

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de  
la Producción**

“Análisis y mejoramiento de la producción del área de peletizado  
de una empresa plástica”

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

Presentada por:

Jorge Jacinto Cedeño Estrada

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO

2005

## AGRADECIMIENTO

De manera especial a mi director de tesis el Ing. Horacio Villacís, por su invaluable ayuda. Al Ing. Jorge Abad y a la Ing. Clara Camino, por su apoyo desinteresado en la realización de este trabajo. A la familia Cedeño Bazurto, por haberme acogido en su hogar durante mis años de estudio.

# DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS SOBRINOS

A MIS AMIGOS

A MI TIO (+)

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Ernesto Martínez L.  
DELEGADO DEL DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE

---

Ing. Horacio Villacís M.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Clara Camino O.  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

---

Jorge Jacinto Cedeño Estrada

## **RESUMEN**

Este trabajo presenta un estudio para el mejoramiento de la producción del Área de Peletizado de una planta industrial dedicada al procesamiento de artículos plásticos empleados en el hogar y la industria, su planta está ubicada en la vía Daule de la ciudad de Guayaquil, la misma que se encuentra laborando desde 1961 y ha crecido hasta convertirse en la empresa líder en su género por la aceptación de sus productos en el mercado nacional e internacional.

La producción del Área de Peletizado muestra problemas, como bajo índices de productividad con respecto a la producción programada, condiciones de trabajo no adecuadas para las labores de los trabajadores, paros constantes de máquinas lo que ocasiona bajos niveles de eficiencia, problemas con el departamento de producción, entre otras causas que son analizadas durante este estudio.

Este trabajo tiene por objeto mejorar el proceso Peletizado del desperdicio de material plástico recuperado de las diferentes líneas de producción que

posee la empresa en estudio, para posteriormente ser reutilizada como materia prima en la fabricación de sus diversos artículos.

Con el fin de conseguir este propósito se presenta un estudio y análisis de la situación actual de la línea de producción, para esto se utiliza el diagrama Causa - Efecto, estudios de tiempos y análisis del recurso humano; logrando así identificar los problemas críticos que afectan a la producción del Área de Peletizado.

Se plantean alternativas de mejora para solucionar los problemas encontrados con lo que se desea aumentar la eficiencia de producción del Área en estudio y de esta manera evitar la acumulación de inventario de materia prima.

Por último se efectúa un análisis Costo - Beneficio para justificar la viabilidad financiera de las alternativas de mejora, como también el presupuesto para la implantación y ejecutabilidad.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	
1. ANTECEDENTES.....	2
1.1. Historia de la Empresa.....	3
1.2. Descripción General de la Planta.....	9
1.2.1. Volumen y Costo de Desperdicio de la Sección Inyección y Soplado en el año 2003.....	27
CAPITULO 2	
2. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS.....	37
2.1. Descripción del proceso de Peletizado.....	44



2.2. Eficiencia de producción del año 2003.....	101
2.3. Diagramas Causa-Efecto.....	105
2.4. Estudio de tiempos de proceso de producción del Área de Peletizado .....	117
2.5. Relaciones funcionales del área de Peletizado con las demás áreas de la planta.....	124
2.6. Análisis de las condiciones de trabajo de la línea de producción...	127

### CAPITULO 3

3. PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES PARA SUPERAR LOS PROBLEMAS.....	137
3.1. Mejoramiento del proceso de Peletizado.....	137
3.2. Mejoramiento de las relaciones funcionales del departamento de mantenimiento con la línea de producción.....	141
3.3. Mejoramiento del flujo de materiales de la línea de producción.....	143
3.4. Planteamiento de los puntos de control del proceso de producción .....	144
3.5. Mejoramiento de las condiciones de trabajo de la línea de producción.....	158

### CAPITULO 4

4. DISEÑO DEL PLAN DE IMPLANTACIÓN DE MEJORAS.....	162
--	-----

4.1. Asignación de actividades para la implantación de mejoras.....	162
4.2. Análisis Costo – Beneficio de las mejoras planteadas.....	170
4.3. Presupuesto para implantación de mejoras.....	176

## CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	180
--	-----

## APÉNDICES

## BIBLIOGRAFÍA

## ABREVIATURAS

AMFE	Análisis Modal de Fallos y sus Efectos
HP	Caballos de Fuerza
CaCO <sub>3</sub>	Carbonato de Calcio
cm	Centímetros
cm <sup>2</sup>	Centímetro Cuadrado
cm <sup>3</sup>	Centímetro Cúbico
PVC	Cloruro de Polivinilo
DC	Corriente Directa
Db	Decibeles
Det	Detección
etc.	Etcétera
Fre	Frecuencia
gal/min	Galones por minuto
°C	Grados Centígrados
g/cm <sup>3</sup>	Gramos por Centímetro Cúbicos
Gra	Gravedad
IESS	Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social
Kg	Kilogramo
Kg/h	Kilogramo por hora
KJ/h	Kilo Joule por Hora
KJ/Kg	Kilo Joule por Kilogramo
KN	Kilo Newton
KW	Kilo Vatios
lb	Libra
máx.	Máximo
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro Cuadrado
m <sup>3</sup> /h	Metro Cúbico por Hora
mm	Milímetros
mín	Mínimo
min.	Minutos
NPR	Número de prioridad de riesgo
PS	Poliestireno
HDPE	Polietileno de Alta Densidad

LDPE	Polietileno de Baja Densidad.
PET	Polietileno Tereftalato
PP	Polipropileno
r.p.m.	Revoluciones por Minuto
seg	Segundos
SPI	Sociedad de Industrias de Plásticos Inc
TIR	Tasa Interna de Retorno
Ton	Toneladas
W/m°K	Vatios por Metro y Grado Kelvin
V	Voltios

## SIMBOLOGÍA

▽	Almacenamiento
D	Diámetro
\$	Dólar Americano
□	Espera
F	Fondo
°	Grados
H	Altura
L	Longitud
'	Minutos
#	Números
O	Operación
%	Porcentajes
..	Segundos
Σ	Sumatoria
□→	Transporte

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1	Artículos Plásticos.....	4
Figura 1.2	Zapatilla Playera .....	5
Figura 1.3	Muebles Plásticos.....	6
Figura 1.4	Participación en la Importación de Materia Prima Plástica en el año 2003.....	8
Figura 1.5	Distribución de las Ventas en el año 2003.....	10
Figura 1.6	Variedades de Artículos Plásticos para el Hogar.....	12
Figura 1.7	Artículos Plásticos Transparentes.....	13
Figura 1.8	Gavetas Industriales Plásticas.....	13
Figura 1.9	Muñeca Infantil.....	14
Figura 1.10	Calzado Escolar Deportivo.....	15
Figura 1.11	Botas de alta Resistencia.....	16
Figura 1.12	Zapatillas Deportivas.....	17
Figura 1.13	Consumo total del petróleo mundial.....	20
Figura 1.14	Proporción de Materiales usados por la empresa en el año 2003.....	25
Figura 1.15	Sección Transversal de una Máquina Inyectora.....	26
Figura 1.16	Números de Máquinas Ubicadas en la Planta .....	30
Figura 1.17	Ventas de los Cuatro últimos años de Línea Ecológica.....	35
Figura 2.1	Etapas del Proceso de peletizado.....	47
Figura 2.2	Diagrama de las etapas de los procesos de peletizado.....	48
Figura 2.3	Acumulación de Scrap Retenido .....	49
Figura 2.4	Simbología usada para el Reciclaje del Plástico.....	53
Figura 2.5	Fotografía de la Operación de Limpieza por el trabajador del Área.....	55
Figura 2.6	Diagrama de Operaciones del Proceso de Clasificación y Limpieza.....	56
Figura 2.7	Fotografía de la Operación de secado.....	58
Figura 2.8	Diagrama de Operaciones del Proceso de Secado Natural....	60
Figura 2.9	Diagrama de Operaciones del Proceso de Molido....	64
Figura 2.10	Fotografía de Molinos .....	66
Figura 2.11	Fotografía de Sierra Eléctrica ubicada en el Área de Molido....	66
Figura 2.12	Fotografía de los Tanques de Mezcla.....	69
Figura 2.13	Diagrama de Operaciones del Proceso de Mezcla.....	71

	Pág
Figura 2.14 Partes de una Máquina Extrusora.....	74
Figura 2.15 Tolva o Sistema para Alimentación de Material.....	75
Figura 2.16 Zonas del Tornillo Extrusor.....	76
Figura 2.17 Barril de una Extrusora.....	77
Figura 2.18 Componentes del Barril de una Extrusora.....	79
Figura 2.19 Diagrama de Operaciones del Proceso de Extrusión.....	87
Figura 2.20 Fotografía de los Hornos del Área Peletizado.....	89
Figura 2.21 Diagrama de Operaciones del Proceso Secado.....	93
Figura 2.22 Descripción Física de las Áreas de Clasificación y Limpieza, Secado Natural y Molido.....	96
Figura 2.23 Descripción Física del Área de Mezclas .....	97
Figura 2.24 Descripción Física del Área de Peletizado y secado.....	98
Figura 2.25 Descripción Física de todos los Procesos de Peletizado.....	99
Figura 2.26 Fotografía del Área de Molido.....	100
Figura 2.27 Fotografía del Área de Extrusión – Peletizado.....	100
Figura 2.28 Capacidad Teórica de la División Inyección-Soplado.....	103
Figura 2.29 Valores del Proceso de Peletizado del año 2003.....	105
Figura 2.30 Falla Mecánica en un Extrusor.....	115
Figura 2.31 Contaminación de Pellets.....	115
Figura 2.32 Diagrama de Pareto del área de peletizado del año 2003....	116

## ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Número de Personas que Laboran en la Planta de la Empresa.....	11
Tabla 2	Toneladas Producidas en el año 2003 .....	18
Tabla 3	Descripción de una unidad de soplado .....	28
Tabla 4	Materia Prima Consumida y Desperdicios Generados en la Producción.....	31
Tabla 5	Volúmenes de Scrap Separados.....	32
Tabla 6	Volúmenes de Scrap Contaminados a recuperar.....	33
Tabla 7	Costo de la Materia Prima para el Proceso de Peletizado.....	34
Tabla 8	Características Físicas del PP y HDPE.....	39
Tabla 9	Propiedades de los HDPE Virgen y Reciclado .....	43
Tabla 10	Máquinas del Área de Molido.....	65
Tabla 11	Balanceo de línea. ....	94
Tabla 12	Dimensiones de las Áreas del Proceso de Peletizado.....	101
Tabla 13	Capacidad de Producción de las Máquinas de Inyección – Soplado del año 2003.....	102
Tabla 14	Valores del Proceso de Peletizado del año 2003.....	104
Tabla 15	Problemas en el Proceso de Clasificación y Limpieza.....	106
Tabla 16	Problemas en el Proceso de Secado Natural .....	107
Tabla 17	Problemas en el Proceso de Molido .....	108
Tabla 18	Problemas en el Proceso de Mezcla.....	109
Tabla 19	Problemas en el Proceso de Extrusión-Peletizado .....	110
Tabla 20	Problemas en el Proceso de Secado Mecánico.....	111
Tabla 21	Frecuencia de los Problemas del Área de Peletizado.....	112
Tabla 22	Sumatoria de Frecuencia de los problemas del área de peletizado.....	114
Tabla 23	Kilogramos y Costos de los Problemas del Área de Peletizado.....	117
Tabla 24	Estudio de Tiempos del Área de Peletizado.....	123
Tabla 25	AMFE del Proceso de Clasificación y Limpieza.....	147
Tabla 26	AMFE del Proceso de Secado Natural .....	149
Tabla 27	AMFE del Proceso de Molido.....	150
Tabla 28	AMFE del proceso de mezcla.....	152
Tabla 29	AMFE del Proceso de Extrusión-Peletizado.....	154



	Pág.
Tabla 30 AMFE del Proceso de Secado Mecánico.....	156
Tabla 31 Análisis de Sensibilidad.....	178

## INTRODUCCIÓN

Los desperdicios en todo proceso productivo, son un factor negativo que en la gran mayoría de los casos es muy difícil o casi imposible evitarlos, las empresas siempre tratarán de minimizarlos o darles otros usos; la empresa en estudio para aliviar los costos de esos desperdicios, posee una área de recuperación (Área de Peletizado), donde reciclan el scrap retenido (desperdicios plásticos), para obtener materia prima de buena calidad en forma de pellets, los mismos que se usarán para la fabricación de productos de una línea ecológica que comercializa la empresa.

Sin embargo, en el transcurso del año 2003, de la cantidad de pellets programados, 1,116,534 Ton, solo se obtuvo la cantidad de 757,859 Ton, siendo la eficiencia alcanzada de 67.87%. Las causas de ese resultado se debieron a los constantes paros de máquinas y a otros factores, que son analizados con herramientas de Ingeniería Industrial como: estudios de tiempos, diagramas de Causa – Efecto y otros.

Por ese motivo, la administración de la empresa y la gerencia de la división Inyección-Soplado propuso la realización de un análisis y mejoramiento de la producción del área de peletizado, con su respectiva factibilidad financiera, el mismo que se desarrolla en este trabajo.

# CAPÍTULO 1

## 1. ANTECEDENTES

La industria del plástico en el País se encuentra en un alto y creciente nivel de producción, logrando así, disminuir la importación de productos elaborados en base de ese material; sin embargo la principal materia prima, “resinas plásticas”<sup>1</sup>, sigue siendo adquirida a otros países como: Venezuela, Colombia y Estados Unidos por la falta de una industria petroquímica nacional; por tal razón, se destaca la importancia en contar con un proceso de recuperación del plástico, que permita la obtención de materia prima reciclada de buena calidad, la misma que será usada en la fabricación de artículos a bajos costos de producción.

En este capítulo, se detallarán los aspectos generales de la empresa en

---

<sup>1</sup> Toda clase de productos orgánicos sólidos o semi-sólidos de origen sintético, de alto peso molecular generalmente, con un punto de fusión no definido. Las resinas son, en su mayoría, polímeros. (Manual de Ingeniería de Plásticos de la Sociedad de Industria Plástica, Inc. , Editado por Michael L. Bernis, 1991).

estudio, indicando sus actividades de inicio hasta describir lo que es en la actualidad, después se hará una descripción general de la planta, dentro de la cual se presentarán algunas definiciones y clasificaciones importantes del plástico, por ser el principal material usado en la fabricación de los productos comercializados por esta empresa.

Finalmente se presentarán los niveles de desperdicios plásticos, generados en producción, los mismos que serán procesados y convertidos en materia prima reciclada, llevando al mínimo los desperdicios al término de su vida útil y por ende contribuir en la protección del medio ambiente.

### **1.1 Historia de la Empresa.**

La Empresa en estudio es ecuatoriana, privada, dedicada principalmente a la fabricación, importación y comercialización de artículos plásticos; y demás artículos para el hogar y la industria (ver figura 1.1).

Su inicio se produjo en el año de 1949, donde se consolidaba como una de las empresas pioneras en la importación de productos para el hogar, los éxitos alcanzados, a pesar de su reciente creación, fueron la base para realizar varios estudios y conocer las nuevas demandas

del público, las necesidades se centraron en varios artículos de uso doméstico, teniendo en común las siguientes condicionantes: ser prácticos, resistentes y económicos; sin duda, estas demandas giraban en torno de un material con esas bondades; **el Plástico**, su poder adquisitivo era acorde al mercado y las tendencias mundiales le brindaban gran apertura. Con estos favorables antecedentes la empresa abre en el mes de Octubre de 1961 una Planta Industrial en la ciudad de Guayaquil, constituyéndola en una empresa de enorme adelanto técnico y económico en el país.



**FIGURA 1.1** ARTÍCULOS PLÁSTICOS.

La Empresa inició así las actividades, con la producción de plásticos para el hogar como: baldes, lavacaros y reposteros; empezando, en ese entonces, con dos máquinas inyectoras y seis obreros.

En 1964 lanza al mercado la primera gran industria de calzado y botas de PVC (cloruro de polivinilo), con lo cual la compañía traslada las instalaciones a una nueva planta ubicada en la vía Daule, con nuevas maquinarias y personal capacitado; donde continúa funcionando en un amplio establecimiento que ocupa un área de 45.000 m<sup>2</sup>. Posteriormente, incursionó en el mercado del calzado, con una nueva línea escolar y deportivo, especializando para ello al personal en Alemania, Italia y Estados Unidos. En 1970 surge una nueva línea de fabricación, que permitió una integración vertical para la producción de calzado, el cuero plástico, el sintético de mayor semejanza al cuero natural. En 1977 incursiona en el mercado de juguetes, basándose en tecnología y diseños italianos, diez años después la empresa construye una nueva planta, para empezar la producción de zapatillas para la playa (ver figura 1.2) .



**FIGURA 1.2** ZAPATILLA PLAYERA.

Con el pasar de los años y la experiencia adquirida, la Empresa se concentró en nuevos campos, desarrollando líneas de aplicación industrial, como gavetas (cajas industriales) utilizadas en diferentes áreas, industria que creció posteriormente con la elaboración de muebles funcionales de prácticos diseños, cubriendo las necesidades de los ecuatorianos que hasta ese momento se veían obligados a costosos muebles de madera y metal (ver figura 1.3).



**FIGURA 1.3 MUEBLES PLÁSTICOS.**

Actualmente la empresa es la única en Latinoamérica que fabrica bajo un mismo techo una extensa variedad de artículos que incluyen desde líneas para el hogar hasta línea de juguetes.

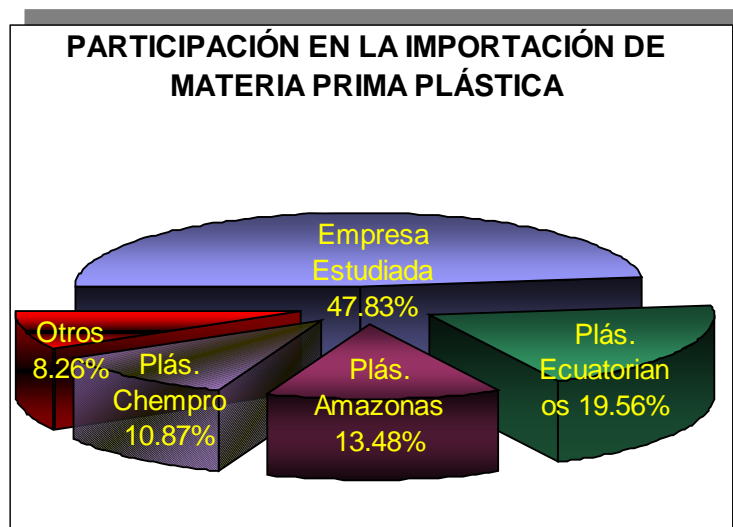
Con más de tres décadas de comprobada calidad, la compañía amplía aún más sus horizontes lanzando con orgullo una línea de ollas, sartenes y utensilios de cocina, todos en aluminio. La Empresa

siguió creciendo, modernizándose constantemente para servir mejor, encumbrando a la industria como líder absoluta del mercado. En 1995, hace realidad una cadena de locales comerciales con marca propia, tiendas que abarcan las principales ciudades del país, Guayaquil y Quito, ofreciéndole al usuario toda la variedad, surtido, y colorido de productos en un sólo local.

Como una empresa sólida, productiva e innovadora y siendo líder en las categorías donde participa en Ecuador y una de las más importantes del Pacto Andino, desde algunos años, mantiene relaciones comerciales con varios países de América tales como: Colombia, Perú, Bolivia, Brasil, Chile, Argentina y Uruguay, sin descuidar países importantes del área del Caribe; con estos nuevos desafíos se alcanzó nuevos éxitos, fuera de nuestras fronteras.

Hoy por hoy comercializa más de 3,000 referencias y emplea alrededor de 1,200 personas. Es indiscutiblemente reconocida como la Empresa Líder en Plásticos del Ecuador, esto lo demuestra con la mayor participación en las importaciones de materia prima plástica, figura 1.4, donde alcanza un 47.83%; su rival mas cercano, Plásticos Ecuatorianos, aparece con un 19.56% del total de toneladas importada.





**FIGURA 1.4 PARTICIPACIÓN EN LA IMPORTACIÓN DE MATERIA PRIMA PLÁSTICA EN EL AÑO 2003.**

Por eso tiene la difícil tarea de crecer y renovar constantemente sus productos y procesos, para cumplir su misión, la misma que señala:

**Nuestra misión es proveer excelentes productos y servicios mediante la innovación permanente y la valoración de nuestras marcas, para satisfacer las expectativas de los clientes, mantener liderazgo en el mercado y en la prosperidad de accionistas y colaboradores.**

**Demanda la optimización de los recursos, el trabajo en equipo e incentiva el desarrollo humano, respetando y observando la ética personal y profesional en todas sus acciones.**

## **Visión**

**Ser una empresa de clase mundial líder en su sector, basado en la excelencia de sus productos y servicios, bajo una cultura orientada hacia la calidad y satisfacción del cliente interno y externo y soportada por la óptima capacidad profesional y ética de sus colaboradores.**

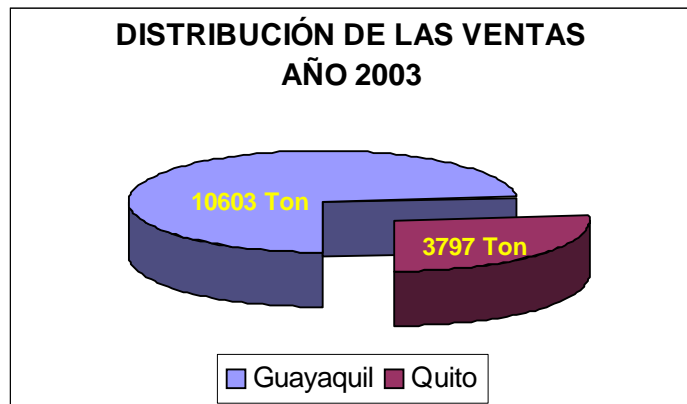
### **1.2 Descripción General de la Planta.**

La Planta Industrial se localiza al noroeste de la ciudad de Guayaquil a la altura del kilómetro 7½ de la vía a Daule desde 1961, la producción se comercializa en mercados nacionales e internacionales, las ciudades donde se registraron las mayores ventas en el año 2003 fueron: Guayaquil y Quito con 10,602.72 Ton y 3,797.28 Ton respectivamente (ver figura 1.5 ).

La planta está identificada por 8 divisiones, las cuales son:

- División Procesado
- División Inyección – Soplado
- División Juguetes
- División Calzado
- División Cueros

- División Zapatillas
- División Técnicos
- División Servicios Generales.



**FIGURA 1.5** DISTRIBUCIÓN DE LAS VENTAS EN EL AÑO 2003.

Actualmente cuenta con 949 trabajadores, entre personal fijo y eventual, tal cual se detallan en la tabla 1. La mayor concentración de personal se encuentran en la División Inyección – Soplado con 291 personas que representan el 30.66% del total general de la planta, seguido por la División Calzado con 180 personas que representan el 18.97% y la División Zapatillas con 165 personas que corresponden al 17.39%, la empresa presenta una estructura organizacional de forma lineal. A continuación se presenta un resumen de las funciones que se realizan en cada una de la divisiones.

TABLA 1

**DETALLE DEL NÚMERO DE PERSONAS QUE LABORAN EN LA  
PLANTA DE LA EMPRESA.**

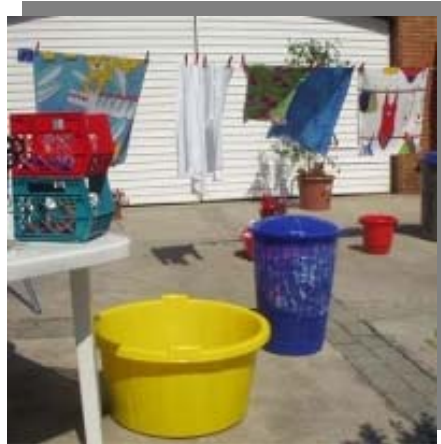
<b>División</b>	<b>Número de personas</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Procesado	65	6.85
<b>Inyección-Soplado</b>	<b>291</b>	<b>30.66</b>
Juguetes	98	10.33
Calzado	180	18.97
Cueros	46	4.85
Zapatillas	165	17.39
Técnicos	74	7.80
Servicios Generales	30	3.16
<b>Total</b>	<b>949</b>	<b>100.00</b>

**División Procesado.**

Es la encargada de manejar todas las bodegas de materia prima virgen y reciclada.

**División Inyección – Soplado.**

En esta división se fabrican todos los artículos inyectados y soplados que cuenta la empresa, más de 700 artículos diferentes, conformada por un amplio surtido de productos para uso dentro y fuera del hogar (figura 1.6), con diseños al día, utilidad y practicidad.



**FIGURA 1.6** VARIEDADES DE ARTÍCULOS PLÁSTICOS PARA EL HOGAR.

Los productos los elabora con materia prima de alta calidad y en alegres colores.

Además posee una línea élite, dirigida a un segmento, que a mas de distinción y elegancia, desea estar a la moda, formada por artículos plásticos de alta transparencia (ver figura 1.7).

También cuenta con una línea Industrial de enorme demanda por su elevada capacidad de orden, conservación, transporte e higiene para



**FIGURA 1.7** ARTÍCULOS PLÁSTICOS TRANSPARENTES

las más diversas industrias, desde agrícolas hasta mineras, está conformada por baldes, cascos, bandejas y las afamadas gavetas (figura 1.8).

La producción en el año 2003, de esta división, alcanzaron las 14,400 Ton.



**FIGURA 1.8** GAVETAS INDUSTRIALES PLÁSTICAS.

**División Juguetes.**

Se encarga de producir todo los tipos de juguetes que posee; año a año se convierte en la estrella de la Navidad, iluminando y llenando de fantasía miles de hogares; su línea incluye: pelotas, carros, juegos didácticos, juegos de playa y una línea de muñecas de todo tipo, que vienen con los más originales mecanismos y accesorios (figura 1.9). La producción fue de 312 Ton aproximadamente.



**FIGURA 1.9 MUÑECA INFANTIL**

**División Calzado.**

Se encarga de producir una variedad de líneas de calzado deportivo y botas. El calzado escolar, deportivo y casual son fabricados en combinación de lona y suela inyectada de PVC (cloruro de polivinilo), resistentes a todos los estados ambientales (figura 1.10).



**FIGURA 1.10** CALZADO ESCOLAR DEPORTIVO.

Para el sector pesquero, agrícola, constructor y otros que requieren resistencia; las botas (figura 1.11), proporcionan seguridad y comodidad en el trabajo diario, son totalmente impermeables; se presentan en diseños y colores variados, fabricadas con suelas especialmente diseñadas para mejor agarre en superficies húmedas e irregulares y con materiales de alta calidad que facilitan su limpieza. La producción alcanzada en el año 2003 fueron de alrededor de las 4,500 Ton.

#### **División Cueros.**

Se dedica a la producción de cueros sintéticos tanto para tapicería como para zapatería, es el principal proveedor de material de zapatería para la división calzado. La producción conseguida fue de aproximadamente las 3,600 Ton para el año 2003.





**FIGURA 1.11** BOTAS DE ALTA RESISTENCIA.

#### **División Zapatillas.**

En esta división se fabrican atractivas, cómodas e impermeables zapatillas (figura 1.12), elaboradas con suelas de planchas micro porosas, para uso diario, casual o de playa; se encuentran diseños modernos, clásicos, juveniles e infantiles y con plantilla preformada de tipo ortopédico. Tiene alrededor de 540 Ton de producción en el año 2003.

#### **División Técnicos.**

Agrupar personal técnico que labora en la industria y que se dedica al mantenimiento de maquinarias, moldes e instalaciones de la empresa.



**FIGURA 1.12 ZAPATILLAS DEPORTIVAS.**

**División Servicios Generales.**

Está encargada de llevar los controles contables de la compañía y supervisar todos los servicios de los trabajadores.

Los valores de Toneladas producidas por cada división se aprecian en la tabla 2.

Donde se puede identificar que el mayor porcentaje de participación en producción correspondieron a la División de Inyección-Soplado con un aproximado de 14,400 Ton, que equivalen al 61.66% del total, seguido por el 19.27% de la División Calzado y los cuatros restantes, agrupados como otros, con el 19.07%. Los valores de las divisiones: procesado, técnicos y servicios generales; no son expuestos porque en ellas no se producen procesos de producción.

TABLA 2

## TONELADAS PRODUCIDAS EN EL AÑO 2003

División	Producción (Ton)	Porcentaje (%)
Procesado	--	--
<b>Inyección-Soplado</b>	<b>14,400</b>	<b>61.66</b>
Juguetes	312	1.33
Calzado	4,500	19.27
Cueros	3,600	15.41
Zapatillas	540	2.31
Técnicos	--	--
Servicios Generales	--	--
<b>Total</b>	<b>23,352</b>	<b>100.00</b>

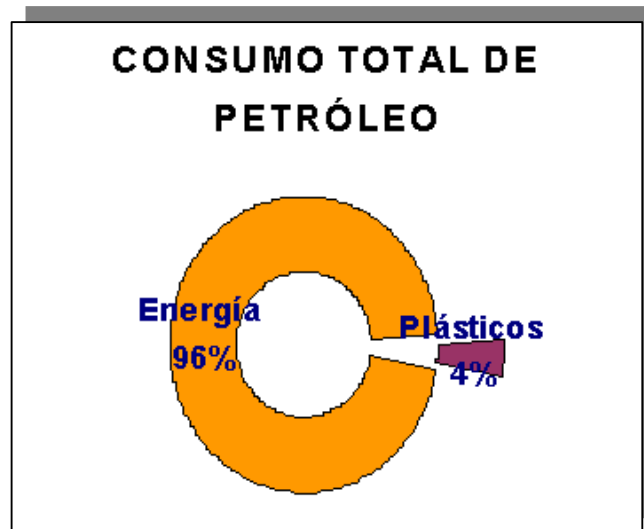
Para tener idea sobre el valor de ventas obtenidas por cada división, será suficiente mencionar que la división Inyección-Soplado recaudó alrededor de los \$28,800,000 en el año 2003, de ahí la importancia que representa para la empresa mantener un sistema de control y mejoramiento continuo que asegure el normal funcionamiento de todas las divisiones, en especial, a la que tiene como su principal fuente de producción y base de ventas, la división Inyección-Soplado

**Desarrollo y definiciones del plástico: elemento base usado por las industrias.**

Como se mencionara al inicio, los artículos que produce la empresa son a base de materiales *plásticos*, esta palabra se deriva del griego "Plastikos" que significa "Capaz de ser Moldeado". Técnicamente los plásticos son sustancias de origen orgánico formadas por largas cadenas macromoleculares (polímeros) que contienen en su estructura carbono e hidrógeno, principalmente.

Polímeros es una palabra de origen latín que significa Poli = muchas y meros = partes, de los cuales se derivan también otros productos como los adhesivos, recubrimientos y pinturas.

Los plásticos proceden de diversas fuentes: resinas de los árboles, petróleo, gas natural, carbón y sal común. En el caso del petróleo, este se refina para formar moléculas orgánicas pequeñas, llamadas monómeros, que luego se combinan para formar polímeros resinosos, que se moldean o extruyen para fabricar productos plásticos. Se ha estimado que alrededor del 96% del petróleo mundial se quema para producir energía (transporte, varios), en cambio, sólo entre el 2 y 4% se emplea en la producción de plásticos.



**FIGURA 1.13** CONSUMO TOTAL DEL PETRÓLEO MUNDIAL

**Propiedades comparativas del plástico con otros materiales.**

**Los materiales metálicos** tienen muy buenas propiedades de resistencia mecánica, soportan temperaturas elevadas, conducen el calor y la electricidad, pero sufren corrosión, sus costos de fabricación son elevados y sus densidades son relativamente altas.

**Los materiales cerámicos** son los que soportan las más altas temperaturas, tienen muy buena resistencia química, son duros, pero también son frágiles, bastante pesados y sus procesos de fabricación son costosos.

**Los materiales plásticos** tienen menores resistencias mecánicas que los metales, pero en cambio sus densidades son bastante inferiores, con lo cual pueden ser altamente competitivos en este campo. Tienen en general, mejor resistencia química que los metales y por eso precisamente se los utiliza en la formulación de pinturas. La mayor parte de ellos son materiales aislantes pero actualmente se han diseñado polímeros conductores con amplias aplicaciones industriales (electrónica). Los procesos de fabricación son dos y hasta tres veces más baratos que los correspondientes a los metales.

#### **Ventajas y desventajas del plástico.**

Aunque resulte paradójico, algunas de las propiedades que destacan como “positivas”, pueden resultar también “negativas”. Por ejemplo, el hecho de que los polímeros tengan una resistencia química relativamente alta, provoca que no se degraden con facilidad y por tanto pueden permanecer por mucho tiempo en la naturaleza. Su baja densidad es la “culpable” de su mala fama ambiental, ya que esta propiedad los hace mucho más visibles en el medio ambiente que otro tipo de materiales; por ejemplo: flotan en el agua de los ríos, en un depósito de basura son los más visibles.

**Ventajas.**

- Bajos requerimientos energéticos para la formación de piezas terminadas. Se necesitan temperaturas que en general no superan los 250°C, en cambio, para la fundición de aluminio se necesita sobrepasar los 600°C.
- En muchos casos las piezas plásticas terminadas pueden estar listas en una sola etapa de procesamiento, en cambio los metales suelen requerir varias etapas de acabado.
- Las materias primas están disponibles a bajos costos.
- Facilidad en el reciclaje, los procesos de transformación requieren menos energía y son más eficientes.
- Bajos costos de fabricación.
- El desarrollo de la tecnología de los polímeros ha permitido sustituir, en ciertos dominios a los metales: en aplicaciones de alta tecnología, por ejemplo en el fuselaje de la aviación comercial y militar, en la construcción de recipientes y tuberías para la industria química, etc.
- En aplicaciones más sencillas por ejemplo en el diseño de impulsores para pequeños botes, armazones de electrodomésticos que antes usaban metales, etc.

**Desventajas:**

- Están limitados a temperaturas de aplicación relativamente bajas, comparadas con las que pueden resistir los metales y las cerámicas. Los valores máximos suelen estar alrededor de los 370°C.
- Pueden ser inflamables.
- Su resistencia al rozamiento y fricción es también es relativamente baja.
- Para reciclarse tienen cierta dificultad para ser separados, sobre todo si se los compara con los metales.

**Descripción de los componentes agregados al plástico, que usa la empresa en fabricar los artículos.**

Los materiales plásticos llevan en su composición, a más del polímero base, una serie de sustancias tanto de origen inorgánico como orgánico (aditivos y refuerzos y cargas), que les permiten mejorar las propiedades físicas, mecánicas, químicas y térmicas, para hacer más fácil su procesado y transformación, a fin de obtener materiales con aplicaciones específicas.

La materia prima plástica base usada en los diferentes procesos de fabricación por la empresa son:



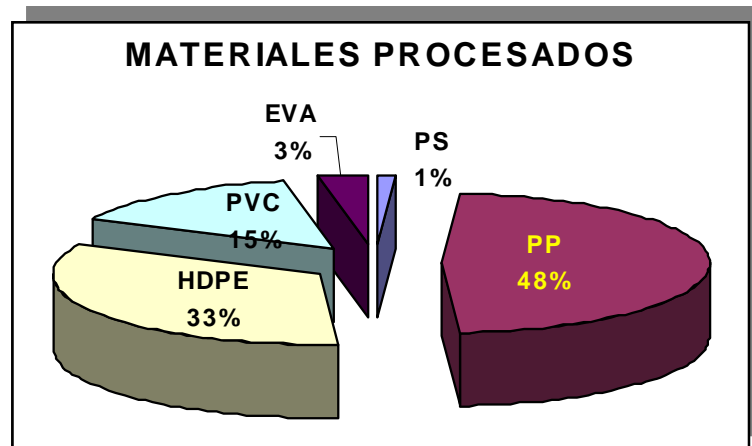
- Polietileno de alta densidad (HDPE)
- Poliestireno (PS)
- Polipropileno (PP)
- Cloruro de Polivinilo (PVC)
- EVA

Siendo los más usados el PP con el 48% y el HDPE con el 33%, como se muestran en la figura 1.14. Esos dos materiales son 100% reciclables, relativamente fáciles de procesar y aplicables para la gran variedad de artículos de la empresa.

Esos dos polímeros son también los más usados por la mayoría de industrias plásticas que laboran en el país, por ejemplo: las bolsas transparentes utilizadas para envolver fideos y diversos productos fritos (Chifle cervecero, Tortolines, Jalapeños, Tostitos, etc.), y los recipientes para microondas son generalmente fabricados de PP.

Los recipientes para alimentos en forma de polvo (Chocolisto, Nesquik), las botellas grandes y opacas para agua (de aproximadamente 5 lt), los recipientes para limpieza (Woolite, Mimosín, Suavitel, Ajax) están elaborados de HDPE, aunque otros

prefieren PP (Pinoklin). Los recipientes grandes de yogurt(Toni, Alpina) son de HDPE.



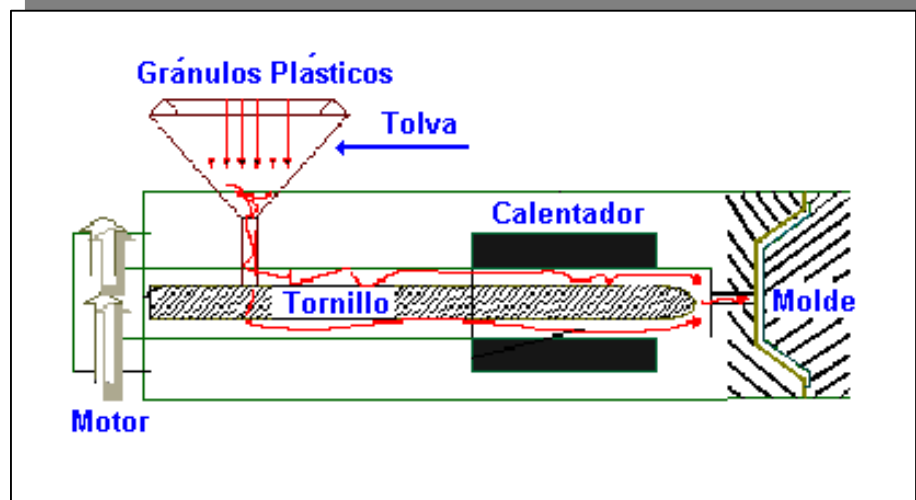
**FIGURA 1.14** PROPORCIÓN DE MATERIALES USADOS POR LA EMPRESA EN EL AÑO 2003

#### **Tecnología empleada en el moldeo de la materia prima.**

Para la transformación de la materia prima (virgen y reciclada) en artículos terminados se emplean dos técnicas:

- ✓ Inyección; y,
- ✓ Soplado.

La primer técnica utiliza máquinas inyectoras de diferentes capacidades, figura 1.15, para moldear el material plástico y obtener diversas formas, como: lavatorios, baldes, tazas, etc.



**FIGURA 1.15 SECCIÓN TRANSVERSAL DE UNA MÁQUINA INYECTORA**

El proceso de operación consiste en introducir el plástico granulado (virgen) o en pellets (reciclado) dentro de un cilindro, donde por medio de un tornillo sinfín ubicado en su interior, que actúa de igual manera que el émbolo de una jeringuilla, calienta y reblandece el plástico lo suficiente para inyectarlo a alta presión en el interior de un molde de acero donde toma su forma, el molde y el plástico inyectado se enfrían mediante la circulación de agua por unos canales interiores. Por su economía y rapidez, el moldeo por inyección resulta muy indicado para altos niveles de producción.

La segunda técnica, Soplado, al igual que la técnica de Inyección, empieza alimentando al cilindro con material plástico, donde se calienta y reblandece por medio de un tornillo sinfín en su interior,

luego, pasa a un dado donde se produce una preforma o manga tubular vertical y descendente, que al alcanzar una determinada longitud, se le aplica la acción de un molde cuyo mecanismo cierra las dos parte de la preforma y en su interior se aplica aire a presión contra la lámina de plástico hasta adaptarla al molde para obtener la forma el artículo final, este es expulsado por su propio peso o por el aire a presión que aún se encuentra en su interior y se continua con la elaboración de otro artículo.

En la tabla 3 se muestran las características técnicas de una unidad de soplado que se encuentra en la planta.

En la división Inyección–Soplado se encuentran un total de 65 máquinas, figura 1.16, destinadas a la fabricación de los diversos artículos, 57 son máquinas inyectoras y 8 son máquinas sopladoras (ver APÉNDICE A).

### **1.2.1 Volumen y Costo de Desperdicio de la Sección Inyección y Soplado en el año 2003.**

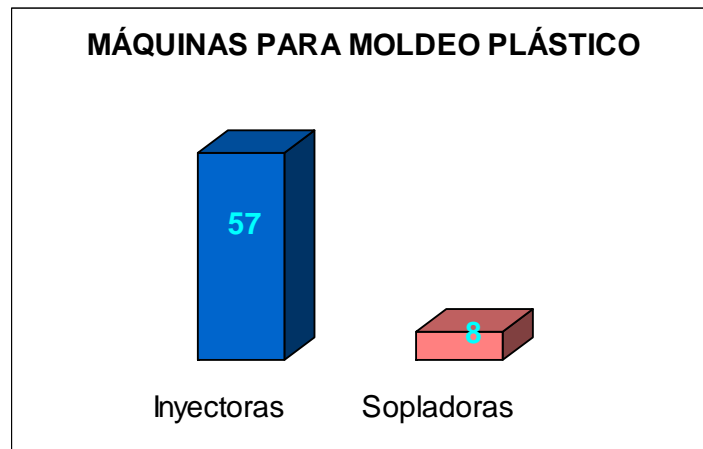
Los desperdicios en todo proceso productivo, es un factor negativo que en la gran mayoría de los casos es muy difícil o

TABLA 3.

## DESCRIPCIÓN DE UNA UNIDAD DE SOPLADO.

Descripción	Unidad	Valor
Tamaño máx. del artículo	cm <sup>3</sup>	3000
Funcionamiento	--	Hidráulica
Fuerza de cierre	KN	60
Ciclo en seco	seg	2.1
Luz máx. entre platos mín./máx.	mm	260/425
Carrera de apertura	mm	165
Carrera de transporte	mm	225
Dimensiones molde de anchura / espesor / altura.	mm	250 x 200 x 400
Consumo de Aire, Agua y Energía		
Consumo de Aire Soplado.	m <sup>3</sup> /hh	20-60
Presión de trabajo	bar	140
Capacidad de refrigeración necesaria, Extrusora+molde	KJ/(Kg /h)	10000
Capacidad de refrigeración necesaria, Hidráulica	KJ/h	8000

Consumos Nominales	Hidráulica	KW	4
	Extrusora	KW	18
	Calefacción	KW	20
	Consumo Nominal Total	KW	40
Consumo medio de energía aprox.		KWh	25
<b>Extrusora Accionamiento sin Escalonamiento</b>			
Relación L/D		-	24
Diámetro del husillo, D		mm	60
Motor eléctrico a corriente continua DC		KW	22
Motor conmutador		KW	22
Ámbitos de revolución del husillo	PE estándar	r.p.m.	25 – 100
	PVC	r.p.m.	15 – 62
Capacidad de plastificación	PE estándar	Kg/h	18 – 65
	PVC	Kg/h	16 – 65
Potencia de calefacción-PVC / PE / HMPE		KW	21.4
Zonas de calefacción		--	4
<b>Posibilidades de Producción</b>			
A	Altura H máx.	mm	350
	Fondo F máx.	mm	140
B	Altura H máx.	mm	340
	Fondo F máx.	mm	140
C	Altura H máx.	mm	320
	Fondo F máx.	mm	140



**FIGURA 1.16** NÚMEROS DE MÁQUINAS UBICADAS EN LA PLANTA.

casi imposible evitarlos, las empresas siempre tratarán de minimizarlos o darles otros usos; en la tabla 4, se muestran los niveles de materia prima consumida en la fabricación de los productos terminados y los niveles de desperdicios generados, correspondientes a la producción de la división Inyección-Soplado en el año 2003.

Estos datos reposan en la base de datos del departamento estadístico de la empresa.

En la división Inyección-Soplado, son muchas las causas por las que se generan desperdicios (también conocido como “scrap industrial”), entre las que se encuentran:

- Por bebederos o mazarotas y canales de distribución en el molde.
- Cambios de color.
- Limpieza de la unidad de inyección.
- Regulación de máquina.
- Por defectos en la calidad del producto.
- Durante el arranque de producción de la máquina.
- Durante la descarga de la máquina, al término de la producción.
- Equivocaciones en producción o planificación.

**TABLA 4**

**MATERIA PRIMA CONSUMIDA Y DESPERDICIOS  
GENERADOS EN LA PRODUCCIÓN**

<b>Mat. Prima Consumida (Ton)</b>	<b>Productos Terminados (Ton)</b>	<b>Desperdicios (Ton)</b>
15,206	14,400	1,552
<b>100.00%</b>	<b>94.70%</b>	<b>5.30%</b>



El desperdicio generado se clasifica en dos tipos de scrap, uno es aquel que luego de generado se retritura y regresa inmediatamente a la línea de producción (scrap recuperado), y el otro es aquel que queda almacenado en la planta (scrap retenido) para una posterior recuperación (pellets). En la tabla 5 se muestran las cantidades de los tipos de scrap mencionados.

**TABLA 5**

**VOLÚMENES DE SCRAP SEPARADOS**

<b>Tipos de Scrap</b>	<b>Cantidad (Ton)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Recuperado	1,062.62	68.46
Retenido	489.38	31.54
<b>Total</b>	<b>1,552.00</b>	<b>100.00</b>

El scrap retenido, se caracteriza por presentar un plástico contaminado, generalmente, por la presencia de otros materiales adheridos a él, como: grasa, tierra, papel, madera, metal, etc., además, a esto se suman los artículos con mezclas de colores, tortas y artículos que resultan de un programa de intercambio (productos usados como parte de pago: gavetas, canastas, jabas) que tiene la empresa con

otras industrias. Para eliminar esa contaminación, al scrap se lo somete a un proceso de recuperación, llevado a cabo en el Área de Peletizado.

En la tabla 6 se presentan las cantidades totales y parciales de scrap contaminado a recuperar.

**TABLA 6**

**VOLÚMENES DE SCRAP CONTAMINADOS A RECUPERAR**

Scrap Retenido	Cantidad (Ton)	Porcentaje (%)
Proceso	4.18	0.39
Malas	485.20	45.17
Tortas	5.84	0.54
Intercambio	578.86	53.89
<b>Total</b>	<b>1,074.08</b>	<b>100.00</b>

La empresa aplica dos tipos de costos sobre esos desperdicios; en el primero, se agrupan los desperdicios de la producción diaria (proceso, malas y tortas); y en el segundo los que provengan del programa de intercambio. Para el primer grupo el valor promedio dado como costo de materia

prima es de 350 dólares por tonelada, y para el segundo grupo es de 250 dólares por tonelada. Los valores totales y parciales de ellos se aprecian en la tabla 7.

**TABLA 7**

**COSTO DE LA MATERIA PRIMA PARA EL PROCESO DE PELETIZADO.**

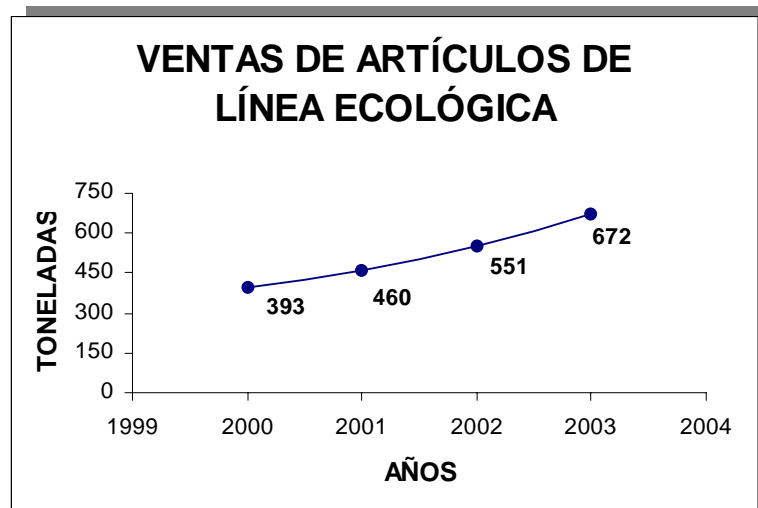
<b>Scrap Retenido</b>	<b>Cantidad (Ton)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>	<b>Porcentaje Costo (%)</b>
Producción	495.22	173,502	54.52
Intercambio	578.86	144,715	45.48
<b>Total</b>	<b>1074.08</b>	<b>318,217</b>	<b>100.00</b>

Como se podrá observar la suma de \$318,217 es un valor considerable, que de no ser reducido afectaría a la utilidad recibida por la empresa.

La mejor manera de aliviar los costos de esos desperdicios, es mediante la recuperación y transformación de ellos en otros artículos para la venta, para eso, la planta cuenta con una área de recuperación (**Área de Peletizado**), donde se

reciclará al scrap retenido para obtener materia prima de buena calidad en forma de pellets.

Esos pellets se usarán en la fabricación de los productos de la línea ecológica comercializada por la empresa, la cuál ha visto incrementada sus niveles de ventas en los últimos años, tal como se observa en la figura 1.17.



**FIGURA 1.17** VENTAS DE LOS CUATRO ÚLTIMOS AÑOS DE LÍNEA ECOLÓGICA.

Sin embargo, en el transcurso del año 2003, la programación de producción del área de peletizado no fue cumplida, debido a varios factores que serán analizados en el capítulo 2.

Por ese motivo, la administración de la empresa y la gerencia de la división Inyección-Soplado, preocupados por los bajos índices de productividad, propuso la realización de un análisis y mejoramiento de la producción del área de peletizado, el mismo que se justifica con el desarrollo del presente trabajo.

# **CAPÍTULO 2**

## **2. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS.**

Para identificar y analizar los problemas presentes en el área de Peletizado, se realizará una descripción de todos los procesos productivos participantes, con el fin de conocer detalles físicos de las instalaciones y los métodos de trabajo desarrollados; en este capítulo, también se usarán el Diagrama Causa-Efecto y el análisis ABC o también llamado Pareto para identificar los factores que representan los mayores paros a la línea de producción y de esa manera focalizar los esfuerzos en reducir el ochenta por ciento de esos problemas.

Conjuntamente se realizarán otros tres estudios: de tiempos, de las relaciones funcionales del área con el resto de departamentos y de las condiciones de trabajo del proceso; con el propósito de determinar otros aspectos que pudieran afectar o causar incidencia a la producción.

Antes de desarrollarse ese contenido, primeramente se presentará la definición y descripción del producto elaborado.

### **Definición y descripción de los pellets plásticos reciclados.**

Como se mencionará, en el área de peletizado se realiza la recuperación de los desperdicios plásticos: generados diariamente en la producción y de artículos provenientes del programa de intercambio con otras industrias, ambos fabricados a partir de materia prima virgen importada; el elemento resultado de ese proceso productivo serán los pellets plásticos reciclados, que luego serán usados como materia prima en la fabricación de una gran cantidad de artículos de la línea ecológica que comercializa esta empresa.

El tipo de pellets que se producen tienen forma de barriles cilíndricos (3 mm de largo y 3 mm de diámetro), mayormente en colores café, verde y beige (sin precisar un tono); los tipos de polímeros bases que se usarán como materia prima, mencionado en el capítulo 1, serán el PP y el HDPE, materiales 100% reciclados. La tecnología a usar para el moldeo de esos plásticos serán a través de máquinas extrusoras.

La unidad de almacenamiento usada para los pellets será el saco de 25 Kg.

### Propiedades Físicas.

Al igual que la mayoría de los polímeros plásticos, el PP y HDPE, son materiales livianos (de baja densidad), no conducen el calor ni la electricidad, no soportan temperaturas muy elevadas pero tienen buena resistencia al paso del agua y del oxígeno (permeabilidad). En la tabla 8 se presentan las características físicas más importantes de los dos tipos de materiales mencionados.

**TABLA 8**  
**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL PP Y HDPE.**

Polímeros	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Propiedades Térmicas - Máx y Mín (°C)	Conductividad Térmica (W/m°K)
PP	0.904	140/-30	0.195
HDPE	0.950	120/-50	0.445

En el proceso de reciclar, el valor de densidad permite reconocer a los materiales por su peso, las temperaturas indicarán el rango de resistencia bajo el cual deberán encontrarse para su correcta funcionalidad. La permeabilidad de ambos, es menor a 0.01 %, sumergido 24 horas en agua.



### **Propiedades Químicas.**

En general estos polímeros tienen buenas propiedades químicas, no obstante pueden sufrir degradación, como todo material, bajo la acción de diversos factores, ese deterioro puede provocar que las cadenas del polímero se rompan y por tanto disminuyan sus propiedades, acortando así su tiempo de vida útil.

El deterioro del material puede ser causado por efectos físicos, entonces se le denomina “envejecimiento físico”, y puede darse por:

- Absorción de solventes.
- Absorción de humedad.
- Migración de aditivos.
- Cambios en la cristalinidad.

Si la modificación de las propiedades es ocasionada por reacciones químicas, se trata de un “envejecimiento químico” y depende de:

- Las condiciones a las que se encuentra sometido (fundamentalmente temperatura).
- La naturaleza del medio en el cual se encuentra inmerso (ácido básico, oxidante, reductor, orgánico, inorgánico).

- Las concentraciones de los agentes agresivos, entre otros.

Los pellets llevan en su composición, a más del polímero base (PP o HDPE), una serie de sustancias tanto de origen inorgánico como orgánico (aditivos y refuerzos), que les permitirán mejorar las propiedades físicas y químicas, facilitando su procesado y transformación.

### **Aditivos**

Los aditivos son sustancias, generalmente orgánicas, que se mezclan con los polímeros bases para mejorar sus propiedades físicas (plastificantes) o químicas (estabilizantes).

**Los plastificantes**, son materiales orgánicos pesados que al incorporarse a los polímeros destruyen parcialmente las interacciones entre las cadenas responsables de la cohesión mecánica, con lo cual se transforma al material inicialmente rígido en flexible. **Los estabilizantes** están destinados a retardar, ralentizar o inhibir los procesos responsables de las alteraciones durante la utilización del material. Los principales estabilizantes usados son los siguientes:

- *Antioxidantes*: Su objetivo es retardar la oxidación térmica en el curso de la utilización y transformación de los plásticos. Usualmente se emplean: fenoles, aminas, mercaptanos y fosfitos.
- *Estabilizantes a la degradación por radiaciones*: Impiden la penetración de la radiación UV en el seno del polímero, que desactivan los estados excitados creados por absorción de fotones.
- *Colorantes*: Para dar una coloración particular al material, se utilizan colorantes solubles en el polímero y pigmentos insolubles que se encuentran dispersados en el seno del mismo. En el proceso de fabricación industrial, se suele utilizar frecuentemente una mezcla concentrada de pigmentos y colorantes para incorporarla luego al conjunto de la materia plástica a ser procesada.
- *Antiestáticos*: Estas sustancias permiten limitar la acumulación de cargas eléctricas en la superficie del polímero. Se suelen utilizar aminas, ésteres y fosfatos.
- *Lubricantes*: Facilitan el procesado, como por ejemplo los estereatos de zinc o calcio, o las ceras de polietileno.

### **Refuerzos y cargas**

Para mejorar las propiedades mecánicas en ciertas partes de los artículos, a los polímeros se añaden carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), esta

mezcla así formada constituyen los llamados materiales compuestos de matriz polimérica o también plásticos reforzados.

En la tabla 9 se presentan algunas de las propiedades de los HDPE virgen y reciclado.

**TABLA 9**

**PROPIEDADES DE LOS HDPE VIRGEN Y RECICLADO**

<b>Propiedades</b>	<b>Virgen</b>	<b>Reciclado</b>	<b>Variación %</b>
<b>Tracción (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	0.87	0.34	60.92
<b>Flexión</b>	1.01	0.85	15.84
<b>Dureza (SHORE D)</b>	10	15	-50
<b>Densidad (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	0.950	0.941	--
<b>Brillo</b>	Alto	Bajo	--
<b>Presentación</b>	Excelente	Regular	--

Cuando se fabrican artículos con un mismo espesor, la tracción mide el límite de elasticidad, es decir mide la resistencia del plástico. La propiedad de flexión permite determinar la rigidez del material, a mayor rigidez se producen espesores más delgados. El material HDPE reciclado

tiene una densidad de  $0.941 \text{ gr/cm}^3$ , que es un valor cercano del HDPE virgen que es de  $0.950 \text{ gr/cm}^3$ ; todo plástico que se encuentre dentro del rango de  $0.941\text{-}0.965 \text{ gr/cm}^3$  es considerado un HDPE. El brillo y la presentación son propiedades visuales que incidirán en la aceptación del producto por parte de los clientes, donde el color y la transparencia de los artículos reciclados son inferiores a los artículos vírgenes.

## **2.1 Descripción del proceso de Peletizado.**

A nivel mundial el reciclaje de los plásticos se lo puede realizar a través de tres diferentes procesos:

**Reciclaje primario o mecánico;** se denomina así porque durante este proceso el plástico no sufre transformaciones químicas (y si existen, son poco significativas), el cual consiste en tomar polímeros de idénticas propiedades para transformarlas en pellets, mediante un proceso de transformación muy sencillo.

**Reciclaje secundario o químico;** este tipo de reciclado implica realizar el proceso inverso a la obtención de materiales poliméricos, es decir, provocar el fraccionamiento de los materiales poliméricos en sus componentes, que posteriormente pueden utilizarse y transformarse por reacción química. El objetivo ideal es recuperar los

monómeros para volver a fabricar los mismos polímeros. Los principales métodos químicos son los de: la depolimerización, gasificación, salvólisis y generación de corrientes hidrocarbonadas.

**Reciclado terciario o térmico;** es un proceso en el que los desechos plásticos se transforman en energía y se obtienen productos volátiles. El plástico es un excelente combustible, posee un poder calorífico similar al del gas natural (un kilo de plástico equivale a un kilo de gas natural), este aprovechamiento energético tiene grandes perspectivas futuras, si embargo, es necesario tomar en cuenta que, como producto de la combustión y de la degradación de los materiales plásticos, podrían emitirse a la atmósfera sustancias nocivas o contaminantes. Existen hornos simples complejos que cuentan con modernos sistemas (filtros) para eliminar esos gases contaminantes.

El proceso usado por esta empresa, es el descrito como reciclaje primario o mecánico, el mismo que consta de seis procesos principales , que son (figuras 2.1 y 2.2):

- Clasificación y limpieza.
- Secado Natural.

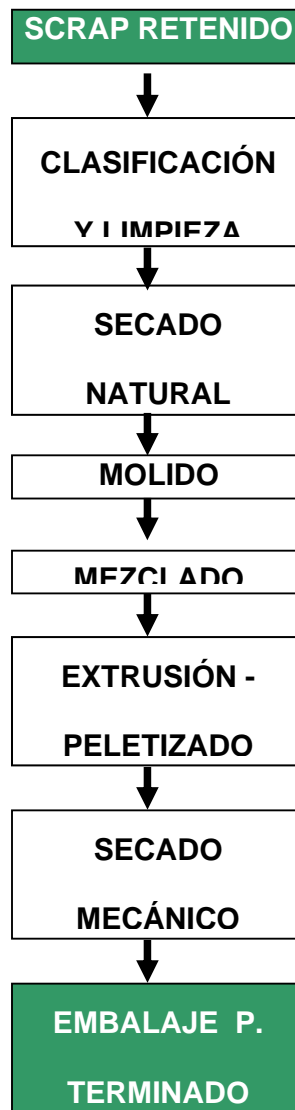
- Molido.
- Mezclado.
- Extrusión-Peletizado.
- Secado Mecánico.

El proceso empieza con la recepción de materia prima (scrap retenido) que se clasifica (en HDPE y PP) y se lava, para separar impurezas o elementos extraños adheridos al plástico. Ya clasificado y lavado, es expuesto al ambiente natural para secar la humedad que ganó en el proceso anterior, luego es molido y llenado en sacos con 25 Kg aproximadamente, que luego irán en carretillas al área de mezclas donde se le agregarán aditivos y refuerzos que mejorarán sus propiedades, ese compuesto es llevado a máquinas extrusoras, las que se encargarán en obtener los pellets plásticos, nuevamente serán secados en hornos y embalados en sacos de 25 Kg para ser almacenados en bodegas de materia prima.

#### **Descripción del Área de Clasificación y Limpieza.**

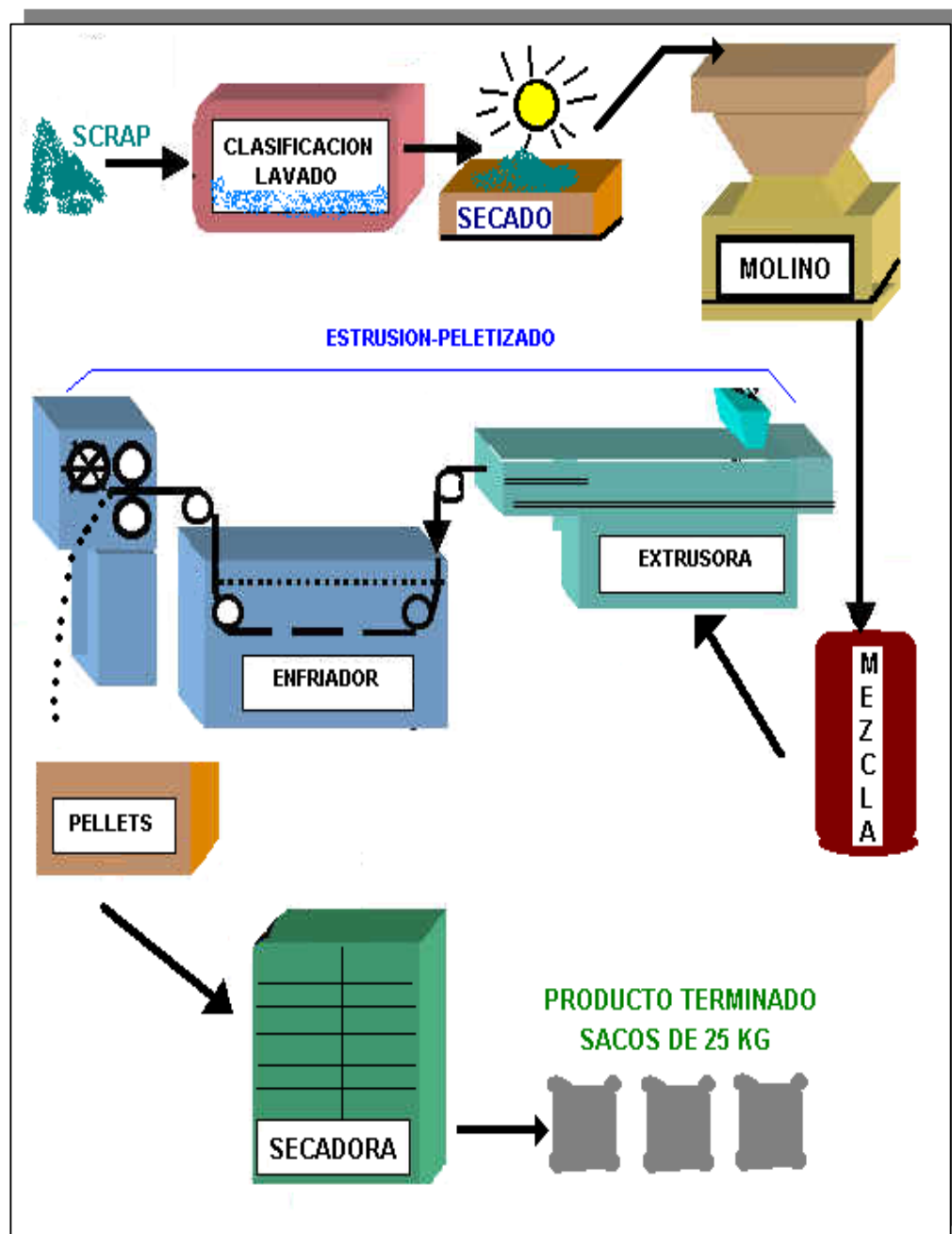
Las actividades de clasificación y limpieza es el primer proceso de la línea de peletizado, la primera actividad consiste en agrupar los artículos, ver figura 2.3, por el tipo de material usado, PP y HDPE,

para evitar la mezcla de propiedades de cada uno y ocasionar variables difícilmente de controlar en los posteriores procesos.



**FIGURA 2.1** ETAPAS DEL PROCESO DE PELETIZADO





**FIGURA 2.2** DIAGRAMA DE LAS ETAPAS DE LOS PROCESOS DE PELETIZADO



**FIGURA 2.3** ACUMULACIÓN DE SCRAP RETENIDO

La clasificación solamente se hará por tipo de material y no por color (excepto los artículos que provienen del programa de intercambio), debido a la gran variedad de colores que se manejan, por eso los pellets plásticos que resultan al final del proceso serán en colores verde, café y beige, sin precisar un tono. La clasificación se hará de manera manual, el operador tomará el scrap almacenado en los alrededores del área (colocado por el personal de planta que los transportan en carretillas, carretas o montacargas), y los repartirá en dos grupos, PP y HDPE, dejándolos almacenados momentáneamente hasta que sean tomados para ser lavados. Esta clasificación o separación se basará en cualquiera de las tres formas siguientes:

- La primera, interviene la experiencia del operador encargado, quien por sus conocimientos diarios de realizar la misma operación, ha adquirido la certeza de reconocer a los artículos por el tipo de material usado en su fabricación, esta alternativa permite una mayor rapidez de la actividad de clasificación; sin embargo, esta deja de ser práctica para operadores recién llegados.
  
- La segunda, usa la simbología dada en los Estados Unidos de América, quien al comenzar sus programas de reciclaje a los distintos plásticos, tropezó con una serie de problemas, entre los cuales estaba; como poder distinguir los diferentes tipos de resinas plásticas existentes en los desechos (más de cien tipos), y cuales de estos eran las más utilizados por la industria. Para tal fin se formó el Consejo de Soluciones Del Manejo De Desperdicios (The Council For Solid Waste Solutions), formado por las principales empresas “de plástico” tales como: Amoco, Arco Chevron, The Dow Chemical, Mobil, Quantum, Union Carbide, Dupont, Exxon y Eastman Chemical Company (Kodak); que identificaron a las seis resinas individuales de tipos plásticos más usadas, dichas resinas pueden ser identificadas, para su

posterior reciclaje, en forma sencilla mediante un código numerado en la base de todo material plástico. El código consiste de un triángulo formado por tres flechas, con el número de la resina en el centro, y letras fáciles de distinguir bajo el triángulo, ya que como se mencionara, las características diferentes de los plásticos exigen generalmente un reciclaje por separado. En medida es aproximadamente de ½ a 1 pulgada de diámetro (1.15 a 2.30 cm), el cual, puede ser aplicado por moldeo o impresión. El sistema de códigos establecido es el que sigue:

1. **PET** (Polietileno Tereftalato).
2. **HDPE** (Polietileno de Alta Densidad).
3. **PVC** (Cloruro de Polivinilo).
4. **LDPE** (Polietileno de Baja Densidad).
5. **PP** (Polipropileno).
6. **PS** (Poliestireno).
7. **OTROS** (Puede incluir cualquier otro tipo de aquellos no incluidos anteriormente).

En caso de existir la unión de dos o más plásticos, se escriben las siglas de los dos plásticos separados por una línea oblicua

(PVC/PP). Actualmente esta simbología se la conoce como SPI (Sociedad de Industrias de Plásticos Inc).

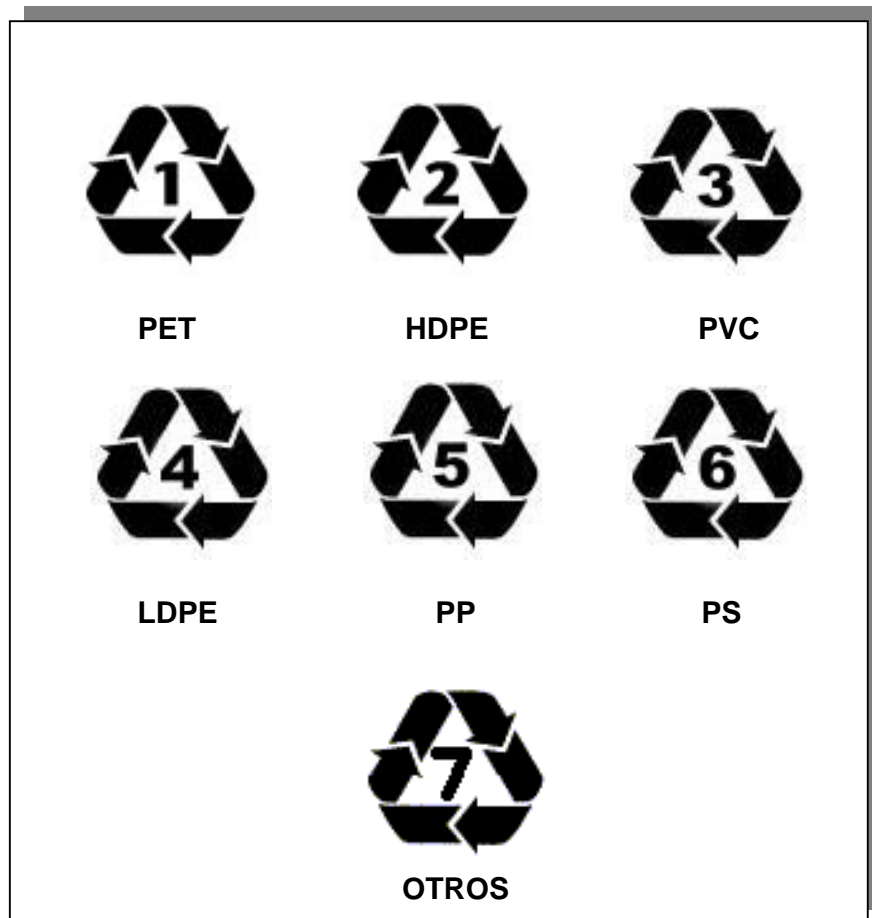
El uso de esta simbología esta limitada al estado visual que presente el artículo, en poderse leer claramente su identificación, ya que puede darse el caso de estar borrado, incompleto o simplemente no tenerlo. Esta segunda alternativa es útil para un operador recién llegado que no conoce los tipos de plásticos existentes. En la figura 2.4 se muestra la simbología dada a los plásticos.

- La tercera, emplea la diferenciación de las propiedades más notorias de cada resina como son: densidad y dureza.

La densidad ( $\rho$ ) a 20 °C está entre 0.941-0.965 g/cm<sup>3</sup> para el HDPE y 0.91 g/cm<sup>3</sup> para el PP, estos materiales sumergidos en agua hacen flotar a la superficie PP y algo hundido al HDPE, esto se lo comprobará cuando el operador realice la actividad de lavar al plástico.

El valor del índice de derretimiento hace referencia a la dureza de los materiales, se aplica más sobre las tortas y se comprueba

cuando el operador corta el material con sierra o cuchilla, donde el que se sienta más duro será HDPE y el más blando será PP



**FIGURA 2.4** SIMBOLOGÍA USADA PARA EL RECICLAJE DEL PLÁSTICO

Las dos primeras alternativas son las más usadas en la clasificación inicial del proceso, la tercera es explicada debido a que se comprueba en los procesos de lavado y molido.

En la segunda actividad se da la limpieza de scrap, ver figura 2.5, la cual empieza cuando el operador toma los artículos clasificados y los coloca manualmente dentro de una lavacara, donde se llegan a introducir artículos de hasta 75 cm. de ancho, y se realiza el lavado con agua y/o detergente, también de forma manual, puesto que no se encuentran máquinas para realizar esta operación; lo que logrará esta actividad es quitar o disminuir la suciedad, grasa, alambres, papel y otros elementos extraños visibles que contaminen al plástico, que podrían provocar averías a las máquinas de los siguientes procesos y comprometer la calidad de la materia prima obtenida.

El diseño del área es sencillo y práctico, consiste en un terreno a la intemperie, donde el agua usada para limpieza llega por medio de una manguera que atraviesa todo el terreno desde una llave conectada a la red de agua potable que cuenta la empresa, y la lavacara donde se introduce el scrap se encuentra sobre una plataforma formada por cuatro gavetas (cada una mide 35 cm de alto y una base de 40cm por 80 cm) de 65 cm de alto y una área de trabajo de  $6,400 \text{ cm}^2$  (80 cm x 80 cm), el área usado para almacenaje (antes y durante clasificación) es un piso mixto, una parte está cubierta con cemento pero la mayor parte es de tierra cubierta con una lona plástica de 3 mm de espesor para proteger de

contaminación el scrap limpio. En la figura 2.6, se presenta el Diagrama de Operaciones del proceso de clasificación y limpieza.

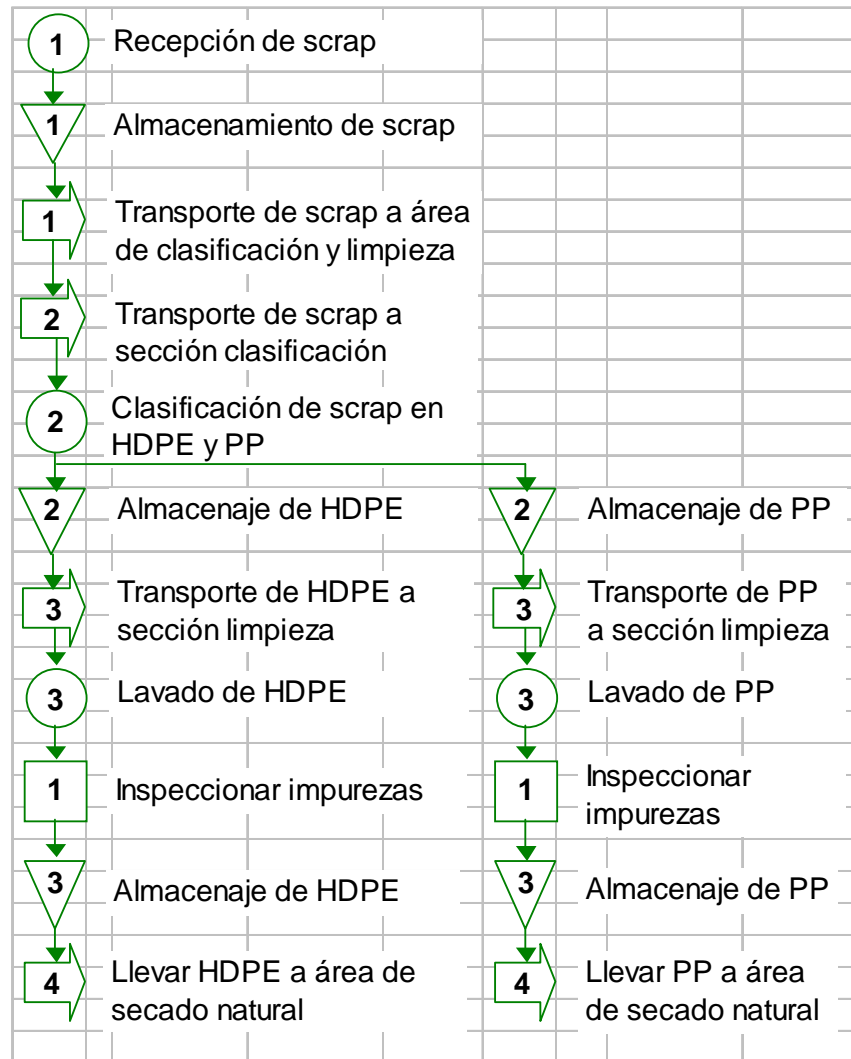
### **Materia prima**

La materia prima utilizada en el proceso de clasificación y limpieza es el scrap retenido, obtenido en la producción y del programa de intercambio, los cuales pueden venir; en sacos para 25 Kg, pallets para 1 o 3 Ton. y en silos para 10 Ton. El almacenamiento del scrap se lo hace en un lugar definido en el área, aunque se suelen utilizar otros espacios para almacenajes momentáneos.



**FIGURA 2.5 FOTOGRAFÍA DE LA OPERACIÓN DE LIMPIEZA POR EL TRABAJADOR DEL ÁREA**





**FIGURA 2.6** DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE CLASIFICACIÓN Y LIMPIEZA

Como ya se mencionó este proceso no cuenta con maquinaria para realizar la clasificación y limpieza del scrap, todas las actividades son manuales, la capacidad del proceso estará determinada por la rapidez del operador encargado en realizar cada actividad.

### **Manipuleo y Almacenamiento**

El scrap es transportado hacia el área de clasificación y limpieza en carretillas metálicas de dos ruedas, para cantidades pequeñas de hasta 200 Kg de scrap, también se usan carretas metálicas de cuatros ruedas para cantidades menores de 500 Kg de scrap, que pueden venir en fundas de 25 Kg o arreglos de artículos; y para transportar de 2 o 10 Ton de material usan montacargas, ya sea que el material viniera en pallets o en silos. Todos estos equipos no son de uso exclusivo del área, si no que se emplean en toda acción de movimiento que requiera la planta.

La razón de llenar fundas de 25 Kg es para colocar aquellos materiales de cuerpos pequeños (bebederos, rebabas, etc.) que entren fácilmente en las dimensiones del saco (70 cm de largo x 40 cm de ancho), cuando sobrepasan esas medidas se tratarán de apilar o arreglar los artículos, uno encima de otro o dentro de los que presenten mayor capacidad. Esos sacos provienen del embalaje de la materia virgen consumida en la producción y que son reutilizados para almacenar el scrap u otros materiales.

Dentro del desarrollo del proceso solo se hará uso de movimientos manuales por el operador, quien también maneja una cuchilla para

raspar el plástico, guantes, mascarilla y mandil para la protección personal.

### **Personal de Operadores**

Para las operaciones de clasificación y limpieza se encuentran asignadas dos personas, repartidas una para cada actividad, en un solo turno de 10 de horas de trabajo cada una, estas personas no requieren tener una mayor formación académica, ya que las funciones a desempeñar son relativamente sencillas.

### **Descripción del Área de Secado Natural.**



**FIGURA 2.7 FOTOGRAFÍA DE LA OPERACIÓN DE SECADO**

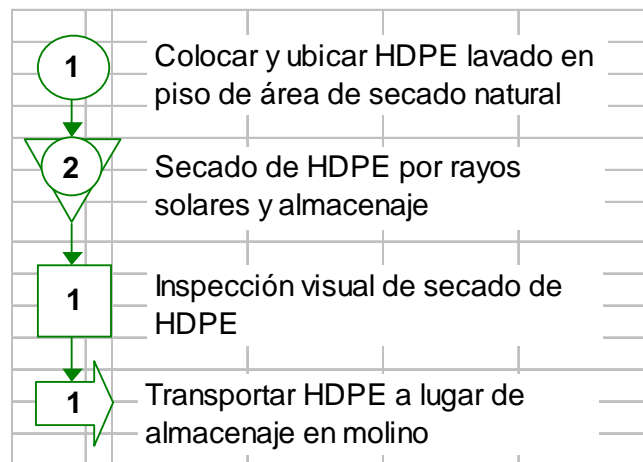
En el área de secado natural (figura 2.7), se procederá a eliminar la humedad del scrap, adquirida en el proceso de limpieza (menor 0.01%), para evitar paros de máquinas que perjudiquen el cumplimiento del programa de producción, ya que en los siguientes procesos, el plástico pasara por el interior de máquinas donde entrarán en contacto con mecanismos móviles, la humedad ocasionaría desgastes de zonas lubricadas, además evitará se adhieran uniformemente los componentes de refuerzo, que se agregan para mejorar la calidad de las propiedades del scrap, como también disminuir la propiedad de fluidez que se necesitan alcanzar para obtener un buen moldeo de productos terminados.

El área también está a la intemperie, ahí se colocan los artículos para que reciban el mayor contacto de los rayos solares y/o corrientes de aire, el arreglo deberá aprovechar la mayor cantidad de área para secar más cantidades de scrap.

El área usada para el proceso es un piso de cemento; sobre pallets se ubican los artículos provenientes del programa de intercambio o artículos que puedan ser apilados y sobre una lámina plástica de 3 mm de espesor los cuerpos pequeños (tortas, bebederos, rebabas, etc.); para proteger de contaminación al scrap limpio y además

limitará el área del proceso, así el resto de personal no invadirá ni contaminará al material, esos materiales son expuestos en un periodo aproximado de cuatro horas, para luego ser llevados al área de molido.

En la figura 2.8, se presenta el Diagrama de Operaciones del proceso de secado natural.



**FIGURA 2.8** DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE SECADO NATURAL.

### **Materia Prima**

La materia prima de este proceso es el scrap clasificado y lavado, realizado en el primer proceso, el cual no debe presentar contaminación visual, salvo el caso de puntos negros adquiridos en el proceso de fabricación de los artículos, las causas de los puntos negros se dan por la contaminación de la materia prima producido

en el arranque de máquinas que no fueron totalmente purgadas (limpiadas) al finalizar su anterior programación.

En este proceso no se usan máquinas para secado de scrap, toda la operación de movimientos y del proceso son manuales, la capacidad estará dada por las condiciones climáticas que presente el día y por el espacio utilizado.

### **Manipuleo y Almacenamiento**

Al scrap se lo transporta desde el área de clasificación y limpieza manualmente, para artículos pequeños se lo hace en sacos de 25 Kg, para artículos que provienen de programa de intercambio se lo hace sobre pallets, movidos por dos operadores usando unos ganchos de hierro, y las tortas serán llevadas dentro de gavetas.

Los contenidos de sacos y gavetas son vaciados sobre la lámina de plástico y esparcidos en la mayor área posible, para acelerar el tiempo de secado, los de programa de intercambio se los ubicarán en pallets, cercanos unos con otros. El espacio utilizado no es de uso exclusivo del área, varia dependiendo de las necesidades de almacenaje de planta.

### **Personal de Operadores**

En el área de secado natural intervienen cuatro personas, dos de ellas pertenecen al proceso anterior, y se encargan de la ubicación de scrap en el área de secado, y las otras dos pertenecen al área de molido, y se encargan de transportar el scrap a su área, todas estas personas laboran a un solo turno de 10 de horas de trabajo cada una

### **Descripción del Área de Molino.**

En el área de molino se hace la reducción de tamaño del scrap a cuerpos pequeños (llamados lentejas) de hasta  $0.125 \text{ cm}^3$  en promedio ( $0.5\text{cm} \times 0.5\text{cm} \times 0.5\text{cm}$ ), para lo cual se emplean dos molinos y dos sierras eléctricas de discos, cuyas capacidades dependerán del tipo de material a moler y de las dimensiones del scrap, tal como se observa en la tabla 10.

El proceso empieza llevando manualmente el scrap seco a una área predeterminada, ubicada cerca de los molinos, donde el operador toma al scrap, con dimensiones de aproximadamente  $240 \text{ cm}^3$  ( $20\text{cm} \times 12\text{cm} \times 1\text{cm}$ ), y los coloca dentro de molinos que poseen un sistema de cuchillas giratorias que cortan el scrap, para obtener los cuerpos pequeños ( $0.125 \text{ cm}^3$ ) que caen sobre una lámina plástica

que luego se llenan en sacos de 25Kg, de ahí se llevan en carretillas al área de mezcla.

Para artículos grandes, como gavetas (80cmx40cmx35cm) ,primero se cortan en 16 partes (20cmx10cmx1cm) con sierras de discos y luego se colocan en los molinos, esa acción se realiza para evitar que los molinos sufran demoras o paros en su accionar.

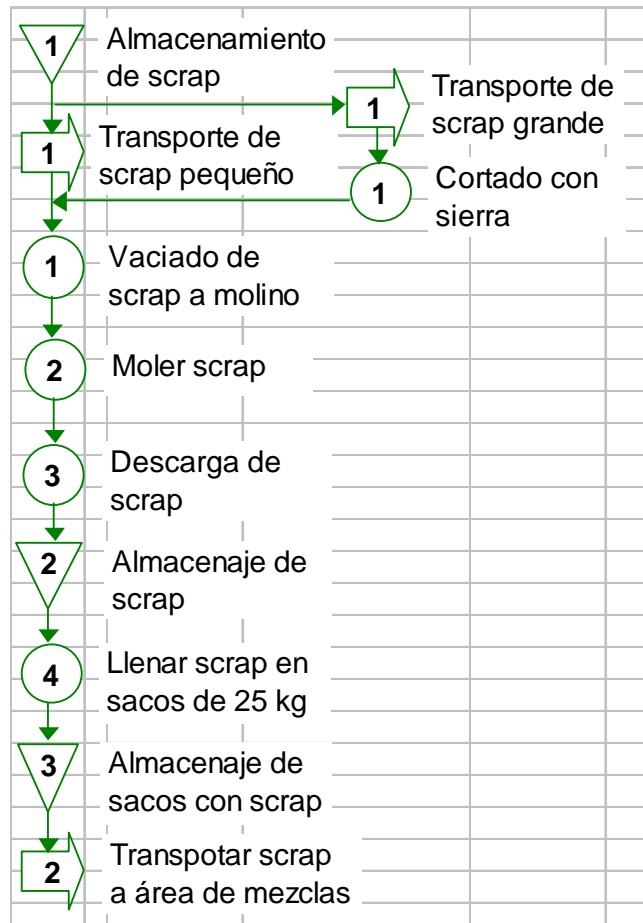
En este proceso se logra comprobar si la clasificación del material fue correcta, porque los operadores sentirán las diferencias de durezas de los dos tipos de materiales.

En la figura 2.9, se presenta el Diagrama de Operaciones del proceso de molido.

### **Materia Prima**

La materia prima usada en este proceso, es el scrap secado al aire libre en el área anterior, es importante, que la materia prima no muestre humedad visual, para no causar problemas en el funcionamiento de las cuchillas de los molinos y de las sierras eléctricas.





**FIGURA 2.9** DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE MOLIDO.

En este proceso se usan dos molinos de cuchillas rotativas de diferentes capacidades, figura 2.10, la cual depende del material a molerse, la capacidad promedio es de 200 Kg/hr. También se usan dos sierras de discos, como se observa en la figura 2.11.

TABLA 10

## MÁQUINAS DEL ÁREA DE MOLIDO

Descripción	Código	Capacidad Promedio (Kg/hr)
Molino #1	60588	100
Molino #2	60733	100
Sierra #1	60801	75
Sierra #2	60802	75

**Manipuleo y Almacenamiento**

El scrap se transporta manualmente desde el área de secado natural al área de molino, el scrap pequeño se lo hace en sacos de 25 Kg y las tortas en gavetas para 45 Kg, los artículos que provienen del programa de intercambio se lo hace sobre pallets movidos por dos operadores. Los contenidos de sacos son vaciados directamente al molino, mientras que los contenidos de gavetas y pallets son llevados hacia las sierras para disminuir sus dimensiones y luego ser vaciados en los molinos, el producto resultado de los molinos caen sobre un lámina de plástico de 3 mm de espesor, donde a medida que se acumulan y opera el molino, un operador llena con pala sacos de 25 Kg, los que se llevan en carretillas (dos sacos, uno sobre otro) al área de mezcla.



**FIGURA 2.10 FOTOGRAFÍA DE MOLINOS**



**FIGURA 2.11 FOTOGRAFÍA DE SIERRA ELÉCTRICA UBICADA EN EL ÁREA DE MOLIDO**

El espacio donde se lleva acabo este proceso es de uso exclusivo del área, la capacidad de almacenaje es de aproximadamente 2 Ton.

### **Personal de Operadores**

Para el área de molido están asignadas dos personas, los mismos que tienen a su cargo la operación de un molino y una sierra, ellos también se encargarán en transportar el scrap del área de secado natural al área de molino, estas dos personas laboran a un solo turno de 10 de horas de trabajo cada una. Para la protección personal en el desarrollo de las actividades, los operadores cuentan con mascarillas, cascos, guantes y orejeras .

### **Descripción del Área de Mezclas.**

En el área de mezcla se agregan aditivos y pigmentos al scrap molido, para mejorar las propiedades del material, dependiendo de los artículos que se fueran a moldear se suele reforzar la mezcla con carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$  ), para aumentar la resistencia de ciertas partes o paredes en los productos( como la base de una silla o patas de una mesa).

El proceso inicia, transportando los sacos con scrap molido, almacenados dentro del área, hacia tanques mezcladores, donde el

operador debe inspeccionar que el interior del tanque se encuentre libre de cualquier impureza o elemento, antes de poder descargar los sacos, conjuntamente se pesan los pigmentos, aditivos y refuerzos; la parte superior del tanque se tapa con un saco y es asegurada con una liga, luego se enciende el switch respectivo, produciéndose así la operación de mezcla, luego de esto se destapa el tanque y su contenido se llena en sacos de 25 Kg, se registra en formatos de controles de producción, que lleva el área, y se los carga en carreta (para cuatro sacos) hacia el área de extrusión-peletizado.

La limpieza en cada cambio de mezcla es importante, para evitar combinación de propiedades de los materiales y así controlar la calidad de la mezcla obtenida, esta limpieza la hace el operador con un wype que lo pasa por todo el interior del tanque, mientras este permanece volteado. Los pigmentos son pesados en una balanza digital, la cantidad varia según el tipo de pigmentos a usar, esta formulación no es posible revelar por privacidad de la empresa.

### **Materia Prima**

La materia prima usada en este proceso es el scrap molido, el cual viene clasificado en HDPE y PP, el orden de ingreso de los materiales dependerán de tres razones: de la programación

realizada para cada día, si se presenta alguna urgencia de escasez de material en la planta o para realizar pruebas de nuevos colores y aditivos. La maquinaria usada son los llamados tanques de mezclas, los que están colocados sobre un eje metálico que le permite balancearse 360°, como se observa en la figura 2.12.

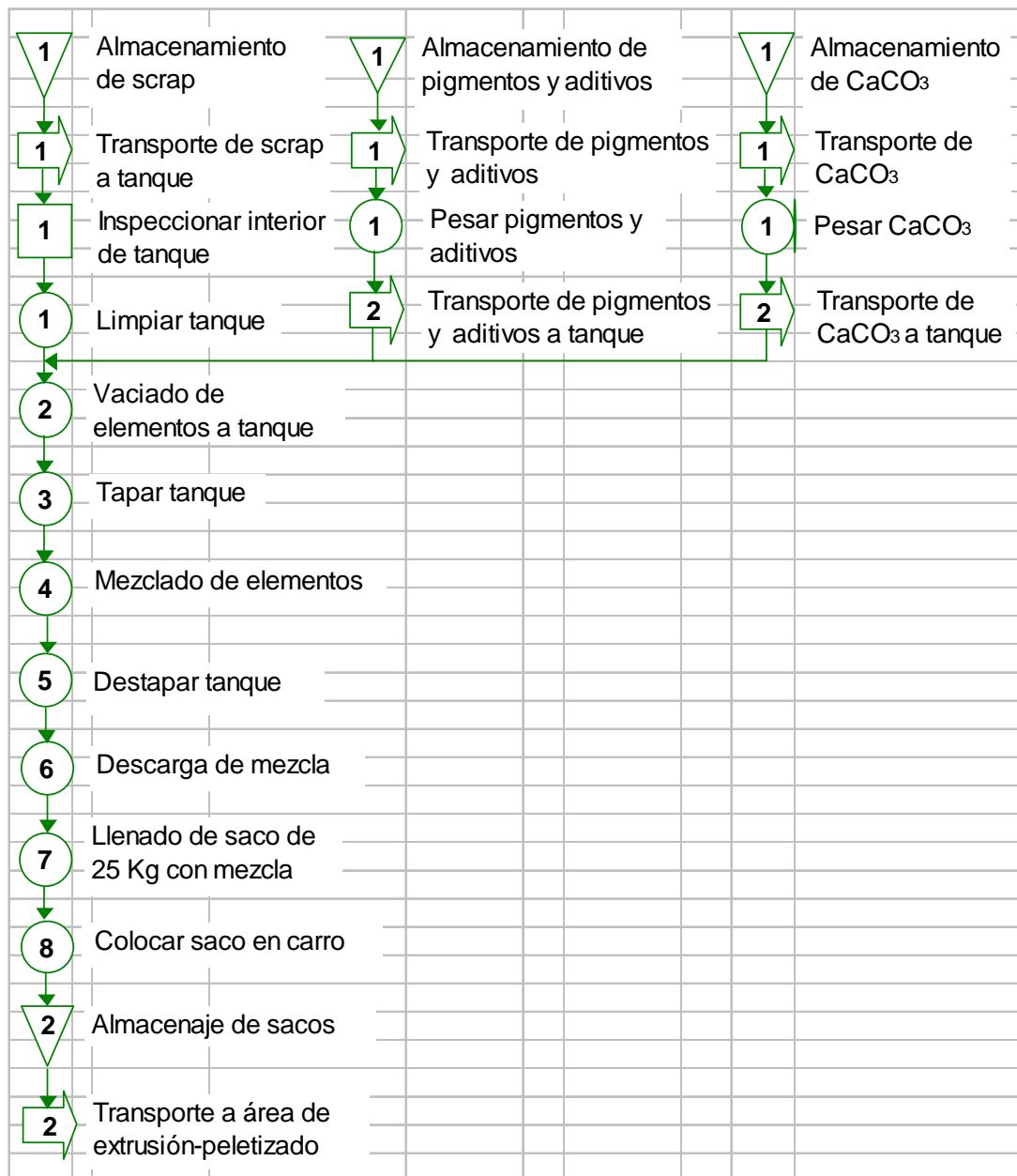


**FIGURA 2.12 FOTOGRAFÍA DE LOS TANQUES DE MEZCLA.**

En la planta se encuentran un total de 8 tanques, que se usan tanto para la mezcla de materia prima virgen y reciclada, la capacidad teórica de cada tanque es de 30 Kg, se encuentran a 30 cm del nivel del piso. El tiempo de mezcla depende del tipo de polímero y de los otros componentes empleados. En la figura 2.13, se presenta el Diagrama de Operaciones del proceso de mezcla.

**Manipuleo y almacenamiento.**

Los elementos que se manipulan en esta área son; sacos de 25 Kg con scrap HDPE o PP, fundas para 1 a 10 lb o frascos de 2 a 5 lb que contienen pigmentos o aditivos, sacos de 25Kg con  $\text{CaCO}_3$ , jarras de 1 lb de capacidad y sacos de 25 Kg de la mezcla realizada. Los sacos con scrap son transportados desde el área de molido hasta los alrededores de los tanques de mezcla, ubicados en el área, por medio de carretillas, con capacidad de dos sacos (apilados verticalmente uno sobre otro), los que son vaciados manualmente a los tanques, uno por tanque, por el operador encargado. Las fundas y los frascos son llevados de su lugar de almacenaje hacia: la balanza, al tanque de mezcla y sus sobrantes nuevamente a almacenaje; de manera manual. Los sacos con  $\text{CaCO}_3$  son llevados desde la bodega de materia prima hacia el área de mezcla en carretilla y colocados cerca de la balanza, son vaciados a medida que lo requiera la mezcla con una jarra plástica de 1lb de capacidad a fundas plásticas para 10 lb, su cantidad estarán determinadas por las respectivas fórmulas usadas, y luego son llevadas manualmente a los tanques. Los sacos llenos con la mezcla resultante se colocan en carros, para cuatro sacos de 30 Kg aproximadamente, y son empujados por el operador hasta la área de extrusión-peletizado,



**FIGURA 2.13** DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE MEZCLA.

La carretilla no es de uso exclusivo del área ya que también es usada por el área de molido.



**Personal de operadores.**

Para el área de mezclas están asignados 12 operadores, los cuales estarán encargados de:

- Operar tanques de mezclas (limpiar, vaciar materiales, tapar, encender, apagar, destapar y descargar mezclas).
- Transportar, pesar y vaciar; pigmentos, aditivos y  $\text{CaCO}_3$
- Transportar y colocar sacos llenos o vacíos entre las áreas de; molido, mezcla, extrusión-peletizado y planta.
- Registrar cantidades de mezclas producidos.

Además de los operadores, se cuenta con un mecánico de la planta para realizar reparaciones mayores en las máquinas. El personal está dividido en dos grupos de seis personas cada una, que rotan en turnos de 12 horas de lunes a domingo, con esto se garantiza tener en todo el día operadores en mezclas.

**Descripción del Área de Extrusión-Peletizado.**

El área de extrusión-peletizado es quizás la operación más importante en la elaboración de materia prima reciclada, ya que ahí se da la formación de los pellets a partir de varillas plásticas extruidas de 6 mm de diámetro que se enfrían por inmersión en agua

y se cortan en longitudes cercana a los 3 mm. En este proceso, el scrap (molido y mezclado) almacenado alrededor de las máquinas del área, deberán pasar por tres unidades que conforman todo el sistema de este proceso, estos son:

- Unidad de extrusión.
- Unidad de enfriamiento.
- Unidad de estirado y corte.

#### **Unidad de extrusión.-**

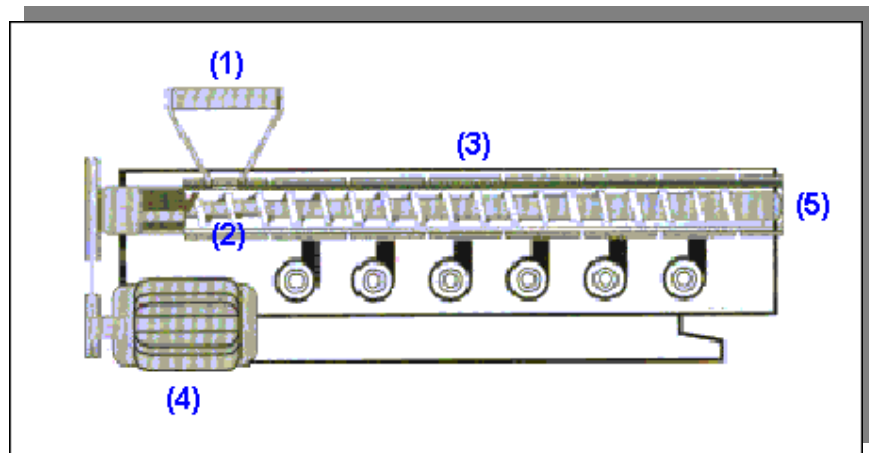
Está formada por las máquinas extrusoras, donde la resina, en estado sólido (scrap), es alimentada a través de una tolva y posteriormente transportada por lo largo de un tornillo sinfín donde lentamente resulta compactada, fundida, mezclada y homogeneizada para finalmente ser dosificada a través de una boquilla conformadora, responsable de proporcionarle la forma continua (varillas plásticas) al final del fluido.

El proceso empieza al dar arranque a la máquina extrusora, esta acción se la explicará al final de la descripción del proceso, una vez que se mencionen y expliquen todas las partes del equipo, para

familiarizarnos con las nuevas palabras. Partiendo de esto, los elementos básicos de una máquina extrusora son cinco (figura 2.14):

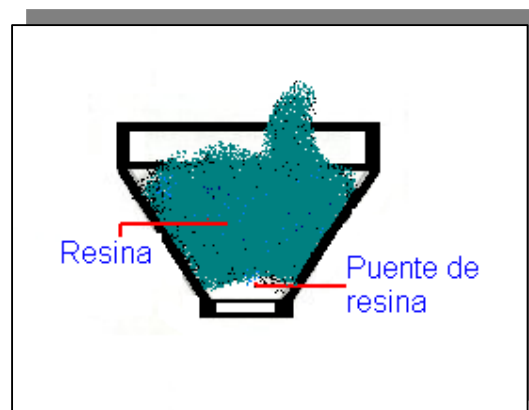
1. Tolva o Sistema de alimentación.
2. Tornillo Extrusor.
3. Barril (mecanismos de calentamiento y enfriamiento).
4. Motor.
5. Cabezal.

Estos a su vez constan de diferentes elementos que se explican con sus respectivas partes principales.



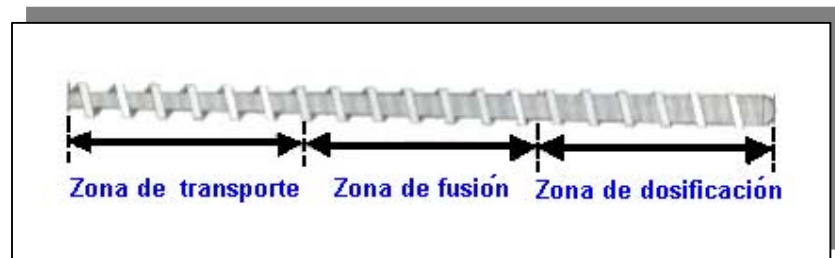
**FIGURA 2.14** PARTES DE UNA MÁQUINA EXTRUSORA.

**1. Tolva o Sistema de alimentación;** después del arranque de una máquina extrusora, el segundo paso es, la alimentación de la misma, mediante el vaciado manual con uno o más sacos de scrap en el interior de una tolva que se encuentra montada sobre un extremo de la máquina extrusora y al cual se llega subiendo por una escalera de estructura de metal, el reservorio es de diseño muy sencillo, la deberá tener una alimentación continua mientras trabaja la máquina, la carencia de material daría formación de "puentes de resina" (figura 2.15), generando inestabilidades de flujo en el proceso, lo que repercute directamente la productividad de la línea, por este motivo la tolva debe mantenerse llena, una ventanilla en uno de sus costados permite el control del nivel de la resina.



**FIGURA 2.15** TOLVA O SISTEMA PARA ALIMENTACIÓN DE MATERIAL.

**2. Tornillo Extrusor;** de la tolva de alimentación, el scrap cae al interior de un cilindro, donde se encuentra rotando un tornillo sinfín (impulsado mecánicamente por un motor y una caja reductora de velocidades), que transporta en sus filetes al material hacia adelante donde es calentada, fundida y dosificada. Por este motivo se encuentran tres zonas perfectamente diferenciadas en el tornillo (figura 2.16):



**FIGURA 2.16 ZONAS DEL TORNILLO EXTRUSOR.**

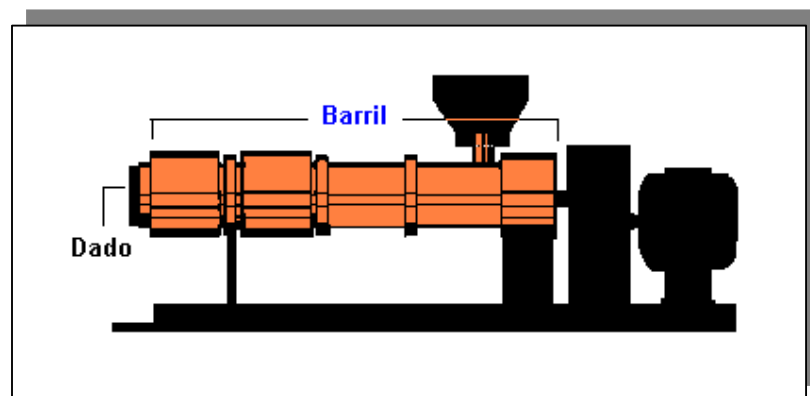
**a.- Zona de transporte o alimentación;** su característica principal es presentar una superficie sumamente lisa e incluso pulida de ser necesario, para favorecer la adhesión de la resina a la superficie del barril o cilindro de la extrusora y no al tornillo, permitiendo así un transporte de resina más eficiente. En la zona de fusión el tornillo presenta una progresiva reducción del canal (menor volumen).

**b.- Zona de fusión o compresión;** aquí la resina es calentada,

comprimida y derretida; el aire que arrastra escapa por la zona de alimentación. Generalmente el inicio de la fusión ocurre a poca distancia de la tolva y se extiende hasta aproximadamente el 50-60% de la longitud del tornillo de la extrusora.

**c.- Zona de dosificación;** también llamada zona de bombeo, genera la presión necesaria para que la masa líquida atraviese las restricciones de una boquilla, la cual está montada sobre un cabezal al final de esta zona, a una velocidad constante (los últimos 3 a 8 filetes del tornillo).

### 3.- Barril (mecanismos de calentamiento y enfriamiento),

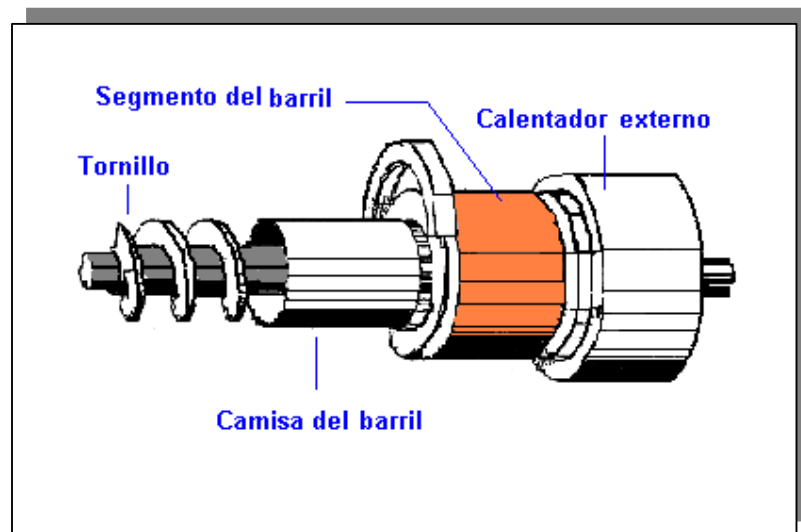


**FIGURA 2.17 BARRIL DE UNA EXTRUSORA**

contiene al tornillo extrusor, está dividido en 3 o 8 zonas (figura 2.17), provista cada una con bandas de resistencias eléctricas que sirven para calentar el scrap externamente (figura 2.18); e,

internamente se produce un calentamiento dado por la fricción producida en el mezclado y compresión del tornillo con el scrap molido, se ha determinado que de un 80 a 90% del calor transmitido al material proviene de los efectos de fricción. Las bandas de resistencias eléctricas permiten controlar las diferentes zonas de calentamiento del barril por separado, además; dan una rápida respuesta de tiempo, fácil ajuste, requieren mínimo mantenimiento y permite temperaturas más altas que otros sistemas. El aumento o disminución de la temperatura en una zona puede indicar una banda defectuosa, y un aumento en la temperatura, también indican de algún punto de fricción entre el tornillo y la pared del barril. Posee un mecanismo de enfriamiento del cilindro, aunque pueda lucir contradictorio, cada zona de calentamiento del tornillo de la extrusora está acompañada de un ventilador el cual permite el control de la temperatura eliminando calor de la extrusora mediante el flujo de aire sobre la superficie requerida, los ventiladores son accionados por controladores de temperatura que comandan la operación de las bandas eléctricas y entran en operación cuando la temperatura de una zona supera el punto prefijado, por efecto de: la transferencia excesiva de calor por parte de la resistencia (durante el arranque de la máquina), y por

la generación excesiva de calor por parte de los elementos de mezclado presentes en el tornillo de la extrusora. La temperatura de extrusión sólo puede ser controlada de manera precisa mediante la acción combinada de las bandas de calentamiento eléctrico y los ventiladores de cada zona.



**FIGURA 2.18** COMPONENTES DEL BARRIL DE UNA EXTRUSORA

**4. El Motor,** es el responsable de suministrar la energía necesaria para producir: la alimentación de la resina, parte de la fusión (70 a 80%), transporte y el bombeo a través del cabezal y la boquilla, este opera eléctricamente con voltajes de 220 a 440 V



**5. Cabezal,** es el responsable de conformar o proporcionar la forma del extruido, rompiendo el patrón de flujo de scrap derretido en espiral que el tornillo imparte, para que las varillas salgan, con volumen y velocidad de flujo uniforme, básicamente consta de seis partes:

- a) **Adaptador del cabezal,** ajusta al cabezal en la extrusora con seis pernos de 0.5" de diámetro
- b) **El acople,** facilita la limpieza del filtro y el montaje y desmontaje en la extrusora, posee un buen acabado superficial en el interior ya que por él circula el plástico fundido, aquí se encuentra una resistencia tipo banda de 400 Watts para mantener la temperatura del material fundido.
- c) **El codo,** es el elemento que sirve para cambiar la dirección del flujo del material fundido, ya que los hilos plásticos deben caer verticalmente hacia la tina de enfriamiento. El codo debe estar caliente para mantener la temperatura del material fundido y evitar incremento de la contrapresión por temperaturas, por esto posee 2 resistencias planas, una para cada cara, de 400 Watts, también debe poseer un buen acabado superficial en el agujero interior, ya que por él fluye la masa fundida de plástico.

- d) Placa porta dado**, su función es sujetar el dado formador de hilos y mantener un flujo uniforme del material para evitar pulsaciones y obtener hilos del mismo diámetro, es decir, que aparte de una buena repartición de la masa fundida, la graduación térmica de esta masa sea uniforme en todo su ancho, también lleva un sistema de calentamiento mediante dos resistencias planas de 400 Watts cada una.
- e) Dado**, en el da la formación de los hilos, es una placa plana perforada con 30 agujeros de 6 mm de diámetro cada uno. Eso hace que la producción de cada orificio sea igual, para obtener un flujo de fundición uniforme. El dado está en forma horizontal, apuntando hacia abajo, perpendicular al baño de enfriamiento. Hay un espacio de 5 a 9 cm entre el dado y la superficie de agua.
- f) Filtros**, constituyen el punto de transición entre la extrusora y el cabezal, a estos les corresponden una parte importante de la calidad del material extruido, la función de los filtros es la de eliminar del extruido partículas de impurezas, carbonización, pigmentos, aditivos, etc., su diseño no es más que mallas fabricadas con acero inoxidable, ya que las compuestas con cobre o bronce tienen un efecto catalítico sobre las reacciones termo-oxidativas.

### **Unidad de Enfriamiento**

Una vez que el scrap derretido pase el dado del cabezal de la extrusora, este es sometido a un enfriamiento, en esta parte del proceso se determinan las dimensiones del producto terminado. El producto extruido es enfriado uniformemente alrededor de todas sus secciones. El control de la temperatura de enfriamiento, en los 35 a 45 cm del producto en contacto con el líquido enfriador, es de primordial importancia, en la empresa el sistema de enfriamiento es básicamente una tina que contiene agua, sobre la cual se sumergen los hilos de plásticos que salen calientes del cabezal y que al contacto directo con el agua se enfrían intensamente hasta solidificarse y estar listo para el corte posterior.

Ya que el sistema debe mantenerse a cierta temperatura, se tiene incorporado un sistema de recirculación y enfriamiento del agua. La recirculaciones se logran por medio de una bomba y el enfriamiento por medio de un sistema intercambiador de calor, así el flujo se mantendrá suave pero suficiente para mantener la uniformidad de la temperatura. La potencia de la bomba que se tiene es de  $\frac{1}{4}$  HP con capacidad máxima de 3 gal/min, y el intercambiador de una área efectiva de transferencia térmica de  $1.06 \text{ m}^2$ .

Al salir del baño de enfriamiento los hilos plásticos arrastran agua adherida por tensión superficial por lo cual es preciso removerla; esta remoción se hace por acción de aire caliente soplado por encima de los hilos antes de que estos entren a la máquina de tirado y cortado.

#### **Unidad de Estirado y Corte.**

La unidad de estirado y corte tiene la función de halar el hilo plástico y proveer la fuerza necesaria para reducir el diámetro de los hilos, de 6 a 3 mm, para luego proceder a cortar al tamaño de 3 mm de largo.

El sistema que se utiliza para el corte, son cuchillas rotativas montadas sobre un mismo eje, las cuales efectúan el corte al paso del hilo contra una cuchilla fija.

La potencia del motor de cortado es de 1HP, que le permite vencer la resistencia máxima al corte del plástico y compensar las pérdidas en el sistema de transmisión. El hilo se mueve a una velocidad de 0.056 m/s; el sistema de tiraje esta formado por rodillos con canales donde se colocan los hilos.

Una vez familiarizados con los nombres de los componentes del proceso de extrusión-peletizado, describiremos los procedimientos seguidos para poner en marcha y detener un extrusor.

En general debe seguirse el siguiente procedimiento para el arranque de una máquina extrusora:

1. Subir las palancas de energía eléctrica (primero la del panel general y luego la del panel de control de la máquina y fijar la temperatura deseada en los instrumentos de control, regulando de la siguiente manera zonas 1, 2, 6, 7 hasta 200°C y las zonas 3, 4 5 hasta 280°C. Nunca se debe comenzar en frío, porque puede causar considerables daños, pues puede quebrar el tornillo, agrietar el barril o romper partes del cabezal del extrusor.
2. Cuando los instrumentos indican la menor de las temperaturas deseadas (180 °C), se pone en marcha el tornillo a la velocidad mínima(5 a 15 r.p.m) y se prende el ventilador del área.
3. Al mismo tiempo, se abre el paso del agua a la camisa de enfriamiento en la zona de la tolva al tornillo, se prende el motor de la bomba del agua helada-templada, después de calentar entre 40 a 60 minutos la máquina, a continuación se comienza la alimentación de la tolva.

4. Si el cabezal fue retirado durante el período de para, ajustarlo nuevamente al adaptador luego de que ambos estén calientes y antes de comenzar la extrusión.
5. Purgar el extrusor, es decir, limpiar los residuos remanentes hasta que las temperaturas alcancen los valores de operación (280 °C), esto llevará alrededor de 15 min.
6. Aumentar la velocidad del tornillo hasta alcanzar la velocidad deseada(170 RPM). Observar el flujo lento de material hacia la tina de enfriamiento.
7. Esperar cinco minutos hasta que salga cualquier vapor confinado (gases).
8. Comenzar a tirar y enrollar los hilos por los rodillos sumergidos dentro de la tina y los que están en la sección de corte y estirado.
9. Inspeccionar las condiciones del scrap que se va a alimentar a la tolva. Evitar mezclas que dificulten el flujo por el cabezal. Tener listo un filtro limpio para cambio, tener a mano una llave para aflojar las tuercas, revisar las condiciones de la antorcha y acercar un extintor

Para detener una máquina extrusora debe seguirse el siguiente procedimiento:

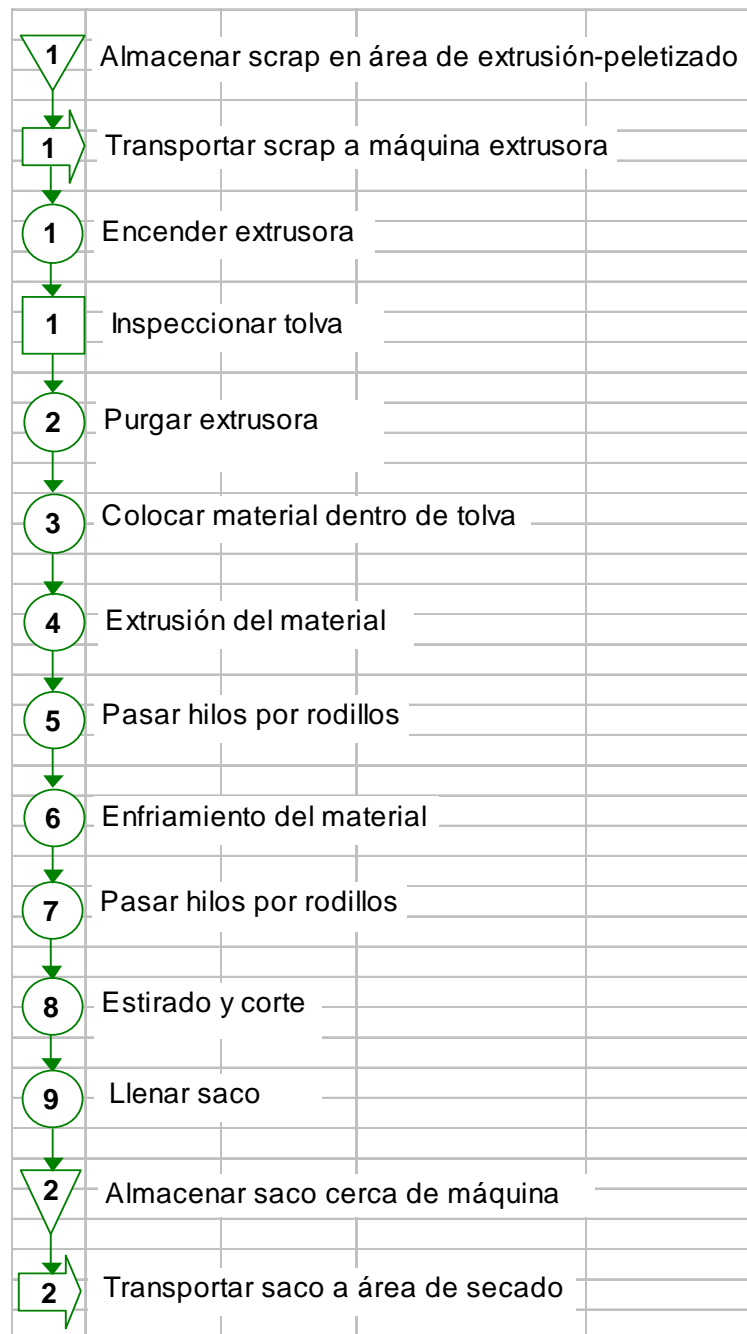
1. Bajar gradualmente la velocidad del tornillo hasta que llegue a cero y descargar la tolva, al mirar dentro de la tolva no debe ver resina en los filetes del tornillo.
3. Apagar el motor del tornillo y el ventilador del área.
4. Cortar el suministro de energía a las resistencias del extrusor y toda la máquina.
5. Limpiar los labios del cabezal y cubrirlos con grasa de silicones.
6. Si se limpia el tornillo, lubricarlo con grasa de silicones como medida protectora.

En la figura 2.19, se presenta el Diagrama de Operaciones del proceso de extrusión-peletizado.

### **Materia prima.**

La materia prima usada en este proceso, es el scrap mezclado en el área anterior, cuyos sacos son colocados en los alrededores de las tres máquinas extrusoras.

La capacidad del proceso es variable, la cual depende de los tipos de mezclas a usarse.



**FIGURA 2.19** DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN.



### **Manipuleo y Almacenamiento**

El scrap se transporta manualmente desde el área de mezclas al área de peletizado por carretas (para cuatro sacos), los sacos de aproximadamente 30 Kg son colocados alrededor de las máquinas extrusoras (acumulando mayor cantidad las áreas de los extremos y la parte cercana al llenado de cada máquina), y llevados manualmente por los operadores hacia la tolva de alimentación donde lo vacían a medida que se realiza la producción, para evitar algún paro en la alimentación se almacenan cerca de la tolva un aproximado de 10 sacos.

Los pellets obtenidos caen directamente en los sacos o dentro de un reservorio de 40 Kg donde se usa una jarra para llenar los sacos. Los desperdicios son colocados en sacos y llevados a unos molinos que se encuentran en el área, donde se muelen para ser colocados nuevamente en la tolva. Los sacos con los pellets son llevados a los hornos de la siguiente área.

### **Personal de Operadores**

Para el área de peletizado están asignadas diez personas, los mismos que tienen a su cargo el funcionamiento de las extrusoras, ellos se encargarán de transportar los sacos del área de mezclas

hacia el área de peletizado, a las tolvas y a las secadoras. Estas personas laboran en turnos rotativos de 12 horas de trabajo, cinco operadores por turno.

### **Descripción del Área de Secado**

En esta área se realiza el secado final de los pellets reciclados, ya que el agua usada en el enfriamiento, no es totalmente retirada en el proceso de extrusión-peletizado.



**FIGURA 2.20 FOTOGRAFÍA DE LOS HORNOS DEL ÁREA PELETIZADO**

El proceso se inicia almacenando los sacos con pellets cerca de las máquinas secadoras y son vaciadas en el interior de los hornos, aquí se encuentran hornos secadores tipos bandejas y secadores de llenado centrífugo( figura 2.20), sus capacidades oscilan entre 125 a 200 Kg/hr (5 a 8 sacos), la temperatura promedio de secado para

resina PP es de 135°C y para HDPE es de 100°C, esto se debe a las propiedades físicas y químicas de los materiales, mencionadas al inicio de este capítulo.

El secador tipo bandeja es de forma rectangular, de 1m de ancho por 1.77 m de largo y 2.10 de alto, la misma se abre a través de dos puertas halando de unas agarraderas, su interior se encuentra dividido en dos compartimentos, con rieles para seis niveles de bandejas cada uno, cada bandeja tiene una capacidad de 10 Kg y están hechas de acero inoxidable para no quemar los pellets, el calentamiento se lo hace en todo su alrededor, mediante un sistema eléctrico y por el lapso de una hora.

Los secadores de llenado centrífugo, comprenden dos fase, la primera consiste en depositar el material dentro de un recipiente con capacidad de 50 Kg, el cual es absorbido hasta el interior de una tolva cilíndrica donde caen lentamente y se van secando, en un tiempo de 15 minutos, una vez terminado ese tiempo se depositan en un recipiente, para llenarlos en sacos. En la figura 2.21, se presenta el Diagrama de Operaciones del proceso de extrusión-peletizado.

**Materia prima.**

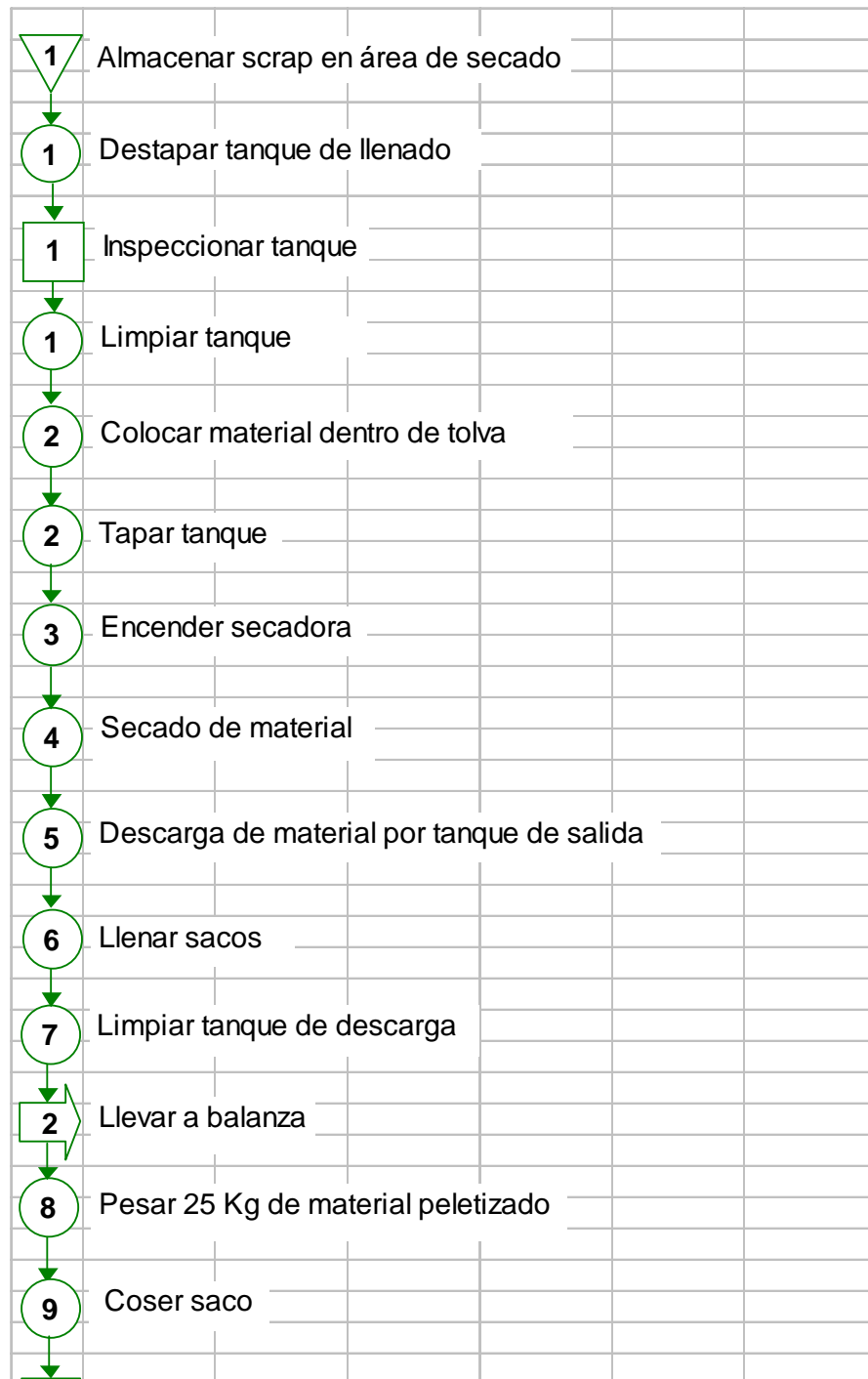
La materia prima usada en este proceso son los pellets obtenidos en el proceso de extrusión-peletizado.

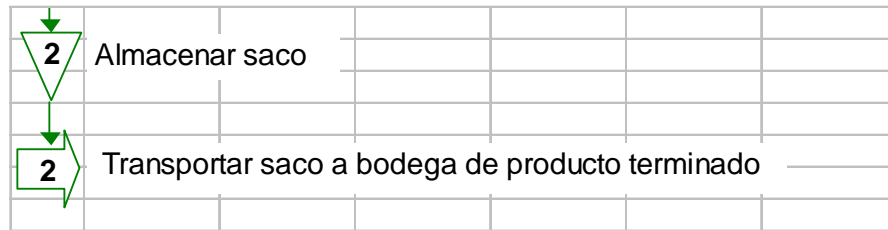
**Manipuleo y Almacenamiento**

El scrap se transporta por carretillas desde las máquinas extrusoras a los hornos en sacos de 25 Kg y son colocados alrededor de las máquinas secadoras, lugar donde los operadores lo vacían a medida que se realiza la producción. Los pellets secos caen en unos tanques de 35 Kg donde se introducen los sacos para llenarlos con aproximadamente 25 Kg. Los sacos con los pellets son llevados a una balanza donde se asegura que la cantidad sea 25 Kg, luego se cose el saco y se almacena momentáneamente sobre un pallet hasta completar 25 sacos y ser llevados por el montacargas al área del almacenamiento de materia prima reciclada.

**Personal de Operadores**

Para el área de secado mecánico están asignadas cuatro personas, los mismos que tienen a su cargo el funcionamiento de las secadoras, ellos se encargarán de transportar los sacos del área de secadoras, pesarlos, cocerlos y colocarlos sobre los pallets. Estas personas laboran en turnos rotativos de 12 horas de trabajo, dos





**FIGURA 2.21** DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO SECADO.

operadores por turno.

### **Balaneo de la línea**

El balanceo de una línea de producción consiste en garantizar que todas las operaciones consuman cantidades apropiadas de tiempo y que dichas cantidades sean las necesarias para lograr la tasa de producción esperada. En la tabla 11 se detallan las capacidades instaladas en el proceso de peletizado.

Como se observa, en el proceso existirían dos cuellos de botellas que podrían ocasionar paros en la producción, sin embargo se debe considerar que la cantidad de material resultante del proceso de molino se incrementa en un 30% (260 Kg/h), debido a los elementos o refuerzos adicionados en el proceso de mezcla.

La capacidad del proceso de clasificación y limpieza, por ser manual, puede ser incrementada al aumentar el número de personas, así esta estimado que cuatro personas logren manipular 400 Kg/h por 11.5 h. en un solo turno.

**TABLA 11**

**BALANCEO DE LÍNEA.**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>CAP. INSTALADA (Kg/h)</b>
<b>Molino</b>	2	200
<b>Tanque de Mezcla</b>	2	500
<b>Peletizadora</b>	3	227
<b>Secadora</b>	3	525

El mayor nivel de desperdicio se estima ocurra en el primer proceso, 4% (16 Kg/h), para los restantes procesos se acepta un desperdicio no mayor al 1% (2.27 Kg/h).

Por las características mencionadas en la descripción de las capacidades del proceso de peletizado, el departamento de producción estima que la capacidad de toda el área, trabajando a un

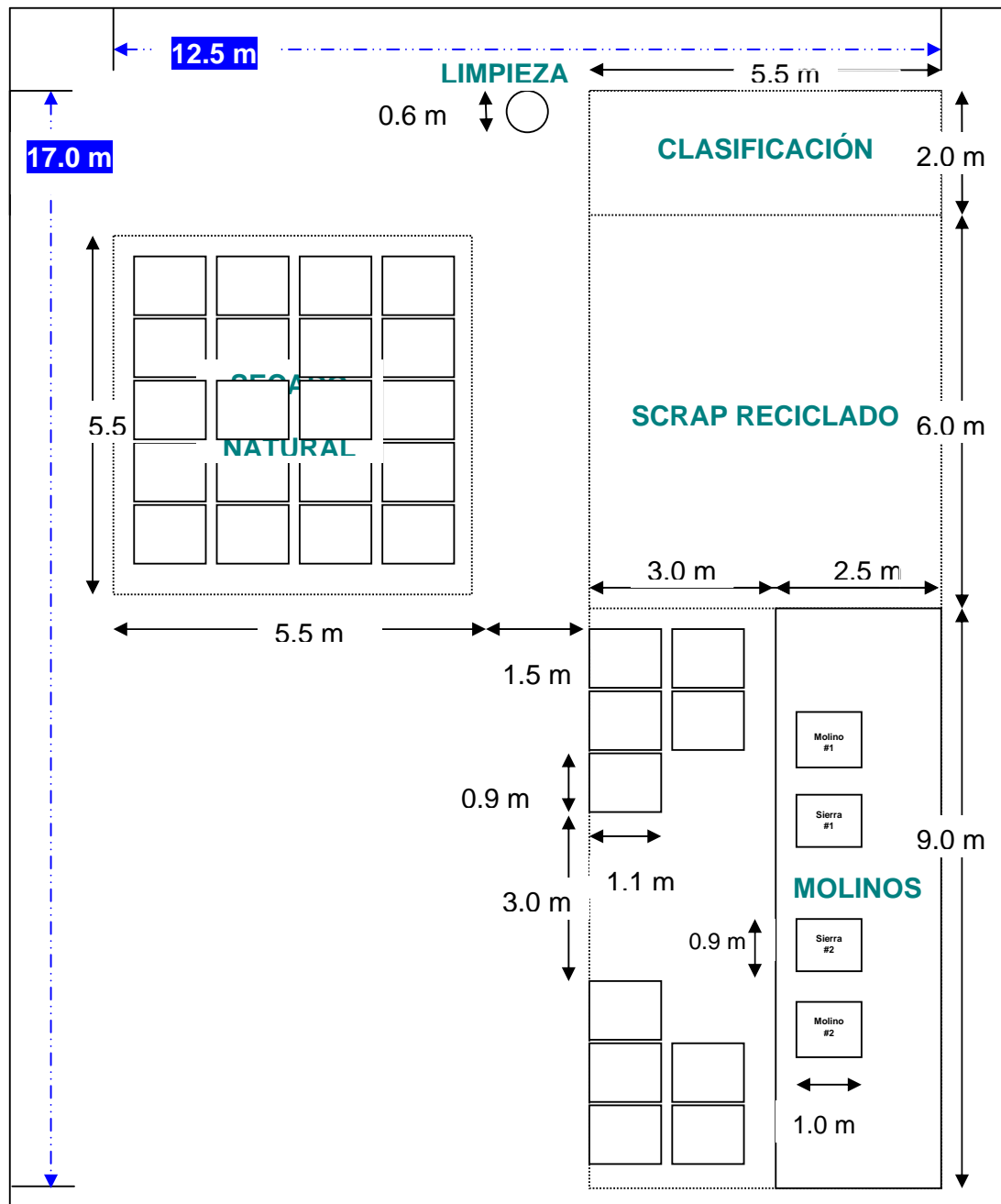
90% de eficiencia sea de 4,699 Kg por día (aproximadamente 188 sacos), en dos turnos de 11.5 horas.

Por los problemas presentados en el año 2003, los procesos: Clasificación-Limpieza y Molido actualmente trabajan cinco días a la semana, en un solo turno de diez horas diarias; mientras que los restantes procesos trabajan los siete días de la semana en dos turnos de 12 horas diarias cada uno.

#### **Descripción física del Área de Peletizado.**

A continuación se mostrarán de manera gráfica, la situación física de las áreas de los procesos que constituyen la línea de producción de peletizado. En las figuras 2.22 ,2.23 ,2.24 y 2.25 se muestran las descripciones de las áreas de la línea de producción y en las figuras 2,26 y 2,27 se aprecian fotografías del área de molido y extrusión – peletizado.





**FIGURA 2.22 . DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LAS ÁREAS DE CLASIFICACIÓN Y LIMPIEZA, SECADO NATURAL Y MOLIDO**

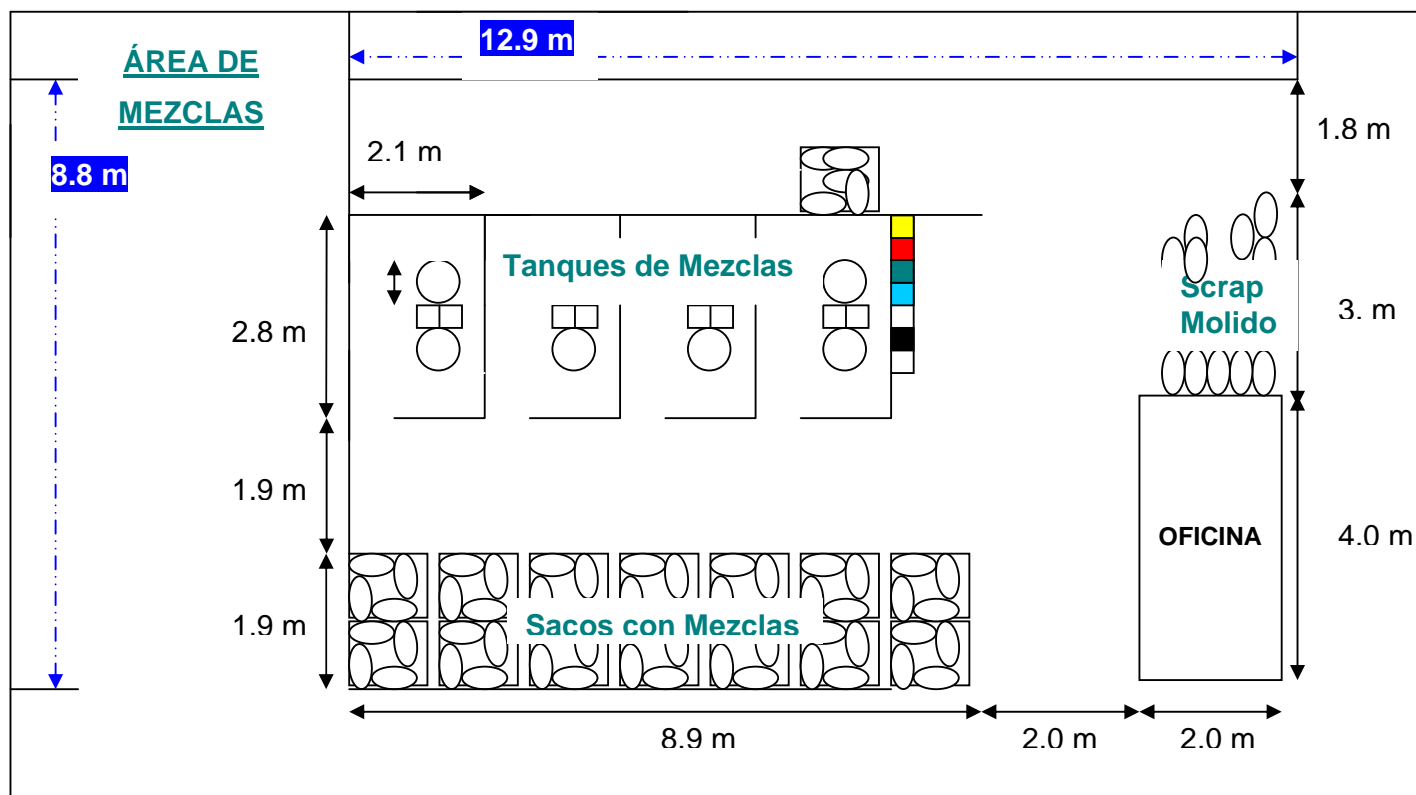


FIGURA 2.23 . DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL ÁREA DE MEZCLAS.

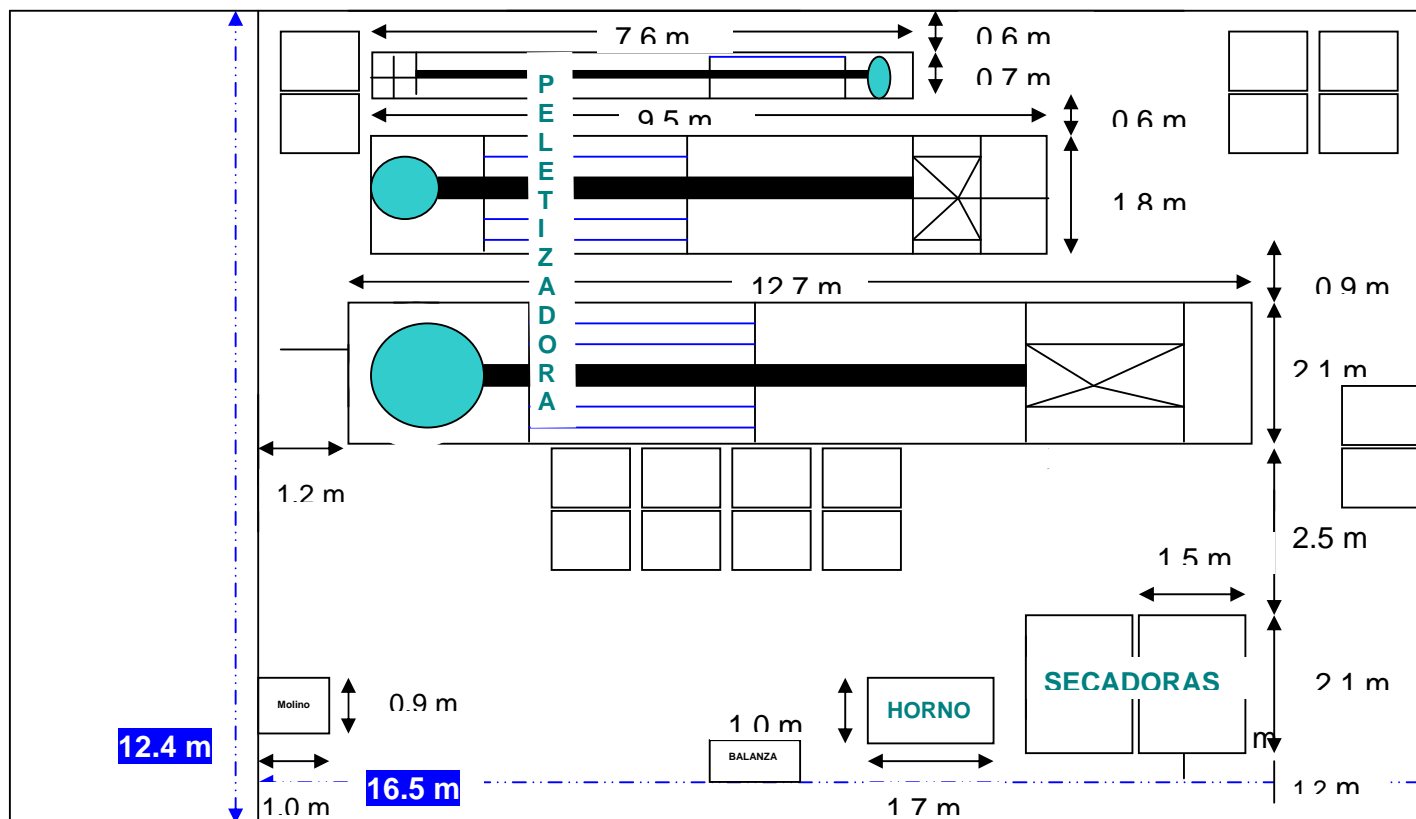


FIGURA 2.24 DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL ÁREA DE PELETIZADO Y SECADO.

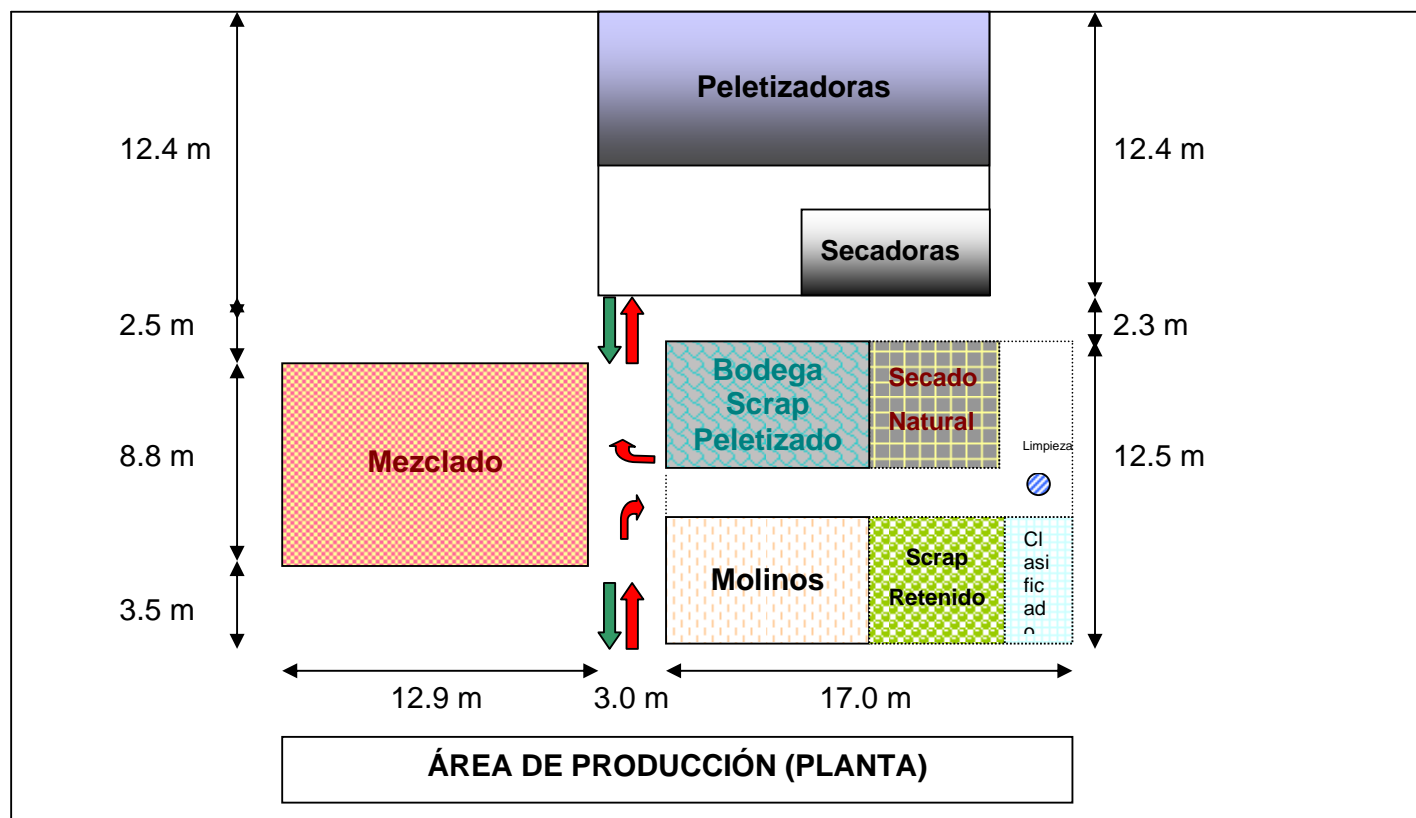


FIGURA 2.25 DESCRIPCIÓN FÍSICA DE TODOS LOS PROCESOS DE PELETIZADO.



**FIGURA 2.26** FOTOGRAFÍA DEL ÁREA DE MOLIDO.



**FIGURA 2.27** FOTOGRAFÍA DEL ÁREA DE EXTRUSIÓN - PELETIZADO.

**TABLA 12**  
**DIMENSIONES DE LAS ÁREAS DEL PROCESO DE**  
**PELETIZADO.**

DESCRIPCIÓN	ÁREA (m <sup>2</sup> )
<b>Clasificación y Limpieza</b>	11.28
<b>Secado Natural</b>	30.25
<b>Molido</b>	24.75
<b>Mezclado</b>	113.52
<b>Extrusión-Peletizado</b>	110.55
<b>Secado Mecánico</b>	10.92

En la tabla 12 se muestran las dimensiones de áreas de los procesos de peletizado.

## **2.2 Eficiencia de producción del año 2003.**

El cálculo de eficiencia es un buen índice para conocer el porcentaje de aprovechamiento de los recursos productivos en toda empresa, la cual está determinada por la comparación del valor teórico de la línea de producción con el valor real de cuanto se produce en un intervalo de tiempo, su fórmula del cálculo es la siguiente:

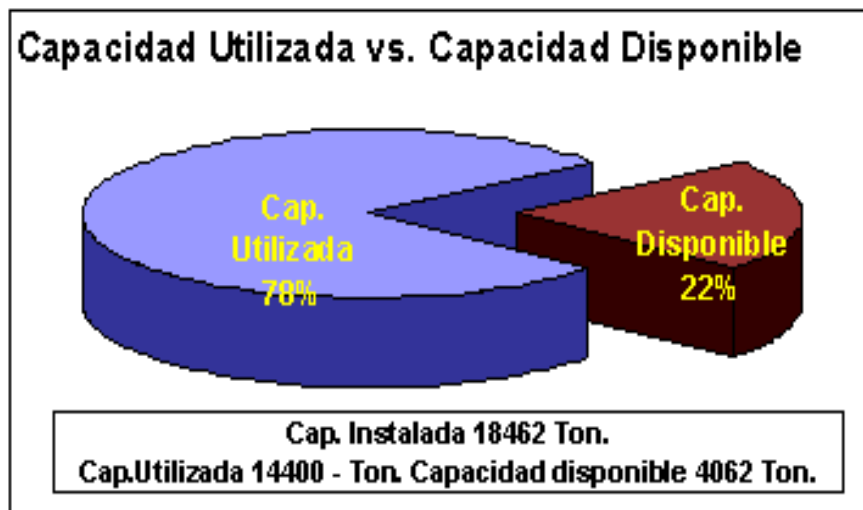
$$\text{Eficiencia (\%)} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Producción teórica}} \times 100$$

La capacidad teórica de producción para los artículos fabricados por la división inyección-soplado es de 18,462 Ton y la capacidad utilizada en el año 2003 fue de 14,400 Ton, que representó el 78% de eficiencia, los detalles de ese resultado se observan en la tabla 13 y en la figura 2.26 mostrados a continuación.

**TABLA 13**

**CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE LAS MÁQUINAS DE  
INYECCIÓN - SOPLADO DEL AÑO 2003.**

<b>Tipos de Máquinas</b>	<b>Capacidad Teórica (Ton)</b>	<b>Capacidad Utilizada (Ton)</b>	<b>Eficiencia (%)</b>
Inyección	17,310	13,651	78.86
Soplado	1,152	749	65.01
<b>Total</b>	<b>18,162</b>	<b>14,400</b>	<b>77.99</b>



**FIGURA 2.28** CAPACIDAD TEÓRICA DE LA DIVISIÓN INYECCIÓN- SOPLADO

En la tabla 14 y en la figura 2.27, se muestran los valores mensuales programados y reales del área de peletizado del año 2003 usados para calcular su eficiencia.

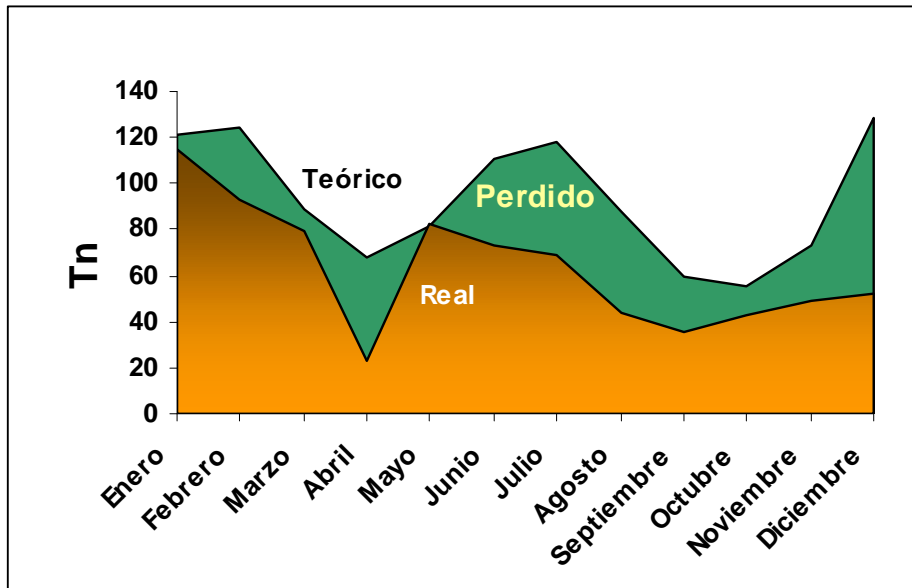
La cantidad de pellets programados en ese año fue de 1,116,534 Ton, la cantidad real obtenida fue de 757,859 Ton, siendo la eficiencia alcanzada de 67.87%; las causas de ese resultado se debió a los constantes paros de máquinas y a otros factores que son analizados con el diagrama Causa-Efecto en el siguiente literal.



TABLA 14

**VALORES DEL PROCESO DE PELETIZADO DEL AÑO  
2003.**

<b>Mes</b>	<b>Teórico (Kg.)</b>	<b>Real (Kg.)</b>	<b>Perdido (Kg.)</b>
<b>Enero</b>	121,551	114,600	6,951
<b>Febrero</b>	123,873	92,820	31,053
<b>Marzo</b>	88,663	79,860	8,803
<b>Abril</b>	68,085	23,120	44,965
<b>Mayo</b>	81,342	82,680	-1,338
<b>Junio</b>	110,473	73,650	36,823
<b>Julio</b>	118,027	69,160	48,867
<b>Agosto</b>	87,592	43,520	44,072
<b>Septiembre</b>	59,539	35,070	24,469
<b>Octubre</b>	55,497	42,862	12,635
<b>Noviembre</b>	73,364	48,680	24,684
<b>Diciembre</b>	128,528	51,837	76,691
<b>Total</b>	<b>1,116,534</b>	<b>757,859</b>	<b>358,675</b>



**FIGURA 2.29** VALORES DEL PROCESO DE PELETIZADO DEL AÑO 2003.

### 2.3 Diagrama Causa-Efecto.

El diagrama Causa-Efecto es un gráfico que relaciona el efecto (bajo nivel de producción) con sus causas potenciales. Se empleará este diagrama para identificar los principales problemas y causas presentados en el área de peletizado (ver APÉNDICE B). A continuación, en las tablas 15, 16, 17, 18, 19 y 20, se mostrarán en detalle cada uno de los problemas y causas encontrados en los procesos de peletizado.

**TABLA 15**

**PROBLEMAS EN EL PROCESO DE CLASIFICACIÓN Y LIMPIEZA.**

Problema.	Causas.
Acumulación de scrap en el área.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No se llevan registros de la cantidad y tipos de scrap recibido.</li> <li>▪ El scrap se deposita sin un orden definido.</li> <li>▪ Falta de procedimientos y métodos de trabajo.</li> <li>▪ Los tamaños y formas de los artículos hacen variar el tiempo de transporte, tanto al inicio del proceso como al final.</li> </ul>
Aumento de desperdicio	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No hay supervisión del jefe del área.</li> <li>▪ Bajo desempeño de los operadores.</li> <li>▪ Scrap con alto grado de contaminación.</li> <li>▪ Piso en mal estado.</li> </ul>

**TABLA 16**

**PROBLEMAS EN EL PROCESO DE SECADO NATURAL**

Problema.	Causas.
Acumulación de scrap en el área.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contaminación de scrap por falta de protección.</li> <li>▪ Los tamaños y formas de los artículos hacen variar el tiempo de secado.</li> <li>▪ No hay supervisión del jefe del área.</li> <li>▪ Piso en mal estado.</li> <li>▪ Falta de control de parte de los operadores de la contaminación de los materiales.</li> </ul>

### ABLA 17

#### PROBLEMAS EN EL PROCESO DE MOLIDO.

Problema.	Causas.
Acumulación de scrap en el área.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Daños en los molinos.</li> <li>▪ Falta de stocks de los repuestos para reparaciones.</li> <li>▪ Falta de mantenimiento preventivo.</li> <li>▪ Falta de procedimientos y métodos de trabajo.</li> </ul>

Problema.	Causas.
Acumulación de scrap en el área.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No se llevan registros de la cantidad y tipo de scrap molido.</li> <li>▪ Los tamaños y formas de los artículos hacen variar el tiempo de molido.</li> <li>▪ No hay supervisión del jefe del área</li> <li>▪ Falla de energía eléctrica</li> <li>▪ Desperfectos en sierras eléctricas.</li> <li>▪ Scrap con alto grado de contaminación</li> </ul>
Aumento de desperdicios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Molinos con fuga de material</li> <li>▪ Piso en mal estado</li> <li>▪ Falta de control de parte de los operadores al moler los materiales.</li> </ul>

**TABLA 18**

**PROBLEMAS EN EL PROCESO DE MEZCLA.**

Problema.	Causas.
Paros de tanques de mezclas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Material molido con humedad.</li> <li>▪ Material demasiado contaminado.</li> <li>▪ Presencia de HDPE y PP en material molido.</li> <li>▪ Falta de procedimientos y métodos de trabajo.</li> <li>▪ No hay supervisión del jefe del área.</li> <li>▪ Daños en los tanques</li> <li>▪ Falta de mantenimiento preventivo.</li> <li>▪ Fallas eléctricas.</li> </ul>
Condiciones de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fallas mecánicas</li> <li>▪ No se supervisa el uso de mascarillas.</li> <li>▪ Tanques sin tapas.</li> </ul>
Aumento de desperdicios	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Falta de sitio para herramientas.</li> <li>▪ Falta de limpieza de los tanques.</li> <li>▪ Fugas de material por deterioro de tanques.</li> <li>▪ Incorrecta preparación de pigmentos.</li> <li>▪ Descuido del operador al descargar los tanques.</li> </ul>

TABLA 19

**PROBLEMAS EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN-  
PELETIZADO.**

Problema.	Causas.
Paros de máquinas peletizadoras	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Material con humedad.</li> <li>▪ Material contaminado.</li> <li>▪ Presencia de HDPE y PP en material mezclado.</li> <li>▪ Falta de procedimientos y métodos de trabajo.</li> <li>▪ Baja supervisión del jefe del área.</li> <li>▪ Daños en las peletizadoras.</li> <li>▪ Falta de mantenimiento preventivo.</li> <li>▪ Fallas eléctricas.</li> <li>▪ Fallas mecánicas</li> <li>▪ Faltante de suministro de agua.</li> <li>▪ Limpieza de cuchilla.</li> <li>▪ Limpieza de boquilla.</li> </ul>
Condiciones de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Limpieza de filtros.</li> <li>▪ Equivocación en la programación.</li> <li>▪ No se supervisa el uso de equipos de protección personal.</li> </ul>

Problema.	Causas.
Condiciones de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Falta de visibilidad en los turnos de noche.</li> <li>▪ Gases en el ambiente.</li> </ul>
Aumento de desperdicios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Piso con baches.</li> <li>▪ Falta de tapas en alimentación de peletizadoras.</li> <li>▪ Tornillos de extrusoras con poca limpieza.</li> </ul>

**TABLA 20**

**PROBLEMAS EN EL PROCESO DE SECADO MECÁNICO.**

Problema.	Causas.
Aumento de desperdicios.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Falta de visibilidad en los turnos de noche.</li> <li>▪ Gases en el ambiente.</li> <li>▪ Falta de control de cantidades secadas.</li> <li>▪ Tanques de almacenamiento con poca limpieza.</li> <li>▪ Descuido del operador al cargar secadora.</li> <li>▪ Fugas de material por deterioro de</li> </ul>



### Análisis de Pareto.

A continuación se mostrarán un análisis ABC o llamado también de Pareto, para identificar las causas vitales que se presentaron con mayor frecuencia en el área, y así poder focalizar los esfuerzos en reducir el ochenta por ciento de esos problemas ocurridos en el periodo de enero a diciembre del 2003.

**TABLA 21**

**FRECUENCIA DE LOS PROBLEMAS DEL ÁREA DE  
PELETIZADO.**

EFECTO: Baja Producción												
Tipos de causas	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Paro de Máquina</b>	8	9	2	4	1	3	5	5	3	7	8	11
<b>Material contaminado</b>	5	3	6	5	1	4	7	1	2	5	3	6
<b>Falta de agua</b>	0	2	0	0	0	1	0	0	2	0	1	2
<b>Falta de agua</b>	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

EFECTO: Baja Producción												
Tipos de causas	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Prueba de tono	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1
Prueba de material	0	0	1	0	1	1	0	0	0	2	1	0
Limpieza de rodillos	0	2	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
Limpieza de cuchillas	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

TABLA 22

SUMATORIA DE FRECUENCIA DE LOS PROBLEMAS DEL ÁREA DE PELETIZADO.

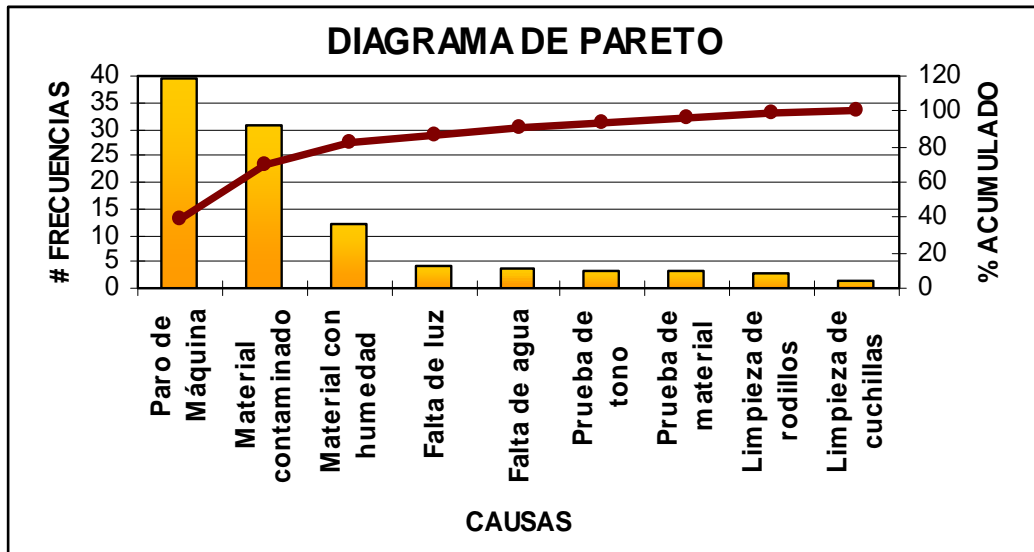
<b>EFECTO: Baja Producción</b>				
<b>Tipos de causas</b>	<b>Total Frecuencia</b>	<b>Total Acumulad</b>	<b>Parcial %</b>	<b>Acumulado %</b>
<b>Paro de Máquina</b>	84	84	39.44	39.44
<b>Material contaminad</b>	65	149	30.52	69.96
<b>o Material con</b>	24	173	11.27	81.23
<b>humedad</b>	9	182	4.23	85.46
<b>Falta de luz</b>	8	190	3.76	89.22
<b>Prueba de tono</b>	7	197	3.29	92.51
<b>Prueba de material</b>	7	204	3.29	95.80
<b>Limpieza de rodillos</b>	6	210	2.82	98.62
<b>Limpieza de cuchillas</b>	3	213	1.38	100.00
<b>Totales</b>	<b>213</b>		<b>100.00</b>	



**FIGURA 2.30 FALLA MECÁNICA EN UN EXTRUSOR.**



**FIGURA 2.31 CONTAMINACIÓN DE PELLETS**



**FIGURA 2.32** DIAGRAMA DE PARETO DEL ÁREA DE PELETIZADO DEL AÑO 2003.

Como se aprecia en las figuras 2.30, 2.31 y 2.32, el 81.23% de los problemas del área de peletizado se concentran en tres causas: paro de máquina, material contaminado y material con humedad, los demás representan 18.77%, de esta forma se podrán analizar y mejorar de manera especial las tres mayores causas anotadas.

En la tabla 23 se muestran una estimación de los kilogramos y costos generados por las causas encontradas en los análisis anteriores.

**TABLA 23**

**KILOGRAMOS Y COSTOS DE LOS PROBLEMAS DEL  
ÁREA DE PELETIZADO.**

<b>Tipos de causas</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Costo unitario (\$)</b>	<b>Costo total (\$)</b>
Paro de Máquina	153,294	0.290	44,455.26
Material contaminado	118,623	0.287	34,044.80
Material con humedad	43,804	0.283	12,396.53
Otros	72,954	0.285	20,791.90
<b>TOTAL</b>	<b>388,675</b>	<b>0.287</b>	<b>111,688.49</b>

**2.4 Estudio de tiempos del proceso de producción del Área de Peletizado.**

Para conseguir una mayor productividad en una empresa se recomienda el Estudio de Tiempos, también llamado Medición del Trabajo, el cual permite establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada; este tipo de estudio no se ha realizado antes en esta línea de producción, por lo cual no existen datos históricos de estándares de tiempo o descripción de los procesos.

El estudio comprendió cinco observaciones (operación, inspección, demora, transporte y almacenaje), a los seis procesos del área; los operarios considerados para ese estudio, no eran los más rápidos ni los más lentos, ni los que tenían actitudes negativas que pudieran afectar su desempeño, también se tomó en cuenta el tiempo de experiencia del operador en cada proceso. Para que los datos tengan un nivel de confianza del 95% con un nivel de exactitud de 8% el número de muestras fue de diez mediciones y en distintas horas de trabajo al mismo operador.

Los diferentes estudios de tiempos, para su mejor análisis, se los dividirá en los seis procesos que comprenden el área de peletizado, donde se incluyen información como el tiempo requerido y la distancia recorrida. Por efectos de extensión, las tablas con las actividades de los procesos se presentan en la sección de apéndices.

### **Proceso de Clasificación y Limpieza**

Las dos actividades que se realizan en este proceso son de tipo continuo, esto es, las personas encargadas tienen

pocas razones para realizar paros, los cuales básicamente se dan al tomar el material y al llenar con agua la lavacara para la limpieza. Teniendo en resumen:

- Operaciones: 4, total: 6' 51''
- Inspecciones: 1, total: 50''
- Demoras: 2, total: 1' 40 ''
- Transportes: 3, total: 26''
- Almacenamientos: 3, total: 20''

El tiempo para realizar el proceso de clasificación y limpieza es de 10' 7'' (diez minutos con siete segundos), teniendo 13 actividades en total y una distancia de 32 metros. En el APÉNDICE C se presentan las tablas correspondientes al estudio de tiempos del proceso.

### **Proceso de Secado Natural**

En este proceso se registraron los siguientes resultados:

- Operaciones: 2, total: 4h 20''
- Inspecciones: 1, total: 50''
- Demoras: 0



- Transportes: 1, total: 3''
- Almacenamientos: 0

El tiempo para realizar el proceso de secado natural es de 4h 1' 13'' (cuatro horas un minutos con trece segundos), teniendo 4 actividades en total y una distancia de 10 metros y 30 centímetros. En el APÉNDICE D se presentan las tablas correspondientes al estudio de tiempos del proceso.

### **Proceso de Molino**

Los dos molinos que se encuentran en esta área tienen las mismas características al igual que las dos sierras, los molinos trabajan de manera continua mientras las sierras solo operan cuando se realiza el corte de artículos grandes. Teniendo en resumen:

- Operaciones: 4, total: 12' 50''
- Inspecciones: 0
- Demoras: 1, total: 1' 40 ''
- Transportes: 2, total: 56''
- Almacenamientos: 3, total: 1' 36''

El tiempo para realizar el proceso de molino es de 22' 27'' (veinte y dos minutos con veinte y siete segundos), teniendo 10 actividades en total y una distancia de 20 metros y 10 centímetros. En el APÉNDICE E se presentan las tablas correspondientes al estudio de tiempos del proceso.

### **Proceso de Mezcla**

Los tanques que realizan la operación de mezcla tienen iguales características, trabajan a medida que se realizan las diferentes mezclas. Obteniéndose así:

- Operaciones: 7, total: 9'
- Inspecciones: 1, total: 5''
- Demoras: 0
- Transportes: 2, total: 2' 26''
- Almacenamientos: 2, total: 12''

El tiempo para realizar el proceso de mezcla es de 11' 43'' (once minutos con cuarenta y tres segundos), teniendo 12 actividades en total y una distancia de 32 metros y 70

centímetros de recorrido. En el APÉNDICE F se presentan la tabla correspondientes al estudio de tiempos del proceso.

### **Proceso de Extrusión-Peletizado**

Dos de las tres máquinas extrusoras utilizadas son de iguales capacidades, por lo cual se observaran el estudio de las dos capacidades encontradas:

#### **Extrusora #1, #2 (86 Kg/h)**

- Operaciones: 9, total: 35' 46"
- Inspecciones: 1, total: 10 "
- Demoras: 1, total 15'
- Transportes: 2, total: 2' 59"
- Almacenamientos: 2, total: 2' 4"

#### **Extrusora #3 (55 Kg/h)**

- Operaciones: 9, total: 31' 47"
- Inspecciones: 1, total: 10 "
- Demoras: 1, total 14' 22"
- Transportes: 2, total: 2' 59"
- Almacenamientos: 2, total: 2' 4"

TABLA 24

## ESTUDIO DE TIEMPOS DEL ÁREA DE PELETIZADO.

PROCESO	○	□	D	⇨	▽	m	seg.
Clasificación y	4	1	2	3	3	32.0	<b>607</b>
Limpieza	2	1	0	1	1	10.3	<b>1447</b>
Secado Natural	4	0	1	2	3	20.1	<b>3</b>
Molido	7	1	0	2	2	32.7	<b>922</b>
Mezclado	9	1	2	2	2	57.2	<b>703</b>
Extrusión-	11	1	0	2	2	23.7	<b>3359</b>
Peletizado	<b>37</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>176.</b>	<b>1147</b>

El tiempo para realizar el proceso de extrusión-peletizado para las dos capacidades encontradas es de 55' 59" (cincuenta y cinco minutos con cincuenta y nueve segundos), teniendo 15 actividades en total y una distancia de 57 metros y 20 centímetros (86 Kg/h) y 51' 22" (cincuenta y un minutos con veinte y dos segundos), teniendo 15 actividades en total y una distancia de 54 metros (55 Kg/h). En el APÉNDICE G se presentan las tablas correspondientes al estudio de tiempos de los procesos. En la tabla 24 se muestra en resumen los tiempos obtenidos para cada proceso.

De esta forma se concluye con los estudios de tiempos que se dan en el área de peletizado.

## **2.5 Relaciones funcionales del área de Peletizado con las demás áreas de la planta.**

La línea de producción de peletizado guarda relación de tipo directa o indirecta con otras divisiones, áreas de producción, departamentos administrativos y de servicios, los mismos que serán analizados en este apartado.

### **➤ División Procesado.**

Se da la relación, ya que es la encargada de ingresar en el sistema informático de la empresa las cantidades de materia prima existente para la programación de la fabricación de los artículos. También coordina los ingresos y egresos de insumos empleados en la mezcla de materia prima. La no existencia de una de ellas afectan el desarrollo del proceso de peletizado.

### **➤ División Inyección – Soplado.**

Por ser parte de esta división, el área de peletizado guarda una alta relación de dependencia con ella. El departamento Administrativo de Producción realiza la planificación de los

productos y cantidades a producir. Cada lunes se reúnen los principales ejecutivos de la empresa para revisar stocks actuales, el movimiento de las ventas, las órdenes de compras, los stocks de seguridad, las proyecciones de demanda, etc., de todos los productos que producen la planta; luego de lo cual, se toman las decisiones de que productos se deben fabricar en planta y en que cantidades, dicha información es enviada el mismo día a los gerentes de divisiones y jefes de producción.

Cada uno de los pedidos es ingresado al sistema informático y procesado para que automáticamente se generen órdenes de producción, las mismas que son revisadas por el jefe de producción, existen ocasiones en que se envía la orden de realizar un pedido en especial de forma inmediata, causando que se tengan cambios de programas en las máquinas, si es que no se estaba realizando ese producto, teniendo por consiguiente paros de máquinas, por esto la producción de la línea de peletizado no es rígida y está sujeta a cambios.

➤ **División Juguetes.**

No guarda relación.

➤ **División Calzado.**

No guarda relación.

➤ **División Cueros.**

No guarda relación.

➤ **División Zapatillas.**

No guarda relación.

➤ **División Técnicos.**

Con esta división también guarda una alta relación, ya que se dedica al mantenimiento de maquinarias, moldes e instalaciones de la empresa. El flujo de información de los problemas de mantenimiento de las máquinas se da de dos formas; primero la forma directa, esta es, que el operador personalmente acude a la oficina del Jefe de mantenimiento a notificarle en forma verbal la novedad. La otra manera es en la cual el operador informa verbalmente al jefe de producción o jefe de turno sobre la novedad en alguna de las máquinas, para lo cual, el superior tomará las medidas

pertinentes para informar en forma escrita al departamento de mantenimiento.

➤ **División Servicios Generales**

El motivo de relación se da por el pago de sueldos, préstamos, pensiones, etc. al personal de operadores. Además existe el departamento médico que es el encargado de hacer conocer al departamento de Producción de la ausencia por algún tiempo del operador, teniendo que reasignar personal o en último de los casos, suspendiéndola hasta el siguiente turno.

**2.6 Análisis de las condiciones de trabajo de la línea de producción.**

Dentro del mejoramiento de una línea de producción se deben tomar en cuenta las condiciones de trabajo del área, ya que podrían influir al cumplimiento de la actividad laboral que se realice. En el área de peletizado existen varios factores como: calor, polvo, humedad, ruido, iluminación, vibraciones, etc., que podrían ser adversos al desempeño normal de los operadores.

**La Temperatura**



La temperatura constituye un factor que influye en el bienestar, rendimiento y seguridad del trabajador, la medida óptima está comprendida entre los 18 y 28°C en lugares cerrados, para valores mayores, el excesivo calor produce fatiga<sup>2</sup>, necesiéndose más tiempo de recuperación o descanso que si se tratase de la temperatura normal, en cambio para valores inferiores, el frío produce en el trabajador pérdida de agilidad, sensibilidad y precisión de las manos, constituyéndose en un riesgo para su seguridad.

El área donde se encuentran ubicadas las tres máquinas peletizadoras, es una zona que está construida en un pequeño galpón cubierto por un techo de bajo nivel y donde una de las paredes limita con las bodegas de materia prima virgen y las otras tres son independientes de otras zonas, siendo un área parcialmente abierta a la ventilación y luz natural. Las fuentes de calor más importantes dentro de esta área las dan las tres máquinas peletizadoras, el molino y los hornos de secado.

---

<sup>2</sup> El IESS (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social) en su Reglamento de Seguridad e Higiene del Trabajo, capítulo tercero

El área de mezcla esta ubicada dentro de un galpón industrial, donde la altura del techo facilita la circulación de aire ambiental, las fuentes de calor las dan los tanques de mezclas y los molinos usados para la fabricación de artículos con materia prima virgen. Las otras tres áreas (clasificación y limpieza, secado natural y molido), trabajan en ambiente abiertos cubiertos por un techo a 2,5 m. Se deberá considerar que la temperatura se incrementa en la estación invernal, llegando hasta los 30°C.

Los trabajos realizados en la línea de peletizado requieren un nivel medio de concentración, algunos son ligeros y otros de fuerza. Si hablamos de trabajos ligeros, como los de los operadores de las áreas: clasificación y limpieza, secado natural y molido, la temperatura recomendable está en el rango de los 15°C a 18°C, en cambio los trabajos de fuerza, como los de los operadores de mezcla, extrusión-peletizado y secado mecánico, la temperatura recomendable está entre los 12°C a los 15°C.

### **El Ruido**

Cualquier sonido innecesario e indeseable se considera ruido y es por ello que se trata como un riesgo laboral, ya que afecta la capacidad auditiva, el nivel sonoro máximo admisible será de 85 dba en el ambiente de talleres, para los casos en que se exceda de estos niveles, deberán proveerse y utilizarse los elementos de protección adecuados, como protectores auditivos los cuales se los puede dividir en dos grupos:

- a. Los tapones o dispositivos de inserción, pudiendo llegar a disminuir hasta 15 dba.
- b. Orejeras, pueden disminuir unos 25 o 30 dba la intensidad del sonido de lo que existe en el ambiente.

Al analizar las diferentes áreas de trabajo del área de peletizado, se encuentra que las máquinas peletizadoras presentan niveles de ruido que llegan en promedio a 98.65 dba, teniendo en la mayoría de veces sonidos de muy alta frecuencia por lo que necesita el uso de orejeras. En el área de mezclas se tienen sonidos que llegan en promedio a los 90 dba, haciendo necesario el uso de tapones. El área de molido donde se encuentran ubicados los molinos y sierras generan un sonido fuerte que llegan a estar a 95.95 dba. El área de

extrusión-peletizado constituye en lugar con más ruido de la planta.

Actualmente el uso de protectores auditivos en el área de peletizado no es exigido por parte de los jefes o supervisores de la planta, quedando esto a criterio del trabajador.

Si consideramos que la mayor intensidad de sonido que se tiene es de 98.65 dba, 13.65 dba sobre lo permitido, podemos concluir que el tipo de protección que se tiene es la adecuada.

### **Iluminación**

La deficiencia de esta condición puede causar fatiga o malograr el sistema nervioso de un individuo. Todo lugar de trabajo deberá estar dotado de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para sus ojos. Las fuentes de luz más empleadas en la industria son:

- Lámpara de filamento. Solo una parte de la energía consumida es aprovechable en forma de luz.

- Lámpara de mercurio. La luz se produce por la acción de la corriente a través del vapor de mercurio formando arco. El rendimiento luminoso dobla al de las lámparas de filamento.
- Lámpara fluorescente. Son tres veces más eficientes que las de filamento.

Las unidades de iluminación más frecuentes son el Lumen y el Lux, la primera es la unidad de flujo luminoso y corresponde a la cantidad de flujo emitido por un punto luminoso cuya intensidad es de una bujía decimal en todas direcciones sobre  $1 \text{ m}^2$  de una esfera de 1 metro de diámetro. En cambio que el Lux es la unidad de iluminación o efecto útil de la luz, constituyendo en la iluminación de una superficie que recibe un flujo uniformemente repartido de un lumen por  $\text{m}^2$ . Según la norma DIN 5035 de iluminación de interiores con luz artificial para la clase de actividad que se realizan en las área de producción, trabajos en los que el ojo debe reconocer pequeños detalles con reducidos contrastes, la intensidad de la iluminación recomendada debe ser de 1,000 a 1,500 luxes.

Para obtener una buena reflexión de la luz ambiental todas las paredes de las diferentes área de producción se encuentran

pintadas de color blanco, lo que ayuda a aprovechar la luz natural del día y la artificial generada por las lámparas fluorescentes ubicadas en el techo.

Podemos decir que la iluminación en las áreas de clasificación y limpieza, secado natural y molido es eficiente, ya que solo es natural por trabajar solo en los días. El problema principal se tiene en las áreas de mezcla, extrusión-peletizado y secado por la falta de reparación de lámparas en mal estado, lo que causan problemas de iluminación en las noches, especialmente en la parte de alimentación de las máquinas donde se necesita claridad para observar que no se produzca contaminación del material.

### **Medio Ambiente**

Otro factor que ocasiona problemas a los operadores son las sustancias suspendidas en el ambiente, las cuales pueden penetrar en el cuerpo humano de varias maneras, por ingestión o por inhalación al respirar aire contaminado, o por absorción a través de la piel. Estos elementos se presentan generalmente en las siguientes formas:

- Humos.- Contienen partículas de carbón producidas por la combustión incompleta de productos carbonosos.
- Polvos.- Partículas sólidas muy pequeñas que flotan en el aire con tendencia a caer por su propio peso.
- Emanaciones.- Partículas sólidas muy finas producidas al condensarse los gases resultantes de la volatilización de metales en estado líquido.
- Nieblas.- Formadas por condensación del estado gaseoso, disgregación o atomización de un líquido.
- Gases.- Elementos químicos simples o compuestos que cambian de estado por efecto de presión y temperatura.
- Vapores.- Forma gaseosa de compuestos sólidos o líquidos, como los gases, son susceptibles de cambiar de estado por efecto de presión y temperatura.

En el caso de las áreas de molido, mezcla, extrusión peletizado y secado mecánico, se tienen considerables cantidades de contaminantes del ambiente que respira el trabajador, primeramente tenemos el polvo que se suspende fácilmente en el aire debido a que el diseño de las áreas no permiten su escape al ambiente.

También se tienen polvos pesados suspendidos en el ambiente por causa del mismo plástico que al ser cortado deja pequeñas partículas en aire, los mismos que se presentan al momento de carga y descarga del material en el proceso de mezcla, extrusión-peletizado y secado mecánico por lo que requiere exigir el uso de protección respiratoria para los operadores.

En la planta, a disposición de los trabajadores se tienen mascarillas desechables del tipo para contaminantes no tóxicos recomendado, para seguridad de los ojos, se dispone en la planta de protectores de la visión, los cuales son amplios y proveen de protección completa a todo el rostro.

Otro factor que influye en el ambiente de trabajo de los operadores, es el aceite lubricante de las máquinas, el cual, en la mayoría de las veces se encuentra regado en los pisos del área haciendo peligrosa la circulación en la misma. El aceite que se derrama más el polvo generado en el ambiente crea una capa en el piso del área muy resbalosa, haciendo peligroso el trabajo de los operadores.



Además se tiene que mencionar los factores de desconocimientos de los operarios de medidas de seguridad en las máquinas.

El IESS (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social) en su Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo, en el capítulo primero de su segundo título regula que toda maquinaria, equipo o instalación que debido a su movimiento ofrezca riesgo de accidente a los trabajadores, deberá estar debidamente resguardada. Las defensas o resguardos de las maquinarias y equipos deberán ser diseñados, construidos y utilizados de tal manera que proporcionen una protección efectiva, sin que a su vez constituyan un nuevo riesgo, previniendo el contacto con las zonas de mayor peligro.

Las máquinas peletizadoras no poseen equipos de resguardos de seguridad para evitar accidentes en los trabajadores, carece de cubiertas en la parte de su estructura provocando el contacto de gases y piezas móviles con los operadores constituyéndose en un peligro eminente si llegase a existir contacto con alguna prenda o herramienta de algún operador.

# CAPÍTULO 3

## **3. PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES PARA SUPERAR LOS PROBLEMAS.**

En el capítulo anterior se identificaron los distintos problemas que presenta el área de peletizado, por ende el siguiente paso a dar es la búsqueda de soluciones a esos problemas, con mejoras que logren disminuirlos o eliminarlos.

### **3.1 Mejoramiento del proceso de peletizado.**

El estudio de tiempos y movimientos realizado, presentó todas las actividades que se siguen para la producción de materia prima reciclada (pellets), donde se pusieron de manifiesto que existen tiempos y pasos que podrían mejorarse, eliminarse o combinarse, para obtener un mejor tiempo de producción; las cuales mencionaremos a continuación:

- **Falta de estandarización de los procedimientos en los diferentes procesos.**

Una de las debilidades del área de peletizado es la falta de estandarización de los procedimientos que se dan en los diferentes procesos, es decir, no existe una documentación certificada de la descripción de las formas de proceder y operar cuando un trabajador va a producir en un área determinada.

Para lograr esto, se deberá realizar un análisis de las diferentes teorías (catálogos, libros, manuales, etc.), que haya sobre cada uno de los procesos, y de esa manera hacerlos obligatorios en forma de estándares.

Con esta información se podrá realizar un manual de procedimiento y manuales de operación completos y generales de cada proceso y máquinas del área, obligatorios para que cada trabajador. De esa manera se tendrá la seguridad en todo momento de que el proceso productivo se esta dando de la manera correcta y segura, descartando cualquier posibilidad de error, pérdida de tiempo o accidentes. Esto requerirá el compromiso por parte

de los jefes involucrados, por lo que se recomienda concientizarlos mediante capacitaciones, sobre la necesidades y ventajas de tener estándares, ya que su aplicación traerá un mejor control del proceso y uniformidad en el trabajo.

- **Mejoramiento de los cambios de filtros en las máquinas peletizadoras.**

Los cambios de filtros en las máquinas peletizadoras tomaron demasiado tiempo, teniéndose que cambiar desde 1 hasta 4 filtros en cada máquina. El tiempo de esta actividad, que en total tarda 45' y 12'', dentro del proceso de extrusión-peletizado, tiene puntos que se pueden mejorar:

1. El retiro de los filtros de las máquinas tarda 18 minutos y 28 segundos debido a que el operador tiene que desmontar el paquete de filtros y caminar hacia al taller de soldadura a traer un repuesto. Se sugiere que los paquetes de filtros sean colocadas en el mismo lugar de trabajo, así el operador no tendrá que moverse de las máquinas y por ende, habrá menos tiempo perdido en cambiar los filtros. Con esta mejora se estima que el

tiempo de esta actividad se reducirá a aproximadamente cinco minutos.

2. El cambio lento de los filtros genera desperdicios del material, ya que al circular material contaminado tapa los dados formadores de hilo provocando cortes en el flujo de producción, razón por la cual se realizan paro de las máquinas, un arranque y paro de ellas tienen una duración de 30' 16", dicho tiempo innecesario puede ser evitado con un adecuado control del material que es colocado en las máquinas extrusoras.

Con las mejoras en estas actividades, la operación de cambio de filtros de las máquina peletizadoras de 45' y 12" se reduciría a 40' y 12" ahorrando en total un tiempo de 5', y además se asegurará en hacer un cambio de filtro por máquina, evitándose paros por dos o más cambios que se producen actualmente .

- **Mejoramiento en el cambio de cuchillas de las máquinas de molido.**

La operación de cambio de cuchillas es la misma para todos lo molinos; el siguiente punto es que debe mejorar:

1. La actividad de limpiar el molino para retirar los hilos plásticos se podría reducir si se exige a cada operador realice la limpieza de las máquinas antes de empezar el siguiente turno, para reducir la cantidad de material acumulado al momento de realizar el cambio de las cuchillas; esta actividad, se estima que se reduciría de 20' y 54" a solamente 10' y 45".

### **3.2 Mejoramiento de las relaciones funcionales del departamento de mantenimiento con la línea de producción.**

Al evaluar los resultados del diagrama Causa-Efecto, sobre la baja producción en el área de peletizado, se encontró que la falta de mantenimiento en las máquinas extrusoras-peletizadoras representan la mayor causa de paros productivos frente a los demás problemas existentes en el área. Por ese motivo se darán soluciones más específicas a esa debilidad.

- **Aplicación de programas de mantenimiento.**

Del análisis efectuado en el capítulo anterior se encontró que las máquinas extrusoras-peletizadoras se encontraban

con problemas de mantenimiento, por eso se hace necesaria la aplicación inmediata de un programa de mantenimiento preventivo y posteriormente la elaboración de un programa de mantenimiento predictivo a todas las máquinas extrusoras-peletizadoras, con el fin de evitar los problemas presentados y de asegurar la continuidad de su buen estado, para no provocar paros en la producción.

Estas recomendaciones no tendrían un costo adicional para la línea de producción, ya que las revisiones serían efectuadas por el mismo personal de mantenimiento que pertenece a la planta, además serán los que realicen los chequeos necesarios al implementarse el programa de mantenimiento preventivo. Se sugiere que dicho programa sea elaborado por un grupo de trabajo compuesto por el jefe del departamento de mantenimiento, el jefe del departamento de producción, un mecánico con experiencia y el operador más calificado del área, por ser este último el mejor conocedor del estado actual y de los problemas más frecuentes en las máquinas.

- **Aseguramiento de stock de repuestos en bodega.**

De la revisión de las órdenes de mantenimiento, se encontró que la falta de repuestos ocasionó el aumento del tiempo de reparación de las máquinas, la razón de eso se debió a las bajas cantidades de items registradas en bodega de repuestos.

Por ese motivo se recomienda realizar un estudio completo y detallado del nivel de rotación de cada ítem, para determinar cuales son los más usados, asegurándose con esto contar con el stock del repuesto requerido.

### **3.3 Mejoramiento del flujo de materiales de la línea de producción.**

Los sacos de 25 Kg constituyen la unidad de almacenamiento más usada en todo el proceso de peletizado, los mismos que son transportados sobre: carretillas, carretas y pallets, siendo la primera la más empleada (cada viaje realizado lleva una cantidad de dos sacos). El problema encontrado fue que al realizarse los movimientos de transporte por parte de los operadores, ocurrían desperdicios del material sobre las diferentes rutas de los procesos que los emplean, que además



de contaminar el plástico crea desorden y peligro de seguridad a todo personal que circula en el sector.

Esto ocurre porque los sacos son solo cosidos al final de la línea de producción, y también porque al ser sacos reutilizados (provenientes de la materia prima virgen), algunos de ellos, presentan partes deterioradas por donde se fuga su contenido.

Para lograr un mejor manipuleo del material, se sugiere dejar de usar las carretillas y colocar carretas con capacidad para cuatro sacos, logrando con esto dar una mayor estabilidad a los sacos, para evitar arrojar material al piso y además reducir los tiempos de transporte que realiza el operador en un 50%.

### **3.4 Planteamiento de los puntos de Control del Proceso de producción.**

Por ser un proceso que necesita trabajar con material plástico reciclado libre de contaminación, se hace necesario colocar puntos de control en el proceso para asegurar el cumplimiento del programa de producción, ya que esto ayudarán a detectar y evitar en el momento oportuno problemas que pudieran causar paros innecesarios de máquinas.

Para colocar estos controles usaremos la técnica llamada AMFE (Análisis Modal de Fallos y sus Efectos), la cual trata de resolver los problemas que puedan surgir en un proceso, esta consiste en enumerar cada uno de los posibles fallos y a través de una valoración de gravedad de los efectos y la frecuencia de aparición de las causas establece un ranking de importancia.

En esta técnica aparecerá el NPR (Número de prioridad de riesgo), el cual es el producto de la valoración de la frecuencia (Fre), gravedad (Gra) y detección (Det), usando este valor para ordenar los problemas por orden de importancia. Este análisis se realizará a cada uno de los seis procesos del área de peletizado, ya que cada uno de ellos posee características diferentes en lo que respecta a factores críticos que determinan la calidad del producto.

- **Proceso de Clasificación y Limpieza.**

Al realizar el análisis AMFE en este proceso se obtuvo que la característica más importante que pudieran afectar la calidad del producto son: la separación de los dos tipos de material y las incrustaciones o adherencias de otros

elementos (papel, madera, hierro, grasa, etc.), diferentes al material que se está separando (HDPE Y PP).

Para lograr este control se propone la supervisión a los operadores del proceso, mediante la aplicación de un muestreo aleatorio sobre lotes del material clasificado y lavado, en la tabla 25 se muestra el AMFE del proceso de clasificación y limpieza. Con esto se logrará eliminar las posibles causas de paros de máquinas de los siguientes procesos.

- **Proceso de Secado Natural**

De la tabla 26 se puede concluir que el factor crítico del proceso de secado natural es la contaminación presente en el medio ambiente, debido a que esta área se encuentra a la intemperie y por estar el material con cierta humedad brinda la oportunidad a que agentes como el polvo u otros elementos ligeros se adhieran y contaminen nuevamente el producto. El control sugerido en este proceso tiene que darse al momento de colocar el material en los molinos por parte del operador, quien deberá observar que el material no se encuentre contaminado. Con esto se

TABLA 25

## AMFE DEL PROCESO DE CLASIFICACIÓN Y LIMPIEZA

Descripción del proceso	Tipo de fallo	Efecto del fallo	G r a	Causa del fallo	F r e	Controles actuales	D e t	N P R	Acciones recomendadas
Separación del scrap plástico en HDPE y PP	Mezcla de materiales	Ocasiona paro en las máquinas de los siguientes procesos.	9	El operador no separó correctamente el tipo de material.	4	Ninguno	5	180	Control en proceso del tipo de material clasificado.
Lavado del plástico.	Contaminación de scrap plástico	Baja calidad del material.	9	El operador no realizó total o parcialmente la limpieza del material.	4	Ninguno	4	144	Control en proceso del material lavado.

logrará eliminar las posibles causas de paros de máquinas en los molinos.

- **Proceso de Molido.**

En la tabla 27 se muestra el AMFE del proceso de molido, con el cual podemos concluir que el factor más determinante en la calidad de este proceso se da en la caída del material molido, debido a que la calidad del material al entrar a las máquinas viene asegurada del control del proceso anterior.

El material que sale de los molinos cae sobre un plástico y luego es depositado en los sacos de 25 Kg, esto puede provocar una contaminación del plástico por encontrarse sin la debida protección. Primero se sugiere la colocación de un recipiente dentro del cual se pondrán los sacos para ser llenados directamente por el material molido y el control a aplicar se dará al momento de llenado y en el cambio de saco por parte del operador, quien deberá observar que el material no se encuentre contaminado, con esto se logrará asegurar la calidad del material.

TABLA 26

## AMFE DEL PROCESO DE SECADO NATURAL

Descripción del proceso	Tipo de fallo	Efecto del fallo	G r a	Causa del fallo	F r e	Controles actuales	D e t	N P R	Acciones recomendadas
Colocación de scrap clasificado y lavado a la intemperie para ser secado. trefilado	Contacto del material con agentes ambientales contaminantes.	Contaminación del material.	9	Área expuesta a la intemperie sin protección.	5	Ninguno	3	135	Observar la limpieza de los materiales antes de ingresar a molinos por parte del operador.

**TABLA 27**  
**AMFE DEL PROCESO DE MOLIDO.**

Descripción del proceso	Tipo de fallo	Efecto del fallo	G r a	Causa del fallo	F r e	Controles actuales	D e t	N P R	Acciones recomendadas
Molido del scrap reciclado.	Contaminación del material.	Baja calidad del material.	9	Falta de recipiente de protección.	4	Ninguno.	5	180	Control en proceso de llenado y en cambio de saco.
Corte de artículos con sierras	Oxidación del material	Baja calidad del material	7	Falta de limpieza de las sierras	3	Ninguno.	5	105	Observar la limpieza de las sierras antes de cortar artículos por parte del operador.

- **Proceso de Mezcla.**

De la tabla 28 podemos concluir que el factor crítico del proceso de mezcla se da en el vaciado de los material a los tanques de mezcla, los mismos que deben encontrarse limpios antes de empezar la operación.

Ya existe un control en este proceso, que se da antes de colocar el material dentro de los tanques por parte del operador, quien observa que los mismos estén limpios, también se aplica el mismo control cuando se realizan cambios de tipo de material base y de colores. Con esto se logra eliminar las posibles causas de contaminación del material.

Otro control aplicado en el proceso se da al pesar los sacos con material molido, fundas con aditivos y refuerzos, donde los sacos deben tener un peso de 25 Kg, los aditivos 10 Kg y los refuerzos 15 Kg, para lo cual se utilizan dos balanzas, la primera para pesar cantidades de hasta 100 Kg y la segunda hasta 25 Kg, estas balanzas son susceptibles a descalibraciones que pudieran ser solucionadas a tiempo



**TABLA 28**  
**AMFE DEL PROCESO DE MEZCLA.**

Descripción del proceso	Tipo de fallo	Efecto del fallo	G r a	Causa del fallo	F r e	Controles actuales	D e t	N P R	Acciones recomendadas
Vaciado de los materiales para mezclas.	Contaminación del material.	Mezcla de distintos materiales.	9	Falta de inspección de los tanques.	4	Verificación de los tanques antes de ser llenados.	2	72	Verificar la inspección en proceso por el operador.
Verificación del peso de los materiales a mezclar.	Pesos fuera de la media correcta	Cambios en las propiedades de la mezcla.	8	Descalibración de la balanza.	5	Ninguno.	5	200	Implementar un programa de calibración de la balanza

con un mantenimiento preventivo, el cual es parte de una mejora de este capítulo.

La mejora va enfocada a establecer un programa de calibración, que acompañado con un estudio que determine su comportamiento, pueda estimar el tiempo en el cual esta necesite de ajustes o reparaciones.

- **Proceso de Extrusión-Peletizado.**

En la tabla 29 se muestra el AMFE del proceso de extrusión-peletizado, de la cual podemos concluir que los factores más determinante en la calidad del producto se dan en: la carga y descarga del material en las máquinas, debido a que la tolva de alimentación se encuentran descubierta por falta de una tapa, cuya fabricación se da como mejora en este capítulo, ya existe un control de inspección visual que lo hace el operador antes de depositar los sacos en la tolva esto garantiza que no exista contaminación con otros elementos, asegurándose la calidad del material. Otro factor crítico se da en la descarga del material, que al ser cortado cae a un recipiente y luego es llenado en los sacos, esto provoca desperdicios que

**TABLA 29**  
**AMFE DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN-PELETIZADO.**

Descripción del proceso	Tipo de fallo	Efecto del fallo	G r a	Causa del fallo	F r e	Controles actuales	D e t	N P R	Acciones recomendadas
Vaciado de los materiales en extrusoras.	Contaminación del material.	Baja calidad de los pellets.	9	Falta de tapas en tolva de alimentación.	4	Verificación de las tolvas antes de depositar los materiales.	4	144	Colocar tapas y verificar la inspección en proceso por el operador.
Descarga de los pellets.	Desperdicios en el piso.	Contaminación del área e inseguridad personal.	7	Tanques de recepción mal diseñados.	5	Ninguno.	5	175	Colocar fundas dentro de los recipientes y controlar llenado

contaminan el área, creando además condiciones inseguras, se sugiere que los sacos sean colocados dentro de los recipientes para evitar contaminación del material. Ambas características deberán ser manejadas por el operador asignado a cada máquina.

La otra característica de calidad se considera más difícil de controlar, en el sentido de que no existen datos de en cuanto tiempo se tienen desgastes de las cuchillas de la cortadora, causante principal de pellets largos.

Por ese motivo se recomienda realizar un estudio para determinar el comportamiento de las cuchillas instaladas en la máquina de cortado, para así determinar su vida útil y poder estructurar un mejor control en línea para este proceso.

- **Proceso de Secado Mecánico.**

En la tabla 30 se muestra el AMFE del proceso de secado mecánico, con el cual se busca la determinación de los factores críticos de la calidad. De esa tabla podemos concluir que el secado del plástico es el factor más

**TABLA 30**  
**AMFE DEL PROCESO DE SECADO MECÁNICO.**

Descripción del proceso	Tipo de fallo	Efecto del fallo	G r a	Causa del fallo	F r e	Controles actuales	D e t	N P R	Acciones recomendadas
Secado de los pallets.	Humedad de los pellets.	Paro de máquinas en el área de producción.	9	Bajas temperaturas y tiempos de secado.	4	Verificación de la temperatura y tiempo de secado.	5	180	Verificar el control de las secadoras por parte del operador.
Descarga de los pellets secos.	Mezcla de materiales.	Paro en máquinas de producción	9	Tanques de secado con restos de otros materiales.	5	Ninguno.	3	135	Control de los tanques de secado antes de operar.



determinante en la calidad del producto. El material debe encontrarse libre de humedad, para el cual ya se aplica un control por parte del operador, quien chequea en forma visual y con el tacto del producto. Otro factor crítico es la limpieza del recipiente donde se deposita el plástico seco, el cual también es realizado por el operador encargado.

Los sacos antes de ser cerrados son pesados para controlar que su cantidad no supere los 25 Kg, al igual que las balanzas del proceso de mezclas, es susceptible a descalibraciones que pudieran ser solucionadas a tiempo con un mantenimiento preventivo, el cual es parte de una mejora de este capítulo. Con estos controles se logrará asegurar la calidad y cantidad del material almacenado en las bodegas de materia primas.

### **3.5 Mejoramiento de las condiciones de trabajo de la línea de producción.**

Uno de los problemas presentados por los operadores del área de mezcla, es la contaminación a la que está expuesto al entrar en contacto con elementos de la mezcla que se fugan al ambiente en el momento de realizar la operación, por la falta de

tapas en los tanques, lo que provoca que la mayor parte de su físico reciba descargas o residuos de dicha mezcla, su mejora es sugerida en el literal 4.1, con la aplicación de programas de mantenimientos, de la misma forma, se involucran a todos los molinos que presentan fugas.

- **Mejoramiento de la iluminación del área de Extrusión-Peletizado.**

En el análisis de las condiciones de trabajo de la línea de producción, se observó que en el área de extrusión-peletizado existía varias lámparas en mal estado, de ahí la sugerencia a que el departamento de mantenimiento realice la revisión y reparación inmediata del sistema de iluminación del área, ya que especialmente en los turnos de la noche, se hace más difícil captar detalles en el flujo de los materiales. Igualmente se recomienda realizar esa misma mejora en el área de mezcla.

- **Mejoramiento sobre el uso de equipos de protección personal.**

Como se mencionó en el capítulo anterior, los equipos de protección utilizados en la planta son los adecuados, sin



embargo, los factores de falta de control y poca exigencia en su uso, hace de que estos no sean empleados.

El planteamiento de la mejora en este aspecto va encaminada a obtener el compromiso, por parte del jefe de la planta, de controlar y exigir el uso de los equipos de protección, tales como tapones auditivos, orejeras, mascarar, guantes, etc., para precautelar la salud de los trabajadores.

El uso de estos equipos, mas que estar fundamentado en una obligación, debería estarlo en el conocimiento y concientización de los propios operadores sobre las ventajas y cuidados propios que brindan, por esto también se recomienda dictar charlas a los trabajadores sobre los distintos aspectos de seguridad industrial en lo referente a los beneficios de usar un equipo de protección para que ellos mismos se formen un concepto de la importancia de emplearlos. Dichas charlas deberán ser dictadas por el jefe del departamento de seguridad industrial que labora en la empresa.

- **Mejoramiento del estado del piso del área de Extrusión-Peletizado.**

Un factor que ha causado ya varios accidentes por caídas al suelo de los operadores es el aceite de las máquinas regado en el piso del área, el cual causa que este sea resbaladizo, peligroso de transitar y además va en contra de normas de limpieza. Por eso la sugerencia de mejora va dirigida a realizar una revisión completa del sistema de transporte del aceite situado alrededor del área y en máquinas, de esa manera se asegurará la eliminación de cualquier posible fuga o escape de aceite.

Adicionalmente a las fugas se tiene que las mismas máquinas peletizadoras depositan aceite en unos reservorios propios de ellas que no están siendo evacuados por los operadores y por ende estos se desbordan provocando más problemas en el piso, por eso la recomendación va hacia el jefe del área, quien deberá mejorar la supervisión en la remoción del exceso de aceite para evitar que termine sobre el piso.

# **CAPITULO 4.**

## **4. DISEÑO DEL PLAN DE IMPLANTACIÓN DE MEJORAS.**

En este capítulo se demostrará la factibilidad financiera de las soluciones a los problemas hallados en el área de peletizado, revisando sus costos de aplicación y comparándolas con el beneficio que generarían, de esa manera se asegura que las sugerencias realizadas van a generar ahorros significativos para la línea de producción y por ende para la empresa.

### **4.1 Asignación de actividades para la implantación de mejoras.**

Las actividades a realizarse en los todos los procesos de la línea de producción son los siguientes:

- **Estandarización de los procedimientos en los diferentes procesos.**

Responsables:

Jefe del Área de Peletizado y Jefe de Planta.

Actividades:

Contratación de los servicios de dos estudiantes de últimos niveles que estén cursando una carrera en cuyo p<sup>é</sup>ns<sup>u</sup>m académico tengan bases en ingeniería de métodos y procesos industriales, quienes revisarán y analizarán la teoría y documentación existente sobre los procesos de la línea, con el fin de realizar procedimientos y manuales de operaciones para los seis procesos. Además concientizar a los jefes, por medio de una capacitación dictada por un profesional experimentado, sobre la importancia y beneficios de tener controles en línea de los procesos y la estandarización de los mismos.

- **Mejoramiento de los cambios de filtros en las máquinas peletizadoras.**

Responsables:

Jefe de Mantenimiento, Supervisor de Producción Peletizado, Mecánicos y Operadores del Área.

Actividades:

Ubicación de los paquetes de filtros para las tres máquina extrusoras-peletizadoras en el mismo lugar de trabajo, para que de esa manera el operador no tenga que movilizarse hasta el taller de soldadura para buscarlas. Además capacitar a los operadores sobre el uso de herramientas y organización de los materiales en el mismo lugar de ubicación de las máquinas.

- **Mejoramiento en el cambio de cuchillas de las máquinas de molido.**

Responsables:

Jefe de Mantenimiento, Supervisor de Producción Peletizado, Mecánicos y Operadores del Área.

Actividades:

Exigir a cada turno de trabajo la limpieza y retiro de los hilos plásticos, que queden al final de todas las máquinas que hayan trabajado y así reducir la cantidad de material acumulado al momento de realizar el cambio de las cuchillas.

- **Aplicación de programas de mantenimientos.**

Responsables:

Jefe de Área de Peletizado, Jefe de Mantenimiento, Mecánicos y Electricistas.

Actividades:

Plantear al jefe de mantenimiento la necesidad de elaborar e instaurar un programa de mantenimiento preventivo a las instalaciones de la línea de producción, ya que las mismas son reparadas y mantenidas solamente cuando se presenta alguna anomalía. Con un programa elaborado se planeará cuándo y dónde realizar los ajustes en las máquinas, se administrarán mejor las horas de trabajo de los mecánicos y electricistas de la empresa, y se evitarán daños mayores y por ende menos pérdidas de horas productivas por paros de máquinas.

Dicho programa de mantenimiento preventivo, además de contar en su elaboración con el jefe de mantenimiento, debería tener al jefe del área, mecánicos, electricistas. Adicionalmente se debe exigir a los trabajadores, el uso de las hojas de reportes de daños a mantenimiento, las cuales facilitan la comunicación e identificación de los problemas de las máquinas, especialmente en momentos donde no existe personal de mecánicos laborando en un turno, de esta manera

se conseguiría una mejor relación entre los departamentos de producción y de mantenimiento.

- **Aseguramiento de stock de repuestos en bodega.**

Responsables:

Jefe del Área de Peletizado, Jefe de Mantenimiento y Bodegueros.

Actividades:

Plantear a los jefes la necesidad de cambiar la política de compra de repuestos, tratando de tener un stock mínimo de los más usados. Para esto se recomendará la necesidad de realizar un estudio sobre las compras emergentes realizadas de repuestos y de los niveles de rotación de los previamente existentes con el fin de determinar los más importantes para tenerlos en la bodega y no retardar el tiempo de reparación de una instalación por falta de repuestos.

- **Elaboración e implantación de un sistema de control en línea del Área de Peletizado.**

Responsables:

Jefe de Área de Peletizado, Supervisor del Área y Operadores del Área.

Actividades:

Iniciar con las actividades para preparar la implantación de un sistema de control en línea para todos los procesos; que será de forma permanente donde el operador esta obligado en cada momento a chequear el estado del material asegurando de esa manera la calidad del producto. También se hará para todas las máquinas de molido, mezcla, extrusoras y secadoras hojas de control, las cuales serán llenadas en el transcurso del turno por los operadores, los mismos que recibirán la preparación previa para entender y darle el mejor uso a estos formatos. La documentación será recogida y archivada por la persona encargada de la gestión de calidad de la planta, la cual realizará los análisis respectivos si se encontrase alguna anormalidad.

Realizar una capacitación a los operadores sobre las correctas formas de realizar las calibraciones de las máquinas, como por ejemplo los cambios de cuchillas, cambios de filtros, el mismo que será impartido por el jefe de mantenimiento.



- **Mejoramiento sobre el uso de equipos de protección personal.**

Responsables:

Jefe de Seguridad Industrial de la Planta y Jefe del Área de Peletizado.

Actividades:

Se plantean obtener el compromiso por parte de los jefes de que se lleven a cabo todas las medidas de control necesarias para asegurar el correcto uso de tapones auditivos, cascos, mascarillas, etc., por parte de todos los trabajadores, por medio de charlas o conferencias dictadas por el jefe de seguridad industrial o personas profesionales.

- **Construcción de una carreta para el área de molido.**

Responsables:

Jefe del Área de Peletizado y Jefe de Mantenimiento.

Actividades:

Construir una carreta para transportar el material molido al área de mezclas, para que esta no se provoquen desperdicios que

crean accidentes al momento de realizar las operaciones de carga de materia prima.

- **Reparación del sistema de lubricación de las máquinas extrusoras.**

Responsables:

Jefe de Mantenimiento y Mecánicos.

Actividades:

Pedir al departamento de mantenimiento la revisión completa del sistema de lubricación de las máquinas peletizadoras para encontrar y reparar fugas de aceite que causan que el piso del área se encuentre siempre en mal estado.

- **Reparación de las tapas de los tanques de mezclas.**

Responsables:

Jefe del Área de Mezcla y Jefe de Mantenimiento.

Actividades:

Pedir al departamento de mantenimiento la reparación inmediata de las tapas de los tanques de mezclas para así no

perder capacidad productiva y eliminar la contaminación del ambiente.

- **Reparación de luminarias.**

Responsables:

Jefe de Mantenimiento y Electricistas.

Actividades:

Solicitar al departamento de mantenimiento la revisión y reparación de las luminarias existentes en el área de extrusión-peletizado y mezclas.

#### **4.2 Análisis Costo – Beneficio de las mejoras planteadas.**

Para la implementación de las mejoras se tendrá que demostrar que los beneficios de ellas van a generar ahorros superiores a los costos que conllevaron ponerlas en práctica, de esta forma, primero se detallarán los costos y posteriormente los beneficios generados por las mejoras para compararlos, llegando a finalizar la conveniencia de ejecutarla.

A continuación se muestran los costos y beneficios de las mejoras planteadas.

▪ **Estandarización de los procedimientos en los diferentes procesos.**

**Costos:** \$3,900.

- Contratación de 2 estudiantes universitarios de los últimos niveles \$1,200.
- Capacitación de personal en gestión de calidad \$2,700.

**Beneficios: ---.**

- Mejor control en el trabajo de los operadores.
- Reducción de errores y por ende reducción del desperdicio.
- Uniformidad en el trabajo.
- Disminución de los paros de máquinas.
- Concientización en los jefes sobre la importancia de aspectos relacionados con la calidad.

▪ **Mejoramiento de los cambios de filtros en las máquinas peletizadoras.**

**Costos:** \$00.

Ubicación de paquetes de filtros en lugar de trabajo y capacitación a los operadores sobre las herramientas utilizadas, dictada por el jefe de mantenimiento.

**Beneficios:** \$15.58.

Horas máquinas obtenidas del ahorro de tiempo por cambio de filtros.

- **Mejoramiento en el cambio de cuchillas de las máquinas de molido.**

**Costos:** \$00.

Limpieza de material acumulado en los molinos.

**Beneficios:** \$10.15.

Horas máquinas obtenidas del ahorro de tiempo por cambio de cuchillas.

- **Aplicación de programas de mantenimientos.**

**Costos:** \$1,290.

Solicitar al jefe de mantenimiento la realización e implantación de un programa de mantenimiento preventivo para las instalaciones de la línea de producción. Para mejorar este programa es conveniente capacitar al personal, para el efecto se recomienda hacerlo en el Centro de Formación Industrial del Litoral (CERFIL – SECAP), ya que los cursos son prácticos y con maquinaria y equipo en esta área.

**Beneficios:** \$12,002.92.

- Mejora en las condiciones de las máquinas e instalaciones.
- Mejor administración de las horas de trabajo de los mecánicos y electricistas del departamento.
- Disminución de las horas de paros de máquinas por daños mecánicos o eléctricos.

▪ **Aseguramiento de stock de repuestos en bodega.**

**Costos:** \$00.

Análisis de los repuestos más utilizados por mantenimiento o de mayor rotación para tener un stock emergente de los mismos en la bodega.

**Beneficios:** --.

- Disminución del tiempo de reparaciones.
- Disminución de las horas de paro por mantenimiento.
- Mejora en las condiciones de las máquinas e instalaciones.

▪ **Elaboración e implantación de un sistema de control en línea del Área de Peletizado.**

**Costos:** \$300.

- Realizar un sistema o plan de control en línea del proceso, realizado por el mismo personal de la planta.
- Contratación de un profesional especializado en calidad \$300.

**Beneficios:** \$8,845.80.

- Mejor control del proceso.
- Reducción de desperdicios.
- Aseguramiento de la calidad.

▪ **Mejoramiento sobre el uso de equipos de protección personal.**

**Costos:** \$00.

Dictar seminario sobre la finalidad e importancia de los equipos de protección personal por parte del jefe de seguridad industrial. Además de pedir a los jefes y supervisores un mejor control sobre el uso de los mismos.

**Beneficios:** --.

- Disminución de accidentes de trabajo del personal de la línea.
- Mejora en las condiciones de trabajo y vida de los operadores.
- Cumplimiento de los reglamentos de los organismos de control.

▪ **Construcción de una carreta para el área de molido.**

**Costos:** \$175.

Utilizar materiales disponibles en la empresa y comprar partes para la construcción de una carreta.

**Beneficios: --.**

- Eliminación de desperdicios que puedan ocasionar accidentes de trabajo del personal.
- Mejor manipuleo de material.

▪ **Reparación del sistema de lubricación de las máquinas extrusoras.**

**Costos:** \$160.

Materiales y Mano de obra.

**Beneficios: --.**

- Mejor estado del piso de trabajo del área.
- Reducción de accidentes por resbaladuras.
- Ahorro de aceite lubricante.

▪ **Reparación de las tapas de los tanques de mezclas.**

**Costos:** \$140.

Materiales y Mano de obra.



**Beneficios: --.**

- Mayor cantidad de producción.
- Reducción de la contaminación del área.

▪ **Reparación de luminarias.**

**Costos:** \$160.

Lámpara de sodio de 250 w tipo campana con bulbo y reparación de luminarias existentes..

**Beneficios: --.**

- Mejora en las condiciones de trabajo de operadores
- Reducción de errores por falta de iluminación

Como se puede observar, en el desarrollo de los análisis de cada mejora, podemos concluir que todas son viables ya que la inversión total a realizarse es de \$6,125, mientras que el beneficio significaría \$20,874.45 anuales al área.

#### **4.3 Presupuesto para implantación de mejoras.**

Una vez que se han definido las mejoras a realizar y habiendo comprobado la viabilidad financiera de todas ellas, se deberá

realizar el justificativo análisis económico. Primeramente se determinará la tasa interna de retorno para después calcular el tiempo en que se recupera la inversión.

La tasa interna de retorno equivale a la tasa de interés producida por una inversión. El valor resultante fue de 240.81% anual.

**TIR (%) = 90.76 % mensual.**

De acuerdo a ese resultado la recuperación de la inversión es en el décimo mes una vez puesta en marcha las mejoras; así, podemos empezar a planificar la duración de las actividades, para lo cual se usarán los diagramas de Gantt, los mismos que son un recurso muy utilizado en la planificación de proyectos y consisten en una serie de barras que indican el comienzo y final de todas las actividades a realizar, determinando cuales pueden empezar al mismo tiempo y cuales deben esperar la culminación de otra.

En el APÉNDICE I se muestra el diagrama de Gantt, el cual muestra la duración de tiempo de la implantación de las mejoras, observando que la fecha final en la que se culmina la implantación

de todas las mejoras es el día 58 a partir del inicio de la primera actividad.

**TABLA 31**

**ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD**

Variaciones.	%	TIR %
a) Incremento en el precio de venta.	5	21.49
	10	22.91
	15	24.33
b) Reducción en el precio de venta.	5	18.65
	10	17.23
	15	15.81
c) Incremento en costos de producción.	5	91.07
	10	95.80
	15	100.53
d) Reducción en costos de producción.	5	81.60
	10	76.85
	15	72.13

**Análisis de Sensibilidad.**

En la siguiente tabla 31 se podrá observar como varía el TIR en diferentes porcentajes de incremento o reducción en los precios de venta y en los costos de producción.

En el análisis de sensibilidad se puede observar que el TIR es más sensible a las variaciones de precios de ventas que a las variaciones de los costos de producción.

# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez realizado el análisis a la empresa en estudio, se descubrieron los problemas que en ella se presentan y se plantearon soluciones con su respectiva evaluación financiera, ahora se terminará con el desarrollo de las conclusiones, así como de recomendaciones que contribuyan a un mejor desempeño del área de peletizado.

### 5.1 Conclusiones

1. La Empresa en estudio es ecuatoriana, privada, dedicada principalmente a la fabricación, importación y comercialización de artículos plásticos; y demás artículos para el hogar y la industria. Mantiene relaciones comerciales con varios países de América como: Colombia, Perú, Bolivia, Brasil, Chile, Argentina y Uruguay, lo cual hace que tenga una fortaleza sobre sus competidores al

cubrir y satisfacer más necesidades de los clientes al mismo tiempo.

2. Su producción se comercializa en mercados nacionales e internacionales, las ciudades donde se registraron las mayores ventas en el año 2003 fueron: Guayaquil y Quito con 10,602.72 Ton y 3,797.28 Ton respectivamente. La planta está identificada por 8 divisiones, las cuales son: división procesado, división inyección – soplado, división juguetes, división calzado, división cueros, división zapatillas, división técnicos y división servicios generales.
3. La materia prima plástica base usada en los diferentes procesos de fabricación por la empresa son: polietileno de alta densidad (HDPE), poliestireno (PS), polipropileno (PP), cloruro de polivinilo (PVC) y EVA; siendo los más usados el PP con el 48% y el HDPE con el 33%.
4. Para la transformación de la materia prima en artículos terminados se emplean dos técnicas: inyección y soplado.

5. Los desperdicios plásticos generados en planta, son un factor negativo que es muy difícil o casi imposible evitarlos por la empresa, la mejor manera de aliviar los costos de esos desperdicios, es mediante la recuperación y transformación de ellos en otros artículos para la venta, para eso, la planta cuenta con un proceso de recuperación en el área de peletizado, donde se recicla el plástico para obtener materia prima de buena calidad, en forma de pellets.
  
6. El proceso de peletizado consta de seis etapas: clasificación y limpieza, secado natural, molido, mezclado, extrusión-peletizado y secado mecánico.
  
7. La producción de pellets programados en el año 2003 fue de 1,116,534 Ton, la cantidad real obtenida fue de 757,859 Ton, siendo la eficiencia alcanzada de 67.87%.
  
8. El 81.23% de los problemas del área de peletizado se concentraron en tres causas: paro de máquina (39.44%), material contaminado (30.52%) y material con humedad (11.27%).

9. Al analizar las causas de los paros de máquinas de los procesos de la línea de producción, se encontró que las más frecuentes eran por razones de mantenimiento, esto es, la reparación de algún problema mecánico o eléctrico.
10. La línea de producción del área de peletizado posee una distribución por proceso, lo cual permite que cada área de trabajo tenga una autonomía para funcionar mientras existe material en proceso, haciendo que los perjuicios por el paro no planificado de alguna de las máquinas disminuya.
11. En este estudio se encontró que existía pocos conocimientos del personal sobre las ventajas del uso de equipos de protección personal, donde también la poca supervisión o exigencia por parte de jefes contribuían con el problema.
12. El proceso carecía de un sistema de control en línea , lo que causaban que se den errores en los procesos, mala calidad, desperdicios y por consiguiente paros de máquinas.
13. En el proceso de extrusión-peletizado, una de las principales causas de paros en las máquinas son los cambios de filtros, ya



que al momento de cambiarlos se tiene que ir al departamento de soldadura por uno nuevo, lo que aumenta el tiempo de cambios y por ende el aumento de paro de máquina.

14. La ejecución de todas las mejoras planteadas en este estudio conlleva una inversión de \$6,125 teniendo en contraparte un beneficio esperado en un año de trabajo de \$20,874.45.

15. El tiempo total de implantación de todas las mejoras planteadas en este estudio es de 58 días a partir de la fecha de inicio de la primera mejora.

## **5.2 Recomendaciones**

1. Mejorar el proceso de clasificación, supervisando a los operadores al momento de colocar los desperdicios en el área de peletizado, para no ocasionar una mezcla de los materiales; y, así disminuir el tiempo de clasificación.
2. Realizar un estudio ABC sobre los colores mas usados en la fabricación de los artículos e identificar el orden cronológico de llegada de cada desperdicio.

3. Investigar otros procesos de secado, empleados por industrias plásticas del medio, y hacer los respectivos estudios para su aplicación y conveniencia para la empresa.
4. Se debería realizar un estudio para la construcción de una nueva máquina extrusora–peletizadora con partes de máquinas que reposan en la planta, que permitirán aumentar la capacidad del proceso, de igual forma se debería habilitar uno de los dos molinos que permanecen en la empresa.
5. Sería indispensable tercerizar el análisis de las propiedades químicas y físicas de los materiales, por laboratorios ubicados en la ciudad, con el fin de controlar y garantizar su calidad.
6. Se sugiere realizar una investigación o un estudio de mercado para desarrollar y fabricar productos con nuevos colores.
7. Por encontrarse la empresa en planes de trasladarse a nuevas instalaciones, se sugiere la realización de un mejor diseño de planta de la que posee actualmente, el área de peletizado.

8. Se recomienda tener una mejor comunicación y coordinación entre el departamento de producción, mantenimiento y mercadeo, para que esta no afecte la planificación interna de la planta y se eviten cambios de colores o calibraciones no planificadas que conllevan a paros de máquinas innecesarios.
  
9. Una vez que se haya finalizado con la implantación de las mejoras planteadas y habiendo obtenido los resultados esperados, se debería continuar con las mejoras en la disminución de desperdicios ocasionados por las máquinas utilizadas en la fabricación de los artículos.

## **APÉNDICES**

## APÉNDICE A

### LISTADO DE LAS MÁQUINAS QUE POSEE LA EMPRESA

Listado General de máquinas de la División Inyección - Soplado			
Clasificación	Nombre de máquina	Capacidad Instalada (Toneladas x año)	Capacidad Utilizada (Toneladas x año)
ALTO CONSUMO	INY.MIR 1600	740	673
	INY.CINCINATI 725 MILACRON	650	592
	INY.MIR 675	580	528
	INY.VANDORN 700	640	582
	INY.VANDORN 1000A	500	455
	INY.REED 6000	535	471
	INY.CINCINATI 850 MILACRON	579	492
	INY.HPM KOEHRING 1500	720	612
	INY.VANDORN 1000B	500	425
	INY.REED 3000	750	638
	INY.REED 3000A	750	638

**Listado General de máquinas de la División Inyección - Soplado**

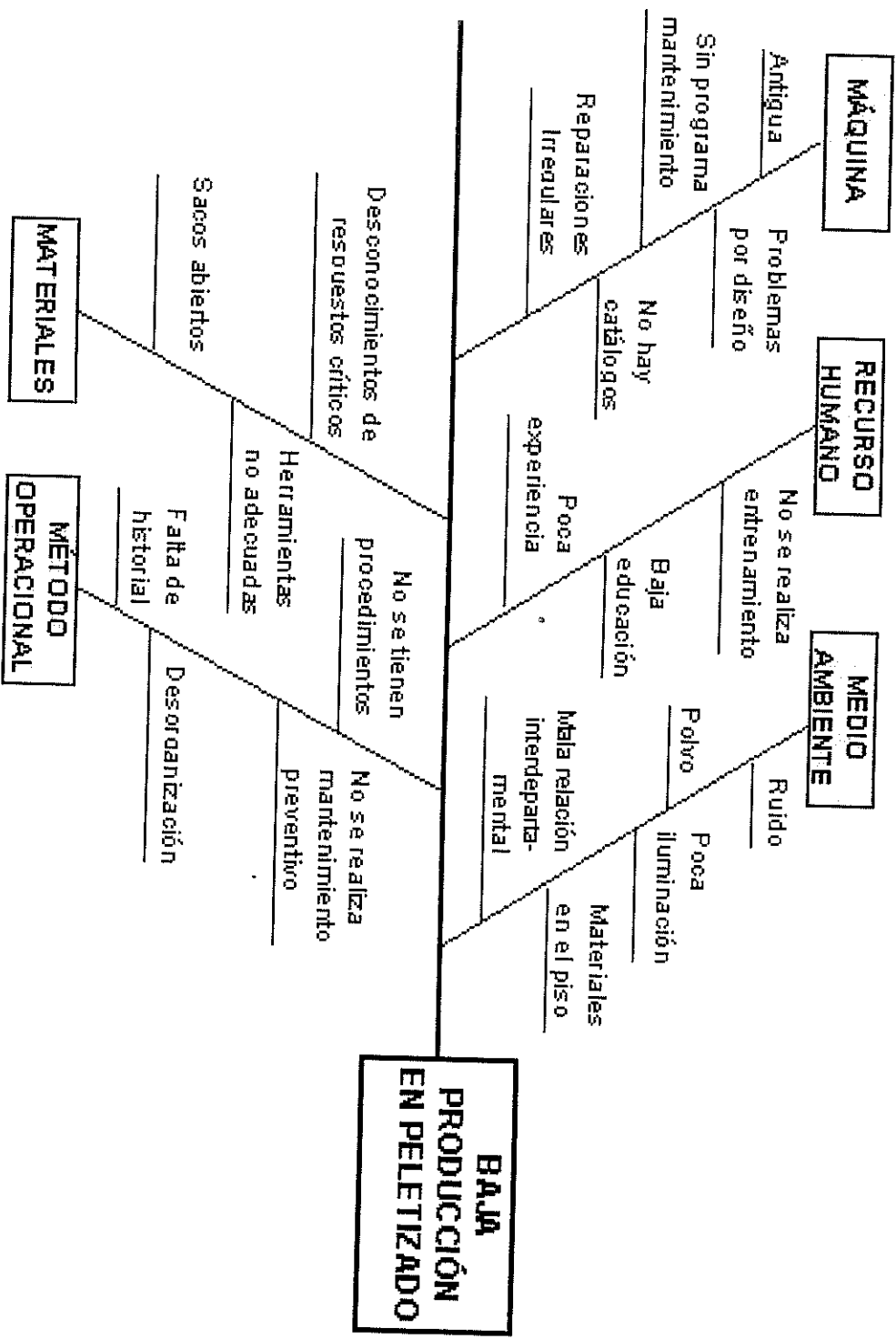
<b>Clasificación</b>	<b>Nombre de máquina</b>	<b>Capacidad Instalada (Toneladas x año)</b>	<b>Capacidad Utilizada (Toneladas x año)</b>
<b>MEDIANO CONSUMO</b>	INY.REED 250	250	213
	INY.NEGRI BOSSI	490	417
	INY.HUSKY 500	450	383
	INY.NEGRI BOSSI 600	520	442
	INY.HUSKY 500 A	435	370
	INY.ITALTECH 500	482	410
	INY.NEGRI BOSSI 750B	741	578
	INY.SANDRETTO SD500	473	357
	INY.SANDRETTO SD400	200	150
	INY.MIR 520	160	120
	INY.CINCINATI VH600 MILACRON	160	120
	INY.CINCINATI VH400 MILACRON	160	120
	INY.REED PRENTICE R400	130	98
	INY.REED 400A	165	124
	INY.REED 1700	144	108
	INY.VANDORN 500	350	263
	INY.REED ROMY- 300A	300	225

**Listado General de máquinas de la División Inyección - Soplado**

<b>Clasificación</b>	<b>Nombre de máquina</b>	<b>Capacidad Instalada (Toneladas x año)</b>	<b>Capacidad Utilizada (Toneladas x año)</b>
<b>SOPLADO</b>	SOPLADORA S1 OMEA	144	94
	SOPLADORA S2 HAYSEN ECONOBLAU	144	94
	SOPLADORA S3 AKEI	144	94
	SOPLADORA S4 AKEI	144	94
	SOPLADORA S5 CHINA	144	94
	SOPLADORA S6 CHINA	144	94
	SOPLADORA S7 AKEI	144	94
	SOPLADORA S8 AKEI	144	94
<b>TOTAL</b>	<b>66</b>	<b>18462</b>	<b>14440</b>

APÉNDICE B

DIAGRAMA CAUSA - EFECTO





## APÉNDICE C

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL ÁREA DE CLASIFICACIÓN Y LIMPIEZA.

#	Descripción de la Operación	Símbolos					m	seg
1	Recepción de scrap	○	□	D	⇨	▽	5.5	3
2	Almacenar scrap reciclado	○	□	D	⇨	▽	0.0	2
3	Transportar scrap a sección clasificación	○	□	D	⇨	▽	7.0	5
4	Tomar scrap	○	□	D	⇨	▽	0.8	3
5	Clasificar scrap en PP y HDPE	○	□	D	⇨	▽	2.0	50
6	Almacenar PP y HDPE	○	□	D	⇨	▽	4.5	11
7	Transportar el PP o HDPE a sección limpieza	○	□	D	⇨	▽	1.4	2
8	Llenar lavacara con agua	○	□	D	⇨	▽	0.0	90
9	Lavar PP o HDPE	○	□	D	⇨	▽	0.6	355
10	Inspeccionar impurezas	○	□	D	⇨	▽	0.0	50
11	Vaciar agua de lavacara	○	□	D	⇨	▽	0.0	10
12	Almacenar PP o HDPE	○	□	D	⇨	▽	2.5	7
13	Llevar PP o HDPE a área de secado natural	○	□	D	⇨	▽	7.7	19
<b>TOTAL</b>		<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>32.0</b>	<b>607</b>

## APÉNDICE D

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL ÁREA DE SECADO NATURAL

#	Descripción de la Operación	Símbolos					m	seg
1	Colocar y ubicar PP o HDPE lavado en área de secado natural	○	□	D	⇒	▽	5.5	20
2	Secar de PP o HDPE por rayos solares y almacenar	○	□	D	⇒	▽	0.0	14400
3	Inspección visual de secado de PP o HDPE	○	□	D	⇒	▽	0.0	50
4	Transportar PP o HDPE al área de molino	○	□	D	⇒	▽	4.8	3
<b>TOTAL</b>		<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>10.3</b>	<b>14473</b>

## APÉNDICE E

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL ÁREA DE MOLIDO

#	Descripción de la Operación	Símbolos					m	seg
1	Almacenar scrap	○	□	D	⇨	∇	0.0	3
2	Transportar scrap pequeño (bebederos, rebabas)	○	□	D	⇨	∇	4.4	6
3	Vaciar scrap a molino	○	□	D	⇨	∇	0.4	120
4	Molido de scrap	○	□	D	⇨	∇	0.8	540
5	Cortado de artículos grandes	○	□	D	⇨	∇	3.5	425
6	Descarga de scrap	○	□	D	⇨	∇	0.3	60
7	Almacenar scrap	○	□	D	⇨	∇	0.2	58
8	Llenar scrap en sacos de 25 kg	○	□	D	⇨	∇	0.5	50
9	Almacenar sacos con scrap	○	□	D	⇨	∇	1.5	35
10	Transportar scrap a área de mezclas	○	□	D	⇨	∇	12.0	50
<b>TOTAL</b>		<b>4</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>20.1</b>	<b>1347</b>

## APÉNDICE F

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL ÁREA DE MEZCLA

#	Descripción de la Operación	Símbolos					m	seg
1	Almacenar scrap	○	□	D	⇨	✓	3	7
2	Transportar scrap a tanque de mezcla	○	□	D	⇨	▽	11	26
3	Inspeccionar interior de tanque	○	□	D	⇨	▽	0.0	5
4	Limpiar tanque	○	□	D	⇨	▽	0.0	175
5	Vaciar elementos a tanque	○	□	D	⇨	▽	1.0	68
6	Tapar tanque	○	□	D	⇨	▽	1.2	20
7	Mezclado de elementos	○	□	D	⇨	▽	0.0	200
8	Destapar tanque	○	□	D	⇨	▽	1.2	20
9	Descarga de mezcla a sacos de 25Kg	○	□	D	⇨	▽	1.2	50
10	Colocar saco en carro	○	□	D	⇨	▽	0.7	7
11	Almacenar sacos	○	□	D	⇨	✓	0.0	5
12	Transportar a área de extrusión-peletizado	○	□	D	⇨	▽	13.4	120
<b>TOTAL</b>		<b>7</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>32.7</b>	<b>703</b>

## APÉNDICE G

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL ÁREA DE EXTRUSIÓN- PELETIZADO

#	Descripción de la Operación	Símbolos					m	seg
1	Almacenar scrap en área de extrusión-peletizado	○	□	D	⇨	▽	4.6	85
2	Transportar scrap a máquina extrusora	○	□	D	⇨	▽	10.5	53
3	Encender extrusora	○	□	D	⇨	▽	2.0	5
4	Inspeccionar tolva	○	□	D	⇨	▽	2.0	10
5	Purgar extrusora	○	□	D	⇨	▽	8.7	900
6	Colocar material dentro de tolva	○	□	D	⇨	▽	0.6	20
7	Extrusión del material	○	□	D	⇨	▽	8.7	1046
8	Cambiar filtros	○	□	D	⇨	▽	0.0	900
9	Pasar hilos por rodillos	○	□	D	⇨	▽	3.8	20
10	Enfriamiento del material	○	□	D	⇨	▽	0.0	10
11	Pasar hilos por rodillos	○	□	D	⇨	▽	1,8	10
12	Estirado y corte	○	□	D	⇨	▽	0.0	15
13	Llenar saco de 25 Kg	○	□	D	⇨	▽	0.7	120
14	Almacenar saco	○	□	D	⇨	▽	1.1	39
15	Transportar saco a área de secado	○	□	D	⇨	▽	12.7	126
<b>TOTAL</b>		<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>57.2</b>	<b>3359</b>

## APÉNDICE H

### ESTUDIO DE TIEMPOS DEL ÁREA DE SECADO MECÁNICO

#	Descripción de la Operación	Símbolos					m	seg
1	Almacenar scrap en área de secado	○	□	D	⇒	▽	1.1	10
2	Destapar tanque de llenado	○	□	D	⇒	▽	0.4	5
3	Inspeccionar tanque	○	□	D	⇒	▽	0.0	10
4	Limpiar tanque	○	□	D	⇒	▽	1.0	148
5	Colocar material dentro de tolva	○	□	D	⇒	▽	0.2	5
6	Tapar tanque	○	□	D	⇒	▽	0.4	5
7	Encender secadora	○	□	D	⇒	▽	0.2	10
8	Secado de material	○	□	D	⇒	▽	1.8	405
9	Descarga de material por tanque de salida	○	□	D	⇒	▽	0.8	10
10	Llenar sacos	○	□	D	⇒	▽	0.8	65
11	Limpiar tanque de descarga	○	□	D	⇒	▽	1.2	120
12	Llevar a balanza	○	□	D	⇒	▽	6.9	110
13	Pesar 25 Kg de material peletizado	○	□	D	⇒	▽	0.2	50
14	Coser saco	○	□	D	⇒	▽	0.0	20
15	Almacenar saco	○	□	D	⇒	▽	2.2	48
16	Transportar saco a bodega de producto terminado	○	□	D	⇒	▽	6.5	126
<b>TOTAL</b>		<b>11</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>23.7</b>	<b>1147</b>

Id	Nombre de tarea	Duración	Gantt Chart																											
			26 sep '04	03 oct '04	10 oct '04	17 oct '04																								
			D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J		
1	Estandarización de los procedimientos en los diferentes procesos.	30 días	[Gantt bar from 26 Sep to 26 Oct]																											
2	Capacitación sobre calidad a jefes administrativos	5 días	[Gantt bar from 03 Oct to 07 Oct]																											
3	Cambios de filtros en las máquinas peletizadoras	1 día	[Gantt bar on 03 Oct]																											
4	Cambios de cuchillas de las máquinas de molido.	1 día	[Gantt bar on 03 Oct]																											
5	Aplicación de programas de mantenimientos	15 días	[Gantt bar from 03 Oct to 18 Oct]																											
6	Aseguramiento de stock de repuestos en bodega	15 días	[Gantt bar from 03 Oct to 18 Oct]																											
7	Elaboración e implantación de un sistema de control en línea del Área de Peletizado	10 días	[Gantt bar from 03 Oct to 13 Oct]																											
8	Conferencia sobre el uso de equipos de protección personal	5 días	[Gantt bar from 03 Oct to 07 Oct]																											
9	Construcción de una carreta para el área de molido	3 días	[Gantt bar from 03 Oct to 05 Oct]																											
10	Reparación del sistema de lubricación de las máquinas extrusoras	9 días	[Gantt bar from 10 Oct to 19 Oct]																											
11	Reparación de las tapas de los tanques de mezclas	2 días	[Gantt bar from 03 Oct to 04 Oct]																											
12	Reparación de luminarias	2 días	[Gantt bar from 03 Oct to 04 Oct]																											

Proyecto: Proyecttesis  
Fecha: dom 23/01/05

Tarea  
División



Progreso  
Hito



Resumen  
Resumen del proyecto



Tareas externas

Fecha límite

Hito externo



## BIBLIOGRAFÍA

1. GONZÁLEZ JOSÉ, Introducción al Análisis Químico de los Plásticos, Primera Edición en Español, Editorial Blume, Madrid, 1970, pág 24, 94, 95.
2. LEVI JORGE, "Reciclaje del Polietileno de Alta Densidad (HDPE) para la fabricación de láminas" (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1992).
3. FERNÁNDEZ ROSA, OJEDA OFELIA, GONZÁLEZ ROSSANA, junio 1998, Contaminación.  
<http://www.pla.net.py/enlaces/cnelm/980617/contamin.htm>
4. GALAK MARTA, enero 2005, Enciclopedia,  
<http://www.productosplasticos.com/ambiente/enciclopedia.asp?qry=r>
5. OIKOS , Manual de Reciclaje de Plásticos, Corporación Oikos, Quito, 2000, pág 13,14, 20-25, 54-58.

6. SÁNCHEZ VICENTE, "Mejoramiento de la línea de producción de clavos negros de una planta procesadora de alambres de acero" (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2002).
7. VINUEZA ANDRÉS, "Estudio para el Incremento de la Productividad de la fábrica de Muebles Modulares MÓDULOS & MESONES" (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1999).