud de las cifras de costos mostradas en el aspecto tangible, como en el aspecto contable.

Para llevar un adecuado control de los materiales se necesita cumplir con ciertos objetivos del control interno, entre los cuales se mencionan: autorización, procesamiento y clasificación, verificación, evaluación y salvaguarda física.

- Objetivo de autorización. Tratan todos aquellos controles que deben establecerse para asegurar que se estén cumpliendo políticas adecuadas de control de calidad establecidas para la administración, entre los cuales se mencionan:
  - Verificación de correcto clasificado
  - Correcta trituración
  - Lavado y secado
  
- Los objetivos de procesamiento y clasificación. Son aquellos controles que aseguran el correcto reconocimiento, reprocesamiento, clasificación, registro e informe de las operaciones ocurridas.

### **6.1.2. Evaluación de control de producto terminado**

En circunstancias en las que internamente se requiera conocer la calidad de ciertos lotes o un cliente requiera conocer la calidad promedio de un contenedor o de los lotes que existen, puede optar por la opción de inspección de producto terminado, en el cual se realiza un muestreo aleatorio de los lotes procesados, que permite conocer la calidad promedio.

Para la evaluación de control de producto terminado se enlistan el siguiente paso de procedimientos:

- Revisión de los registros de calidad. La revisión de registros se realiza con la finalidad de determinar la cantidad de producto procesado, identificación, lotes procesados, observaciones y anomalías presentadas durante el proceso, resultados de control de calidad del procesador y otros ítems relacionados.
- Muestreo en las áreas de bodega. Se realiza con base en un muestreo estratificado y ponderado dentro de los lotes.
- Evaluación. Con base al producto seleccionado y registrando los códigos inspeccionados, se procederá a realizar un control para revisar si el producto (todas las unidades muestreadas) cumplen con las especificaciones.
- Seguimiento. La selección de las acciones de mejora es consecuencia lógica del conocimiento del problema, de sus causas. Ahora se está en condiciones de comenzar a elegir, de priorizar las actuaciones a implantar y de establecer el resto de elementos que son necesarios para conseguir el objetivo prefijado. Para priorizar las acciones de mejora se siguen el protocolo establecido en la Tabla IX.

Tabla IX. **Priorización de causas detectadas**

No.	Causas (acciones de mejora)	Dificultad	Plazo (semanas)	Impacto	Total priorización
1	Mejora de la definición de los procesos de ingreso y egreso de producto terminado en bodega.	4	4	4	12
2	Mejora de estanterías	2	3	2	7
3	Desarrollar plan de Seguridad industrial.	4	4	3	11

Fuente: elaboración propia, empleando Corel Draw V12.

La escala oscila entre 1 de menor priorización hasta 5 con la priorización más alta. Una vez elegidas por orden de prioridad, gerencia podrá proceder a construir un plan de mejoras incorporando también los elementos que permitan realizar el seguimiento detallado del plan para garantizar su eficiencia y eficacia.

### **6.1.3. Capacitación del personal**

Como una serie de acciones formativas se describen los pasos a seguir en concepto de capacitación de personal.

- Para la mejora de competencias del personal se detalla la capacitación: cubre los temas descritos a continuación, los cuales se desarrollarán con el personal de bodega y serán impartidos por parte de Recursos Humanos con una frecuencia semanal durante un mes abarcando media jornada de los días sábados.



- Clasificación de plástico
  - Tipos de plástico
  - Nomenclatura del plástico
  - Clasificación de los inventarios
- Control de calidad
  - Gráficas de control
  - Puntos críticos del proceso
  - Nuevos formatos
- Codificación de inventarios
  - Control del conteo físico de mercancías
- Gestión de Almacén o Bodega
  - Definición
  - Existencias y almacenes
- Almacenamiento
  - Zonas de almacenamiento
  - Factores críticos



## CONCLUSIONES

1. Por medio del análisis de los procesos se detectan tres puntos críticos, los cuales sirvieron para determinar la estandarización de los procesos de control de calidad cuya función será para el cumplimiento de la calidad en los plásticos de tipo polietileno de alta densidad.
2. Se realizó un análisis de la situación actual en la empresa recicladora de plásticos para diagnosticar los puntos débiles en sus procesos detectando tres puntos críticos en el proceso, así como puntos débiles en el recurso humano proponiendo de esa manera realización de capacitación y controles estadísticos para garantizar el control de calidad.
3. Se determinó que los procesos involucrados, se subdividieron para realizar un análisis de muestreo el cual será específico para la cantidad de lote que será procesado de parte del departamento de producción.
4. Por medio del diagrama de *Ishikawa* se identificó las fases concretas a analizar la búsqueda de mejora por medio de un diagnóstico causa y efecto sobre un enfoque basado en el proceso.
5. Se ordenó, tabuló y graficó los datos de eficiencia tanto de la mano de obra como de la maquinaria, con el fin de determinar el grado de eficiencia de cada uno de los procesos y mejores soluciones sobre el análisis de la situación actual.

6. Por medio de las gráficas de control de calidad se verificará el cumplimiento de las especificaciones técnicas de la materia prima previo al proceso de reciclaje, además de la correcta capacitación del personal para lograr una separación adecuada antes de llegar al área de reciclaje.
7. Se creó un diseño de sistema de control de calidad basado en la mejora continua por medio de mediciones objetivas y estadísticas con el cual se podrá verificar las fallas ocurridas y brindarles solución por medio de las mismas enfocados en mitigación de fallos mayores de frente al futuro comercial.
8. Por medio del control de calidad se minimizarán los costos añadidos por desperdicio de materia prima ya que se reducirán reprocesos consiguiendo de esa manera mitigar el daño al medio ambiente.
9. Las capacitaciones y entrenamientos de la presente investigación se limitan para el período de un año y dan las pautas de inicio de un ciclo de mejora continua.

## RECOMENDACIONES

1. Capacitar al personal, en las empresas de reciclado, sobre nuevos procesos y técnicas en estos días para poder ser una empresa competitiva a nivel global. Además, debemos recordar que el recurso humano juega un papel fundamental en toda empresa.
2. Recordar que la resolución de una problemática y un plan de mejora no yace exclusivamente sobre la capacitación del personal, se necesita conjuntamente que la Dirección a cargo apoye y brinde de equipo y herramientas necesarias, tanto tecnológicas como administrativas. La búsqueda de la calidad total necesita del respaldo del más alto nivel ejecutivo y cambios en la cultura y organización.
3. Crear un archivo histórico en donde se lleve un registro de los productos despachados, desde su origen hasta el cliente final, con el fin de que se pueda dar seguimiento a la calidad, mejoras o reclamos.
4. Comunicar y explicar los procedimientos a los trabajadores que operan las máquinas, esto se puede realizar con una capacitación que debe ser impartida por el supervisor de turno a cada grupo de trabajo a cargo.
5. Implementar el plan de capacitación por medio de una persona externa a la empresa y combinar la capacitación con uno de los representantes de la empresa, para que a través de inclusión participativa el trabajador perciba involucramiento de gerentes.

6. Involucrar a los supervisores y otros empleados previamente capacitados adicionalmente a los jefes y auditor de calidad, para que la máxima calidad forme parte en todo el marco de trabajo de la organización.
  
7. Solicitar apoyo a la escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, para que la empresa pueda ser tomada en cuenta para realizar algunos estudios que dentro de los cursos de Ingeniería Industrial puedan ponerse en práctica por los estudiantes en casos reales como, por ejemplo, un estudio de tiempos, métodos y controles de calidad, pronósticos de demanda, entre otros.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AVELLA CAMARERO, Lucia. *Focal points in manufacturing strategic planning in Spain. Comparison with American and other European manufactures*. Estados Unidos: Lacs, 1999. 1 317 p.
2. BUFFA, E.S. *Meeting the competitive challenge*. 2a ed. Estados Unidos: Irwin, 1984. 258 p.
3. DEMING, W. E. *Calidad, productividad y competitividad*. 1ª. ed. Madrid: Díaz de Santos, 1989. 120 p.
4. DOUGLAS, Montgomery. *Control estadístico de la calidad*. México: Grupo editorial Iberoamericana, 1995. 650 p.
5. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. 1a ed. México: McGraw-Hill, 2001. 401 p.
6. JENSEN, C.H., Ed. *Dibujo y diseño de plásticos*. México: McGraw-Hill, 1973. 102 p.
7. LOBOUCHEX, Vincent. *Tratado de la calidad total*. 1a ed. México: Limusa, 2002. 681 p.
8. MONTGOMERY, Douglas; RUNGER, George. *Probabilidad y estadística aplicada a la ingeniería*. Mexico: McGraw-Hil Interamericana de México, 1996. 644 p.

9. MURGA GUNTHER, Franklin. *Desarrollo de un método funcional de control de calidad en la industria a nivel centroamericano*. Trabajo de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 2004. 117 p.
10. NIEBEL, Benajamin. *Ingeniería industrial, métodos, tiempos y movimientos*. 9a ed. México: Alfa y Omega Editor S.A., 1996. 1 130 p.
11. POCASANGRE BARQUERO, Jaime A. *Técnicas para mejorar la calidad en su empresa*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1984. 126 p.
12. SCHOROEDER, Roger G. *Administración de operaciones*. 3a ed. México: McGraw - Hill, 1999. 855 p.