

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

### **DISEÑO DEL PLAN PILOTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL ÁREA DE CAPTACIÓN, SEPARACIÓN, TRITURACIÓN Y COMPACTACIÓN DE DESECHOS INORGÁNICOS EN EL RELLENO SANITARIO PARA EL ILUSTRE MUNICIPIO DE IBARRA**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**FERNANDA MARIBEL MALDONADO CATOTA  
LUIS ANDRÉS GARZÓN PÉREZ**

**DIRECTOR: ING. CARLOS SUNTAXI.**

**CODIRECTOR: ING. FERNANDO OLMEDO.**

**Sangolquí, octubre 2009**

## **CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO**

**El proyecto “DISEÑO DEL PLAN PILOTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL ÁREA DE CAPTACIÓN, SEPARACIÓN, TRITURACIÓN Y COMPACTACIÓN DE DESECHOS INORGÁNICOS EN EL RELLENO SANITARIO PARA EL ILUSTRE MUNICIPIO DE IBARRA ” fue realizado en su totalidad por Fernanda Maribel Maldonado Catota y Luis Andrés Garzón Pérez, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.**

---

**Ing. Carlos Sntaxi**

**DIRECTOR**

---

**Ing. Fernando Olmedo**

**CODIRECTOR**

**Sangolquí, octubre 2009**

## **LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO**

**“DISEÑO DEL PLAN PILOTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL  
ÁREA DE CAPTACIÓN, SEPARACIÓN, TRITURACIÓN Y  
COMPACTACIÓN DE DESECHOS INORGÁNICOS EN EL  
RELLENO SANITARIO PARA EL ILUSTRE MUNICIPIO DE  
IBARRA”**

**ELABORADO POR:**

---

**Fernanda Maribel Maldonado Catota**

---

**Luis Andrés Garzón Pérez**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

---

**ING. EMILIO TUMIPAMBA  
DIRECTOR DE CARRERA**

**Sangolquí, octubre 2009**

## DEDICATORIA

A quien no pudo cumplir su sueño de ser ingeniero por un inesperado destino, y hoy desde el cielo comparte conmigo esta inmensa alegría; para ti Vinny.

A mis queridos padres y abuelitos, quienes con su sabiduría y consejos me han apoyado incondicionalmente.

A mi familia, amigos y todos quienes han depositado su confianza en mí y siempre estuvieron a mi lado para darme ánimos y palabras de aliento en los momentos más difíciles.

*Fernanda*

A mi familia por ser una bendición en mi vida, en especial a mi madre y a mi padre.

A ti señor porque hiciste posible la terminación de mis estudios superiores, por todo el amor que derramas en mi vida. Esta tesis es para ti.

*Andrés*

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres que con afán y sacrificio me apoyaron moral y económicamente; a Paolita, Tania y Yoli por ayudarme en aquellas situaciones difíciles. A mis queridas tías Myris y Nelly, quienes siempre están al pendiente de mí y con quienes cuento incondicionalmente.

A mi mejor amiga Carolina porque siempre estuvo a mi lado en este arduo camino; un infinito agradecimiento Andrés, Belencita, Oscar, Christian y todos mis amig@s quienes se convirtieron en una familia con los que atravesé alegrías y momentos difíciles tras alcanzar este sueño.

A mis educadores, sembradores infatigables del saber que han hecho posible que se solucionen todas mis inquietudes profesionales.

Mil gracias al Sr. Nelson Cárdenas "Don Carsito", quien se convirtió en un gran amigo, siempre al pendiente del bienestar de sus estudiantes con un buen consejo, despejando dudas e inquietudes. A todos los señores técnicos laboratoristas, quienes jamás se negaron a brindarme su ayuda si lo requería.

Al Ilustre Municipio de Ibarra por brindarnos la oportunidad de realizar este proyecto y su apoyo total en la ejecución de este.

*Fernanda*

A mis padres por todo el sacrificio que han hecho por mí.

A quienes dedican su vida para la enseñanza y han inculcado en mi su conocimiento y buenas prácticas de convivencia.

A mi ciudad y a todos los profesionales que prestan sus servicios para el Ilustre Municipio de Ibarra, al Departamento de Salud y Medio Ambiente que han apoyado la realización de este estudio.

*Andrés*



## INDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Definición del problema	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 General	3
1.3.2 Específicos	3
1.4 Alcance	4
1.5 Justificación e importancia	4
CAPÍTULO 2	7
2.1 Definición de la capacidad de proceso	7
2.1 Localización del proyecto	8
2.1.1 Macro-localización	8
2.1.2 Micro-localización	10
2.1.2.1 Área disponible del terreno	11
2.1.2.2 Vías de acceso	11
2.1.2.3 Fuentes de abastecimiento eléctrico	12
2.1.2.4 Fuentes de abastecimiento de agua	12
2.1.2.5 Disponibilidad de mano de obra	12
2.1.2.6 Ordenanzas municipales	13
CAPÍTULO 3	17
3.1 Diagrama de flujo	17
3.2 Programa de procesos	18
3.3 Estudio de materia prima	21
3.3.1 Clasificación y características de los desechos sólidos	21
3.3.1.1 Por su procedencia	21
3.3.1.2 Según ordenanza municipal	24
3.3.1.3 Por su tipo	24
3.3.1.3.1 Papel y cartón	24
3.3.1.3.2 Plástico	27
3.3.1.3.3 Vidrio	30

3.3.1.3.4	Metales	32
3.3.2	Cantidad existente de los desechos sólidos	33
3.3.3	Cantidad de desechos aptos a utilizarse para el reciclaje	33
3.4	Descripción del proceso en las áreas de la planta	34
3.4.1	Captación de materia prima	34
3.4.1.1	Registro de ingreso de desechos	34
3.4.1.2	Movilización vehicular	35
3.4.1.3	Descarga de desechos inorgánicos	35
3.4.1.4	Pre-clasificación	35
3.4.2	Separación	36
3.4.2.1	Separación primaria	41
3.4.2.1.1	Recipientes para material no recuperable	48
3.4.2.2	Separación secundaria	49
3.4.2.2.1	Recipientes para transporte de material recuperable	52
3.4.2.2.2	Recipientes para transporte de material no recuperable	53
3.4.3	Trituración	54
3.4.3.1	Plástico	55
3.4.3.1.1	Lavado	55
3.4.3.1.2	Secado	56
3.4.3.1.3	Corte	56
3.4.3.2	Vidrio	56
3.4.4	Compactación	56
3.4.4.1	Pesaje	57
3.4.4.2	Transporte de material compactado	58
3.4.4.3	Almacenamiento	58
3.5	Descripción de áreas auxiliares en la planta	59
3.5.1	Infraestructura auxiliar interna	59
3.5.1.1	Información	59
3.5.1.2	Supervisión	59
3.5.1.3	Bodega	59
3.5.1.4	Coches de material pre-clasificado	59
3.5.2	Infraestructura auxiliar externa recomendada	60
3.5.2.1	Baños	60

3.5.2.2	Oficinas y bodegas	60
3.5.2.3	Primeros auxilios	60
3.5.2.4	Sitio de evacuación	60
CAPÍTULO 4		63
4.1	Análisis de maquinarias y equipos para las diferentes áreas	63
4.1.1	Clasificación y características técnicas	63
4.1.1.1	Área de captación de materia prima	63
4.1.1.2	Área de separación	63
4.1.1.2.1	Separación primaria	65
4.1.1.2.2	Separación secundaria	71
4.1.1.2.3	Transporte de materiales	77
4.1.1.3	Área de trituración	82
4.1.1.3.1	Lavado y secado	85
4.1.1.3.2	Corte	89
4.1.1.4	Área de compactación	89
4.1.1.4.1	Pesaje	94
4.1.1.4.2	Almacenamiento	95
4.1.2	Evaluación del estado de la maquinaria existente	95
4.2	Elección de maquinaria y equipo para adquisición	98
4.2.1	Área de captación de materia prima	99
4.2.2	Área de separación	99
4.2.2.1	Separación secundaria	103
4.2.2.2	Recipientes de material recuperable	107
4.2.2.3	Recipientes de material no recuperable	108
4.2.3	Área de trituración	109
4.2.4	Área de compactación	110
CAPÍTULO 5		113
5.1	Características físicas de la planta	113
5.1.1	Disponibilidad topográfica del terreno para ubicación de la planta	116
5.1.2	Selección de la alternativa óptima de diseño de la planta	116

5.2	Distribución en planta y requerimientos de área	118
5.2.1	Área de captación de materia prima	122
5.2.1.1	Área de registro de ingreso de desechos	122
5.2.1.2	Área de movilización vehicular	124
5.2.2	Área descarga de material inorgánico	126
5.2.3	Área de pre – clasificación	128
5.2.4	Área de separación	130
5.2.4.1	Separación primaria	130
5.2.4.2	Recipientes para transporte interno de material no recuperable (separación primaria)	131
5.2.4.3	Separación secundaria	132
5.2.4.4	Recipientes para material no recuperable (separación secundaria)	134
5.2.4.5	Recipientes para transporte interno de material recuperable	135
5.2.5	Área de trituración	136
5.2.5.1	Plástico	137
5.2.5.1.1	Lavado/ Secado	138
5.2.5.1.2	Corte	139
5.2.5.2	Vidrio	139
5.2.6	Área de compactación	140
5.2.6.1	Compactación	140
5.2.6.2	Pesaje	142
5.2.6.3	Almacenamiento	143
5.3	Diseño eléctrico	144
5.3.1	Dimensionamiento eléctrico	144
5.3.2	Inspección y estudios para instalaciones eléctricas	144
5.4	Diseño del sistema de distribución y tratamiento de aguas	145
5.4.1	Aguas lixiviadas	147
5.5	Áreas varias e infraestructura auxiliar interna	149
5.5.1	Áreas de información	149
5.5.2	Área de coches de material clasificado	150
5.5.3	Área de supervisión	151
5.5.4	Equipos eléctricos	152

5.5.5	Bodega	153
5.5.6	Baños o letrinas	154
5.6	Infraestructura auxiliar externa	154
5.7	Requerimientos de mano de obra y su distribución	155
5.8	Requerimientos de vehículos, equipo y herramientas	156
5.8.1	Herramientas y equipo	157
5.8.2	Vehículos	157
5.9	Estudio y elección de la nave industrial	158
5.9.1	Características de la estructura	158
5.9.2	Características físicas de la planta	159
5.9.2.1	Diseño de tuberías	161
5.9.2.2	Diseño estructural	161
5.9.2.3	Diseño eléctrico	161
5.9.2.4	Diseño arquitectónico	162
5.9.3	Obra civil	165
5.9.4	Proveedor	166
CAPÍTULO 6		167
6.1	Criterios de mantenimiento industrial	167
6.1.1	Objetivos de mantenimiento	167
6.1.2	Tipos de mantenimiento	168
6.1.2.1	Mantenimiento preventivo	168
6.1.2.2	Mantenimiento predictivo	168
6.1.2.3	Mantenimiento correctivo	168
6.1.3	Mantenimiento en la planta	169
6.2	Criterios de higiene y seguridad industrial	169
6.2.1	Seguridad en el trabajo	169
6.2.2	Higiene industrial	170
6.3	Disposición y uso de normas industriales	170
6.3.1	Edificios e instalaciones	170
6.3.1.1	Pisos y pasillos	170
6.3.1.2	Salidas	171
6.3.1.3	Iluminación	171

6.3.2	Control ambiental y ruido	172
6.3.2.1	Ventilación	172
6.3.2.2	Ruido industrial	172
6.4	Prevención de riesgos laborales	175
6.5	Peligros de electricidad	176
6.5.1	Descarga eléctrica	176
6.5.2	Corrección de peligros eléctricos	177
6.6	Protección contra incendios	178
6.6.1	Prevención de incendios	179
6.6.2	Evacuación de emergencia	179
6.6.3	Brigadas contra incendio	179
6.6.4	Extintores contra incendio	180
6.7	Capacitación de personal	182
6.8	Seguridad personal laboral	183
6.8.1	Protección para los oídos	184
6.8.2	Protección de ojos y rostro	185
6.8.3	Protección respiratoria	186
6.8.4	Calzado personal	188
6.8.5	Ropa protectora y riesgos cutáneos	188
6.9	Elección de elementos de seguridad industrial para la planta	189
6.9.1	Edificios e instalaciones	189
6.9.2	Control ambiental y ruido	191
6.9.3	Protección contra incendios	192
6.9.4	Seguridad personal laboral	194
CAPÍTULO 7		195
7.1	Análisis económico y financiero	195
7.1.1	Costos de inversión	195
7.1.2	Costos operativos	196
7.1.3	Estimación de costos	198
7.2	Análisis de alternativas de gestión	202
7.2.1	Privada	202
7.2.2	Pública	203

7.2.3	Pública - privada	204
CAPÍTULO 8		207
8.1	Conclusiones	207
8.2	Recomendaciones	209

## CUADROS

Cuadro 3.1	Porcentaje de materiales no recuperables sobrante en la planta de reciclaje	38
Cuadro 3.2	Parámetros y métodos del análisis de basura	44
Cuadro 3.3	Pesa de los materiales reciclados	57
Cuadro 4.1	Técnicas de separación de desechos sólidos y aplicación de la información	64
Cuadro 4.2	Parámetros importantes para el análisis del tamaño óptimo	69
Cuadro 4.3	Parámetros de diseño para cribas tambores	70
Cuadro 4.4	Recipientes para la descarga de los desechos no recuperables	80
Cuadro 4.5	Tipos, modos y aplicaciones de equipo usado para la reducción mecánica de tamaño	82
Cuadro 4.6	Comparación de los diferentes métodos de lavado de plásticos	86
Cuadro 4.8	Equipo de compactación usado para reducción de volumen	90
Cuadro 4.9	Parámetros importantes para el diseño de una prensa hidráulica	93
Cuadro 5.1	Tipos de agua contaminada y procesos de tratamiento preventivos	145
Cuadro 5.2	Características de las aguas lixiviadas	148
Cuadro 5.3	Mano de obra para unidades de la planta de reciclaje	155
Cuadro 5.4	Herramientas utilizadas en procesos de rellenos sanitarios y plantas de tratamiento	157
Cuadro 5.5	Vehículos de carga usados en rellenos sanitarios y plantas de tratamiento	158
Cuadro 5.6	Caudal y volumen de aire en diferentes lugares	164
Cuadro 6.1	Efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano	176
Cuadro 6.2	Cuatro clases de fuegos y medios de extinción adecuados	180
Cuadro 6.3	Riesgos y tipo de protector	185
Cuadro 6.4	Señales de seguridad industrial	189
Cuadro 6.5	Señales de seguridad industrial para un incendio	193
Cuadro 6.6	Dispositivos de seguridad personal laboral	194

Cuadro 7.1	Costos de inversión para la planta de reciclaje	195
Cuadro 7.2	Costos de operación para la planta de reciclaje	197

## TABLAS

Tabla 1.1	Tasas de crecimiento intercensales a nivel nacional	1
Tabla 3.1	Actividad económica sector urbano, Ibarra	21
Tabla 3.2	Resultados de tamizado	47
Tabla 3.3	Resultados de pesaje de cada material	48
Tabla 3.4	Densidad de basura en el sector urbano	49
Tabla 3.5	Cálculo para flujo de diferentes materiales	53
Tabla 4.1	Comparación de tamizado	102
Tabla 6.1	Exposiciones permisibles del ruido	174

## FIGURAS

Figura 2.1	Ubicación del proyecto (Ibarra)	9
Figura 3.1	Diagrama de procesos dentro de la planta	17
Figura 3.2	Diagrama de flujo de la planta	20
Figura 3.3	Producción de basura por sectores	22
Figura 3.4	Símbolos de clases de plásticos	28
Figura 3.5	Tamiz de separación de desechos	42
Figura 3.6	Tamizado en el relleno sanitario de Ibarra	43
Figura 3.7	Método de cuarteo	46
Figura 3.8	(Izquierda) Muestra de basura. (Derecha) Desechos para cuarteo	47
Figura 3.9	Instalaciones del Programa de Reciclaje “La Blanquita”	51
Figura 4.1	Clasificador de aire tipo convencional de conducto	66
Figura 4.2	Clasificador de aire tipo experimental de zig zag	66
Figura 4.3	Cribas de separación de mallas vibradoras	68
Figura 4.4	Cribas de separación tipo trommel	68
Figura 4.5	Separador de magneto suspendido	72
Figura 4.6	Separador de polea magnética	72
Figura 4.7	Separador de tambor magnético suspendido	72
Figura 4.8	Sistema de separación de tres magnetos usado con desechos sólidos desmenuzados	73
Figura 4.9	Sistema de separación magnética de dos tambores usados con desechos sólidos desmenuzados	74
Figura 4.10	Esquema de separación manual	76
Figura 4.11	Separador por inercia balístico	76
Figura 4.12	Separador por inercia deflector	77
Figura 4.13	Separador por inercia de transportador inclinado	77
Figura 4.14	Funcionamiento de chimeneas	78
Figura 4.15	Uso de coches	79
Figura 4.16	Trituradora con cuchillos	83

Figura 4.17	Vista exterior de un molino tipo martillo en la reducción de desechos sólidos	84
Figura 4.18	Vista interior de un molino tipo martillo en la reducción de desechos sólidos	84
Figura 4.19	Lavadora de plásticos	88
Figura 4.20	Eliminación del cuello de botella	89
Figura 4.21	Relación de compactación vs. reducción de volumen.	92
Figura 4.22	Prensa hidráulica estándar	94
Figura 4.23	Triturador de plástico	96
Figura 4.24	Prensa hidráulica	97
Figura 4.25	Montacargas	98
Figura 4.26	Criba Trommel	102
Figura 4.27	Esquema para cálculo de largo de la banda	105
Figura 5.1	Planta de reciclaje (instalación aprovechando la pendiente natural del terreno)	115
Figura 5.2	Planta de reciclaje (instalación en dos pisos)	115
Figura 5.3	Fachadas y niveles (planta de reciclaje)	118
Figura 5.4	Corte de niveles de la planta de reciclaje	118
Figura 5.5	Planta mecanizada para el tratamiento de 40 ton/día de desechos clasificados en el domicilio	120
Figura 5.6	Ubicación de unidades zona alta	121
Figura 5.7	Ubicación de unidades zona intermedia	121
Figura 5.8	Ubicación de unidades planta baja	122
Figura 5.9	Primer piso	122
Figura 5.10	Camión recolector de la ciudad de Ibarra	123
Figura 5.11	Báscula para vehículo de carga	123
Figura 5.12	Báscula para vehículos de carga, relleno sanitario de la ciudad de Loja	123
Figura 5.13	Caminos de entrada a la planta de reciclaje Municipalidad de Loja	124
Figura 5.14	Camino empedrado Km. 1 ½ del relleno sanitario hasta la entrada de la planta de reciclaje, Municipio de Ibarra	124
Figura 5.15	Zona baja situada la entrada de la planta de reciclaje	125

Figura 5.16	Zona alta situada la salida de la planta de reciclaje	125
Figura 5.17	Área de maniobras	126
Figura 5.18	Vista lateral derecha de la planta de reciclaje, zona de maniobras	126
Figura 5.19	Área de descarga material inorgánico	127
Figura 5.20	Vista de corte de área de captación de materia prima, planta de reciclaje	127
Figura 5.21	Terreno para ubicación de área de captación de materia prima	128
Figura 5.22	Corte de área de pre-clasificación de materia prima, planta de reciclaje	128
Figura 5.23	Área de descarga, pre-clasificación y tolva de conexión	129
Figura 5.24	Área de descarga, planta de reciclaje del cantón Mejía	129
Figura 5.25	Área de descarga y pre-clasificación, planta de reciclaje de la ciudad de Loja	129
Figura 5.26	Área de descarga, pre-clasificación y tolva de recepción	130
Figura 5.27	Criba trommel en separación primaria	131
Figura 5.28	Ubicación de los coches de material recuperable bajo la criba trommel	132
Figura 5.29	Proceso de separación secundaria de la planta de reciclaje	133
Figura 5.30	Vista arquitectónica de separación secundaria de la planta de reciclaje	133
Figura 5.31	Vista arquitectónica de áreas de movimiento y salidas en la planta de reciclaje	134
Figura 5.32	Área para coches de material no recuperable	135
Figura 5.33	Separación secundaria de la zona de clasificación de la planta de reciclaje	135
Figura 5.34	Vista arquitectónica general del área de triturado, lavado y secado de la planta de reciclaje	137
Figura 5.35	Vista arquitectónica específica del área de triturado, lavado y secado de la planta de reciclaje	137
Figura 5.36	Vista arquitectónica específica del área de triturado	138
Figura 5.37	Vista arquitectónica específica del área de lavado y secado	138

Figura 5.38	Vista arquitectónica específica del área de cortado de plástico	139
Figura 5.39	Vista arquitectónica específica del área de procesado de vidrio	140
Figura 5.40	Vista arquitectónica general del área de compactado	141
Figura 5.41	Vista arquitectónica específica del área de compactación de la planta de reciclaje	141
Figura 5.42	Vista arquitectónica general del área de pesaje	142
Figura 5.43	Vista arquitectónica específica del área de pesaje	142
Figura 5.44	Vista arquitectónica específica del área de almacenamiento	143
Figura 5.45	Distribución de aguas para el funcionamiento de todas las instalaciones del relleno	147
Figura 5.46	Vista arquitectónica general del área de información la planta de reciclaje	149
Figura 5.47	Vista arquitectónica específica del área de información de la planta de reciclaje	149
Figura 5.48	Vista arquitectónica y distribución de coches de material clasificado para áreas de clasificación, triturado, lavado y secado	150
Figura 5.49	Vista arquitectónica y distribución de coches de material clasificado para áreas de clasificación, compactado, pesaje y almacenamiento	150
Figura 5.50	Distribución de coches para material clasificado	151
Figura 5.51	Vista arquitectónica y control de unidades desde área de supervisión	151
Figura 5.52	Vista arquitectónica específica del área de supervisión de la planta de reciclaje	152
Figura 5.53	Vista arquitectónica y distribución de sistema eléctrico hacia las unidades de procesado, desde tableros de control	152
Figura 5.54	Vista arquitectónica específica del área para instalación de equipos eléctricos	153
Figura 5.55	Vista arquitectónica específica del área para bodega	153
Figura 5.56	Vista arquitectónica específica del área para baños.	154

Figura 5.57	Dibujo de naves industriales rectangulares	159
Figura 5.58	Fachadas de las instalaciones de la planta de reciclaje de la ciudad de Loja	163
Figura 5.59	Huecos para ventilación en instalaciones de naves industriales	164
Figura 6.1	Niveles del ruido en decibeles de sonidos familiares ( <i>Fuente: NIOSH</i> )	173
Figura 6.2	Tabla de conversión de niveles de ruido	174
Figura 6.3	Principios de prevención	175
Figura 6.4	Máscara de polvo desechable	187
Figura 6.5	Cuarto de máscara	187
Figura 6.6	Media máscara	188
Figura 6.7	Persianas para ventilación	192
Figura 7.1	Modelo organizacional municipal de una planta de reciclaje	204
Figura 7.2	Modelo organizacional pública- privada de una planta de reciclaje	205



## RESUMEN

El diseño del plan piloto para la construcción del área de captación, separación, trituración y compactación de desechos inorgánicos en el relleno sanitario para el Ilustre Municipio de Ibarra, permitirá el procesamiento promedio de veinte a treinta y cinco toneladas diarias de basura inorgánica del sector urbano; reduciendo en un veinte a treinta por ciento el volumen de los desechos que van a ser transportados y depositados en las celdas del nuevo relleno.

Este, se encuentra a 30 kilómetros partiendo desde la ciudad de Ibarra por la Panamericana Norte, vía a Tulcán; llegando a la antigua entrada al camino a la laguna de Yahuarcocha, donde se toma la vía de tercer orden (empedrada) y se recorre 1,5 kilómetros hasta el lugar disponible para la instalación de plantas de reciclaje y compostaje.

Debido a que el actual relleno sanitario de la ciudad de Ibarra se encuentra saturado, luego de funcionar por seis años; ha provocado una serie de inconvenientes al gobierno municipal. Uno de ellos, la declaratoria de emergencia sanitaria que obligó el pronto cierre del actual relleno y la apertura de otro nuevo con celdas emergentes; fue necesario tomar medidas para evitar que nuevamente ocurra este problema en el futuro sitio de disposición final de basura, el cual está programado para funcionar durante cuarenta años. Al no existir una planta de procesamiento de residuos reciclables se genera un uso innecesario de las celdas.

La instalación de plantas capaces de procesar los residuos inorgánicos urbanos generados en las ciudades, brinda tratamientos ecológicos responsables. Con esto, se garantiza la conservación del medio ambiente impidiendo el incremento de la contaminación y contribuyendo a la conservación de los recursos naturales aportando al bienestar de generaciones futuras e incluso las presentes.

Al establecer un sitio de reintegración de desechos inorgánicos, se podrá recibir diariamente todos los residuos generados en el sector urbano de la ciudad de Ibarra, los cuales serán separados en la fuente (domicilios) entre

orgánicos e inorgánicos; y finalmente procesarlos para reincorporarlos al ciclo económico. Por ello, mediante la investigación de la cantidad de desechos generados en el sector urbano, regulaciones y ordenanzas municipales; se pudo determinar las capacidades de la maquinaria.

Además con procedimientos de cuarteo se determinó la cantidad porcentual de residuos inorgánicos que llegan diariamente al relleno sanitario, con los cuales se logró dimensionar el flujo de materiales y así definir especificaciones técnicas de maquinaria. Que a su vez, permitieron investigar las características de funcionamiento del equipo requerido para la planta. Con ello, elegir constructores existentes en el mercado local que cumplan con las exigencias del diseño.

Inmediatamente se pudo realizar un estudio técnico del espacio físico necesario para las instalaciones, especificado la mejor opción de infraestructura; así como también la selección de normas de seguridad industrial que minimicen el riesgo de accidentes para el personal que pudiere laborar en las instalaciones.

Al implementar de este estudio técnico se contribuirá al Plan Maestro de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos del Municipio de Ibarra, así también se brindará un beneficio social a sectores marginales ubicados en el Valle del Chota; pues la puesta en marcha de este plan piloto genera fuentes de trabajo para aquella mano de obra no calificada, que participa en el desarrollo de este.

Con la ejecución de este proyecto se podrá reintegrar material reciclable al proceso productivo, brindando un tratamiento responsable a los residuos generados en la ciudad de Ibarra.

# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

### 1.1 ANTECEDENTES

Debido al consumo desmedido que existe en la sociedad hoy en día de los recursos naturales, el equilibrio ecológico se ha visto seriamente afectado; por esto muchas empresas buscan alternativas que reduzcan la acumulación de residuos de desechos domésticos consiguiendo reutilizarlos.

Factores como la mala calidad de los productos, conllevan a que tengan un período de vida relativamente corto, convirtiéndose a largo plazo en los más dañinos para el medio ambiente. Sumado a esto, la predisposición de usar y tirar productos hace que día a día se genere grandes cantidades de desechos que no son reciclados.

Los lineamientos de las políticas de gobierno tanto nacional y seccional en nuestro país, buscan solucionar problemas actuales con respecto al manejo de residuos provenientes de los hogares. Cumpliendo así también con las nuevas sugerencias propuestas por organismos internacionales para evitar el deterioro del entorno ambiental.

Ibarra es una ciudad de considerable crecimiento poblacional a nivel nacional (*ver Tabla 1.1*), por lo cual, también se incrementan las necesidades que tiene la comunidad respecto a los servicios básicos, como es el caso del Manejo de los Desechos Sólidos, que está a cargo del Municipio por medio de la Dirección de Salud y Medio Ambiente. En la actualidad la operación de este servicio se realiza tanto en forma directa por el Municipio de Ibarra (administración y recolección), así como mediante un contrato de participación mixta con la empresa IMBASEO, para el barrido y disposición final.

**Tabla 1.1 Tasas de crecimiento intercensales a nivel nacional**

<b>PERÍODO CENSAL</b>	<b>NACIONAL (%)</b>	<b>IBARRA (%)</b>
1974-82	2.81	3.88
1982-90	2.21	5.03
1990-01	1.92	2.37

Fuente: INEC, Resumen Nacional

La instalación de plantas capaces de procesar los residuos generados en las ciudades, brinda tratamientos ecológicos responsables. Con esto, se garantiza la conservación del medio ambiente impidiendo el incremento de la contaminación y contribuyendo a la conservación de nuestros limitados recursos naturales aportando al bienestar de generaciones futuras e incluso las presentes.

Es importante mencionar que el relleno sanitario actual de la ciudad de Ibarra está saturado, el cual funcionó por casi seis años, generando una serie de inconvenientes al gobierno municipal. Uno de ellos, fue la declaración de emergencia sanitaria que obligó el pronto cierre del actual relleno y la apertura de otro nuevo con celdas emergentes. Debido a esto es necesario tomar medidas que eviten que nuevamente ocurra este problema en el nuevo relleno el cual está programado para funcionar durante cuarenta años.

## **1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

El problema fundamental que el Municipio se enfrenta dentro del manejo de los desechos sólidos en la actualidad es la disposición final, toda vez que el espacio en operación actual, tiene un período de vida útil muy corto, frente a la generación de residuos sólidos.

La producción diaria de basura en el cantón es de 111,12 Ton/día, tanto de el área urbana más lo del área rural, y dependiendo del sitio o zona de donde provengan los desechos sólidos, estos varían la calidad y composición de los mismos.

Existe clasificación parcial (según un plan piloto del Municipio para el sector central) para recoger cartón, plástico, metales y papel. Cabe mencionar que en la ciudad de Ibarra, existe un creciente interés comercial por el reciclaje de materia reutilizable como es el caso de papel, cartón, metal y baterías.

La Ciudad de Ibarra cuenta con un sitio de disposición final, “relleno sanitario”, cuya operación técnica es parcial. Esta administrado y operado por IMBASEO, bajo la modalidad de contratación desde septiembre del 2003 hasta la actualidad.

Se ubica aproximadamente a 7.0 Km. de Ibarra, siguiendo la vía Panamericana Norte (hacia Tulcán), en el sitio denominado Socapamba cercano a la

depresión del río Tahuando. El área aproximada es de 3,7 ha; en el cual se han construido hasta el momento cuatro celdas de disposición final, todas ellas de diferentes dimensiones. Actualmente se construye una celda de interconexión entre las celdas de disposición N° 1 y N° 2 con la celda N° 4, con el objetivo de prolongar en aproximadamente 12 meses más la vida útil del actual relleno sanitario, con el cual se ha ocupado un 90% del área total<sup>1</sup>.

En vista de la situación actual del Relleno Sanitario, el municipio ha destinado un nuevo sitio en el cual se pueda operar como un verdadero relleno sanitario con las respectivas normas ambientales y operación técnica total, ubicado a 30.0 Km de Ibarra, siguiendo la vía Panamericana Norte (hacia Tulcán), en la lotización La Esperanza del Chota (predios 607 y 608) cercano a la depresión de Cachiyacu, el área aproximada es de 51,44 ha; con un período de vida útil de por lo menos 40 años. A través de este se desea poner en marcha el Plan Integral de Desechos Sólidos en el cual existirán: una planta de captación, separación, trituración y compactación de la basura inorgánica, y otra de manejo de desechos orgánicos o de compost; además de las áreas anexas requeridas.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 GENERAL**

Realizar el estudio para el diseño del área de captación, separación, trituración y compactación de desechos en el nuevo relleno sanitario para el Ilustre Municipio de la ciudad de Ibarra.

### **1.3.2 ESPECÍFICOS**

- Realizar un estudio de la cantidad total de residuos inorgánicos que llega al sitio de disposición final.
- Desarrollar el proceso de captación, separación, compactación y trituración de desechos en el nuevo relleno sanitario.

---

<sup>1</sup> Informe de Manejo del Relleno Sanitario de San Miguel de Ibarra, IMBASEO, Diciembre 2007

- Especificar el área requerida para la construcción de la planta, el acoplamiento e instalación de los equipos adecuados.
- Seleccionar los equipos que presten los servicios e información requeridos, de acuerdo a la disponibilidad en el mercado.
- Detallar los costos totales de inversión y financiamiento del diseño del plan piloto.

## **1.4 ALCANCE**

Realizar el diseño de una planta de procesamiento de treinta y cinco toneladas diarias de basura inorgánica para clasificar, triturar y compactar; y así reducir en un veinte a treinta por ciento el volumen de los desechos que van a ser transportados y depositados en las celdas del nuevo relleno sanitario ubicado a treinta kilómetros de la ciudad de Ibarra.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

Al no existir una planta de procesamiento de residuos se genera un uso innecesario del espacio físico en el transporte y en las celdas del nuevo relleno. Entonces, separando desechos reciclables se puede optimizar el área de uso con otros desperdicios; incrementando así la vida útil del lugar destinado para estos.

Este proyecto busca implementar un plan piloto que reducirá la cantidad de basura depositada en las celdas del nuevo relleno sanitario, ya que actualmente llega al sitio un promedio de ciento veinte toneladas diarias de basura sin clasificar. Con esta planta se podrá disminuir en un veinte a treinta por ciento la cantidad total de los desechos, en consecuencia, se baja el consumo del paisaje y los impactos ambientales.

Ecuador posee importantes lugares de biodiversidad animal y vegetal. Sin embargo carece de concientización ciudadana y no sabe protegerlos, situación que hace que cada día estos sean destruidos por la contaminación, por lo que es necesario analizar, seleccionar y desarrollar nuevos conceptos especializados que permitan aprovechar y reutilizar de manera eficiente los desechos; implementando una base técnica para diseñar u optimizar

programas y plantas de reciclaje adaptadas a las condiciones específicas de cada lugar y de todos quienes participen en este proceso.

Al establecer un sitio de reintegración de desechos, se podrá recibir diariamente toda la basura generada en la ciudad de Ibarra, la cual entrará a un proceso de separación de desechos orgánicos en bajas proporciones e inorgánicos aptos para el reciclaje, los cuales pasarán a subprocesos de lavado y secado, para luego ser triturados y compactados. Finalmente, se podrá disponer de materia prima secundaria para la industria dedicada al manejo de reintegración de materiales, con lo que se puede lograr beneficios ecológicos y económicos.

Por otra parte, la ejecución de este proyecto pretende despertar el interés de “Aprender a Reciclar” en todos los habitantes de Ibarra, fomentando la separación de los materiales recuperables en sus propias casas optimizando procesos finales; complementando los programas del plan maestro de manejo de desechos sólidos del municipio.

Además se brindará un beneficio social a sectores marginales ubicados en el sector del Valle del Chota, pues la puesta en marcha de este plan piloto genera fuentes de trabajo para aquella mano de obra no calificada, que participa en el desarrollo de este proyecto.

Por lo anteriormente expuesto, es necesario que se investigue, desarrolle e implemente este tipo de proyectos en las pequeñas ciudades que contribuyan a un ahorro económico y sobretodo ayuden a la preservación del medio ambiente.



## CAPÍTULO 2

### ESTUDIO TÉCNICO

#### 2.1 DEFINICIÓN DE LA CAPACIDAD DE PROCESO

La capacidad de proceso está en función de los diferentes elementos técnicos, operativos y disponibilidad de tecnología. Básicamente está definido por la capacidad física y real que tendrá la planta para poder procesar desechos inorgánicos por un período de tiempo, en las condiciones óptimas de trabajo.

Para el siguiente diseño la cantidad que ingresa al nuevo relleno sanitario es un promedio de 111,12 toneladas diarias de basura (desechos orgánicos e inorgánicos), de las cuales se tomará una proporción inicial de 20 a 30 % que ingresarán a la planta, correspondiente al material inorgánico. Estos serán generados en el sector urbano en el cual se producen 2515,23 ton/mes<sup>2</sup> en la ciudad.

Asimismo, no se pudo hacer una prueba de campo en el relleno, ya que los desechos están mezclados tanto del área urbana como rural. Por otra parte, se cuenta con estudios del control de pesos en (archivo) bodega de desechos reciclables de los programas de La Blanquita (plan piloto primario de reciclaje) los cuales van a unirse a la planta de reciclaje, para hacer su separación y almacenaje (*ver Anexos A y B*).

Los datos para proseguir con la investigación serán netamente del área urbana<sup>3</sup>, por ser un plan piloto, el cual manejará los desechos de esta zona con una producción per cápita de 0,68 kg/hab/día<sup>4</sup>, para luego ampliarse con procedimientos más globales en la zona rural.

La capacidad de diseño de la planta está estructurada para un manejo mínimo de 20 toneladas y máximo de 35 toneladas diarias de desechos sólidos en condiciones ideales de operación por unidad de tiempo. Esta cantidad se la

---

<sup>2</sup> Consultoría Gestión Desechos Sólidos Cantón Ibarra, CTB, UT BMI, Elizabeth Díaz, Diciembre 2005

<sup>3</sup> Consultoría Gestión Desechos Sólidos Cantón Ibarra, CTB, UT BMI, Elizabeth Díaz, Diciembre 2005

<sup>4</sup> Diagnóstico de la Producción de los Desechos Sólidos para la Ciudad de Ibarra y su Área de Influencia, MUNICIPIO IBARRA, 2008, Elaborado por: Ing. Alonzo Moscoso

estableció basándose en estudios previos al proyecto, además considerando una proyección poblacional en los siguientes 25 años (*ver Anexo C*).

La planta procesará una cantidad menor a 35 toneladas considerando todas las posibles contingencias que se presenten en condiciones normales de operación.

En base a lo citado anteriormente, se establece que la planta trabajará ocho horas diarias de lunes a viernes, con lo que se puede determinar su capacidad a través de los siguientes cálculos:

Días Operables Planta a la semana	DO := 5	días
Horas Operables al Día	HO := 8	horas
Total Trabajado Planta de Reciclaje	TTPR := DO·HO	

#### CALCULOS ESTIMADOS PARA CAPACIDAD DE LA PLANTA

##### Capacidad Minima

	TTPR = 40	horas
Residuos Inorganicos 2008 por día	Cantd08 := 20.15	ton
Dias Recoleccion Reciclado 2008 semana	DRR08 := 5	días
Cantidad Total Residuos Reciclados	CTRR08 := Cantd08·DRR08	
	CTRR08 = 100.75	ton
Capacidad Procesamiento por Hora	Cants08 := $\frac{CTRR08}{TTPR}$	
	Cants08 = 2.519	$\frac{\text{ton}}{\text{hora}}$

## 2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El estudio de localización tiene como propósito encontrar la ubicación más adecuada que cubrirá las exigencias y requerimientos del proyecto optimizando costos de inversión y áreas disponibles de terreno.

### 2.1.1 MACRO-LOCALIZACIÓN

La Ciudad de San Miguel de Ibarra se encuentra ubicada en la sierra norte del Ecuador, es capital de la Provincia de Imbabura, en las siguientes coordenadas

geográficas: Latitud Norte 00°20'00"; Longitud Occidental 78°06'00", la altitud media es 2228 msnm.

Los límites del cantón Ibarra son los siguientes:

Norte: La Provincia del Carchi.

Sur: La Provincia de Pichincha.

Este: El Cantón Pimampiro

Oeste: Los Cantones: Urcuquí, Antonio Ante y Otavalo.



**Figura 2.1 Ubicación del proyecto (Ibarra)**

**a) Aspectos climatológicos.**

Existe una variedad de microclimas del Cantón Ibarra que van desde frío andino a la zona de Angochagua, hasta tropical seco del Valle del Chota, pasando el cálido húmedo de la zona de Lita y La Carolina. Por la variación de la precipitación a diferentes alturas se presentan épocas de sequía entre los

meses de junio y septiembre, con dos épocas de sequía adicionales en los meses de abril y noviembre.

Temperatura ambiental media mensual: ..... 15.90° C

Precipitación: ..... 1000 mm. – 1400 mm.

**b) Relieve de la ciudad.**

La topografía del suelo corresponde a pendientes que fluctúan entre el 5 y el 15% en las estribaciones del cerro Imbabura. Existe una continuidad topográfica ascendente y los elementos orográficos que se destacan son los cañones de los ríos Ambi y Tahuando, que corren de Sur a Norte.

El área urbana de Ibarra se localiza en una llanura, con la mayoría de su superficie en una zona central que no supera el 5% de declive. Sobre el costado occidental del río Tahuando, existe una explanada que se extiende hasta las laderas de los cerros que limitan con la laguna de Yahuarcocha.

**c) Área de influencia del estudio.**

Para el estudio de disposición final de los residuos sólidos de la Ciudad de Ibarra se considera como área de influencia a la cabecera cantonal del cantón Ibarra con su parroquias urbanas: Caranqui, Pílanquí, Cdla. El Chofer, El Milagro, Yahuarcocha, La Victoria, Los Ceibos, Yacucalle, El Ejido, La Esperanza y Alpachaca.

**2.1.2 MICRO-LOCALIZACIÓN**

Se debe elegir la mejor opción de donde se debe colocar la planta dentro de nuevo relleno sanitario y la más próxima a los sitios de abastecimiento, servicios básicos, accesos, seguridad.

Una vez seleccionada la alternativa más óptima se elabora el plano de macro-localización donde se encuentran detalladas las vías de acceso y la respectiva ubicación.

**a) Localización del terreno**

El terreno adquirido para el nuevo relleno sanitario se encuentra ubicado en la sierra norte del Ecuador, Provincia de Imbabura, Cantón Ibarra, Parroquia

Ambuquí, lotización La Esperanza del Chota (predios 607 y 608) en las siguientes coordenadas geográficas: UTM 823323, 10053307(0° 28' 16.03" N, 78° 05' 24.37") a 1575 msnm, con un área total de 51,44 ha.

Los límites de la parroquia Ambuquí (*ver Anexo D*) son los siguientes:

Norte: La Provincia del Carchi.

Sur: Parroquia de Ibarra.

Este: El Cantón Pimampiro.

Oeste: Parroquia de Ibarra.

Ya definida la zona y población se procede a determinar el terreno más conveniente con la ubicación definitiva donde se puede conocer con exactitud las dimensiones del terreno a convertirse en la planta (*ver Anexo E*).

#### **b) Aspectos climatológicos.**

El nuevo relleno está ubicado en un valle de clima cálido, tropical seco y paisajes desérticos que contrastan con el resto de la provincia. Está ubicado en la parte norte del cantón Ibarra al límite con la provincia del Carchi.

Precipitación: ..... 0 mm. – 500 mm.

Temperatura ambiental promedio: ..... 18 ° C. – 20 ° C.

Período de sequía:..... aprox. 11 meses.

#### **2.1.2.1 Área disponible del terreno**

Dentro del nuevo relleno sanitario se cuenta con un área aproximada de 4 500 m<sup>2</sup> para la instalación de la planta de tratamiento de desechos sólidos inorgánicos. En el interior de esta superficie se distribuirá toda la zonificación según los requerimientos del diseño del plan piloto (*ver Anexo F*).

#### **2.1.2.2 Vías de acceso**

Son las rutas o espacios lineales destinados para la circulación de personas y, en su caso, vehículos y darán acceso al relleno y a su vez a la planta de procesamiento de desechos sólidos.

Se realiza un recorrido de aproximadamente 30 kilómetros partiendo desde la ciudad de Ibarra por la Panamericana Norte, vía a Tulcán; llegando a la antigua entrada al camino a la laguna de Yahuarcocha, donde se toma la vía de tercer

orden (empedrada) con 6 m de ancho y se recorre 1,5 kilómetros hasta el lugar disponible para la instalación de las plantas de reciclaje y compostaje. Esta ruta circula la periferia de todo el relleno sanitario (*ver Anexo F*).

#### **2.1.2.3 Fuentes de abastecimiento eléctrico**

Son etapas necesarias para que la energía eléctrica llegue al consumidor final, en este caso las plantas de procesamiento de basura orgánica e inorgánica. Por ello, se debe conocer de dónde y cómo se abastecerá de electricidad.

En la ciudad de Ibarra se trabajará con la empresa eléctrica EMELNORTE, por medio del Departamento de Distribución de Red Eléctrica, la cual maneja planos de distribución de redes monofásicas y trifásicas dentro de la provincia de Imbabura, además de realizar presupuestos de instalaciones eléctricas.

Por tanto se especifica la distancia del punto de ubicación de la planta de reciclaje con respecto al punto más próximo de la red trifásica, necesaria para la instalación de cualquier tipo de industria (*ver Anexo G*).

#### **2.1.2.4 Fuentes de abastecimiento de agua**

Así como el suministro de agua potable es vital para una comunidad, también lo es para la planta. Aquí se conocerá las fuentes tanto de agua potable como fuentes de agua naturales o de regadío, es decir establecer las instalaciones de depósitos y tuberías de dónde se tomará el agua.

#### **2.1.2.5 Disponibilidad de mano de obra**

En la actualidad existe un convenio de carácter social entre el municipio y la comunidad, este pretende que exista una participación activa de la población del sector anexo al relleno, en la implantación de proyectos de compostaje y reciclaje que permitan el manejo de los desechos de una manera más responsable. Por esta razón los trabajadores dentro de la planta serán habitantes de la zona.

La mano de obra necesaria para la operación del proyecto estará calculada en base al programa de producción y en la operación de maquinaria, por lo que se necesitará:

**a) Mano de obra directa**

Interviene directamente en el proceso de la planta, para esta no se requiere estrictamente mano de obra calificada, pues cualquier persona adulta puede separar los tipos de desechos sólidos.

**b) Personal de administración**

Este personal se encargará de la correcta administración, control, servicio y comercialización del material, en este caso es necesario que tengan experiencia y sean calificados.

**2.1.2.6 Ordenanzas municipales**

EL CONCEJO MUNICIPAL DE IBARRA

Considerando:

Que, el Municipio de Ibarra precisa una legislación que facilite y regule la gestión integral, eficiente en el manejo de los desechos y residuos sólidos; así como de la participación ciudadana para reducir y prevenir la contaminación del ambiente.

Que es obligación de la municipalidad mantener limpia la ciudad, preservar el medio ambiente, siendo necesario legislar sobre la forma de almacenamiento, recolección, disposición final de los residuos y desechos comunes, especiales, peligrosos y escombros.

Que La Constitución Política de la República del Ecuador en sus artículos: 23 numeral 6 y 86 numeral 2, establecen la prevención de la contaminación ambiental y el derecho a vivir en un ambiente sano.

En uso a las atribuciones que le confiere la Ley Orgánica de Régimen Municipal en su artículo 64 numeral 1 y sin perjuicio de las competencias que en materia de aseo y limpieza le confieren esta Ley y otras Ordenanza del cantón expide:

“LA ORDENANZA QUE REGULA LA GESTION INTEGRAL DE LOS DESECHOS, RESIDUOS SÓLIDOS Y DESECHOS HOSPITALARIOS EN EL CANTON IBARRA”

a) SECCIÓN PRIMERA

CAPITULO I

CLASIFICACION DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS

CAPITULO II

AMBITO DE LA ORDENANZA Y COMPETENCIAS MUNICIPALES

CAPITULO III

DE LAS OBLIGACIONES Y CONDUCTA DE LOS CIUDADANOS

CAPITULO IV

DE LA LIMPIEZA DE VIAS Y DEMAS ESPACIOS PUBLICOS

CAPITULO V:

DE LA LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO

DE LOS TERRENOS SIN EDIFICACIÓN

CAPITULO VI

DEL ALMACENAMIENTO Y RECOLECCION

DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS

CAPITULO VII:

DE LA DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS  
SÓLIDOS

b) SECCION SEGUNDA

DE LA GESTIÓN DE DESECHOS EN ESTABLECIMIENTOS DE  
SALUD

CAPITULO I

DEL OBJETIVO Y EL AMBITO DE APLICACION

DE LA CLASIFICACION DE LOS DESECHOS EN  
ESTABLECIMIENTOS DE SALUD

DE LA SEPARACIÓN EN EL LUGAR DE GENERACIÓN

DEL TRATAMIENTO INTERNO EN LOS ESTABLECIMIENTOS DE  
SALUD

MANEJO EXTERNO DE LOS DESECHOS DE ESTABLECIMIENTOS  
DE SALUD

DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DIFERENCIADA DE DESECHOS  
INFECCIOSOS  
DEL TRANSPORTE EXTERNO  
DEL TRATAMIENTO EXTERNO  
DE LA DISPOSICION FINAL  
DEL CONTROL

c) SECCION TERCERA

CAPITULO I

SISTEMAS DE TRATAMIENTO Y RECICLAJE

CAPITULO II

DE LA PARTICIPACION CIUDADANA

d) SECCION CUARTA

DE LAS COMPETENCIAS, PROCEDIMIENTOS, CONTRAVENCIONES  
Y SANCIONES

CAPITULO I

COMPETENCIA Y PROCEDIMIENTO

CAPITULO II

DE LAS CONTRAVENCIONES DE LA SECCION II

CAPITULO III

CONTRAVENCIONES GENERALES SEGÚN ORDENANZA

CAPITULO IV

DE LAS SANCIONES POR CONTRAVENCIONES QUE CONTEMPLA  
LA SECCION II

CAPITULO V

SANCIONES GENERALES SEGÚN ORDENANZA



# CAPÍTULO 3

## INGENIERÍA CONCEPTUAL DEL PROYECTO

### 3.1 DIAGRAMA DE FLUJO

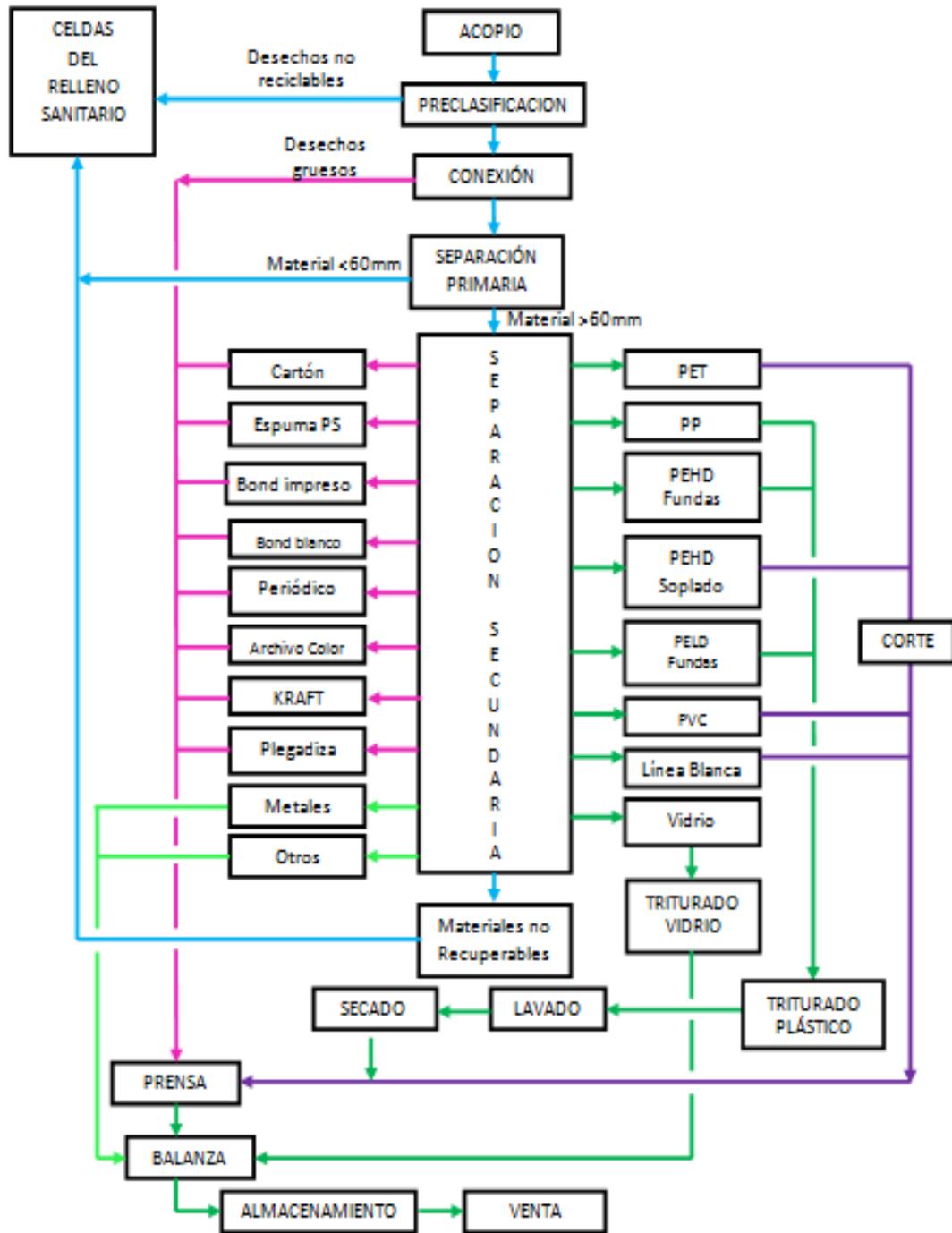


Figura 3.1 Diagrama de procesos dentro de la planta

## 3.2 PROGRAMA DE PROCESOS

Proceso se define como una serie de insumos que se transforman en productos mediante la integración de mano de obra, maquinaria y procedimientos de operación.

Al seleccionar técnicas y programas de manejo en el procesamiento de desechos inorgánicos se debe considerar los propósitos que se quieren obtener. Las metas del tratamiento deben estar orientadas a mejorar la eficiencia de los mismos; es decir, recuperar materiales y ayudar a la conversión de productos ya sea en un ciclo de reciclaje abierto o cerrado. Por ejemplo, en un relleno sanitario se debería disponer de los desechos sólidos optimizando el uso del área del terreno.

Asimismo, en planta se aplican procesos que contribuyen a la eficiencia en cuanto a sitios de disposición temporal. Estas técnicas dependen de los componentes en el sistema para manejo de materiales reciclables; que en su mayoría son específicas en cada situación, dependiendo de la ciudad a la cual va dirigida.

Los procesos son una adaptación particular de los mecanismos para saber cómo tratar al reciclaje. Y este a su vez es una tecnología que trata de resolver el problema del desecho ya generado, el cual debido a la fabricación de ciertos productos pueden estar elaborados por varios tipos de materiales que nunca fueron diseñados con el fin de reciclarse y; así cambiar su función final en beneficio del ambiente y la sociedad.

En la ciudad de Ibarra como se describió, de acuerdo a los parámetros requeridos, se tienen los siguientes procesos:

- a) **Captación:** Lugar destinado a la recepción de los desechos inorgánicos y pre-clasificación manual de residuos varios. Es necesario mencionar que los recolectores serán pesados en una báscula a la entrada del relleno, para registrar los datos de ingreso de basura y tener un control de la cantidad de desechos que llega a la planta.

- b) Separación y clasificación:** En esta etapa se realiza la separación de los materiales que puedan ser reciclados de acuerdo a sus características y composición.
  
- c) Trituración:** Se procede a triturar el vidrio y plástico por separado, para luego lavarlo y secarlo. Estos subprocesos hacen que los residuos aumente el valor en el mercado.
  
- d) Compactación:** Finalmente el material ya clasificado y limpio se lo pasa al área de compactación donde se reduce el volumen en pacas facilitando los registros, previo a su almacenamiento y venta.

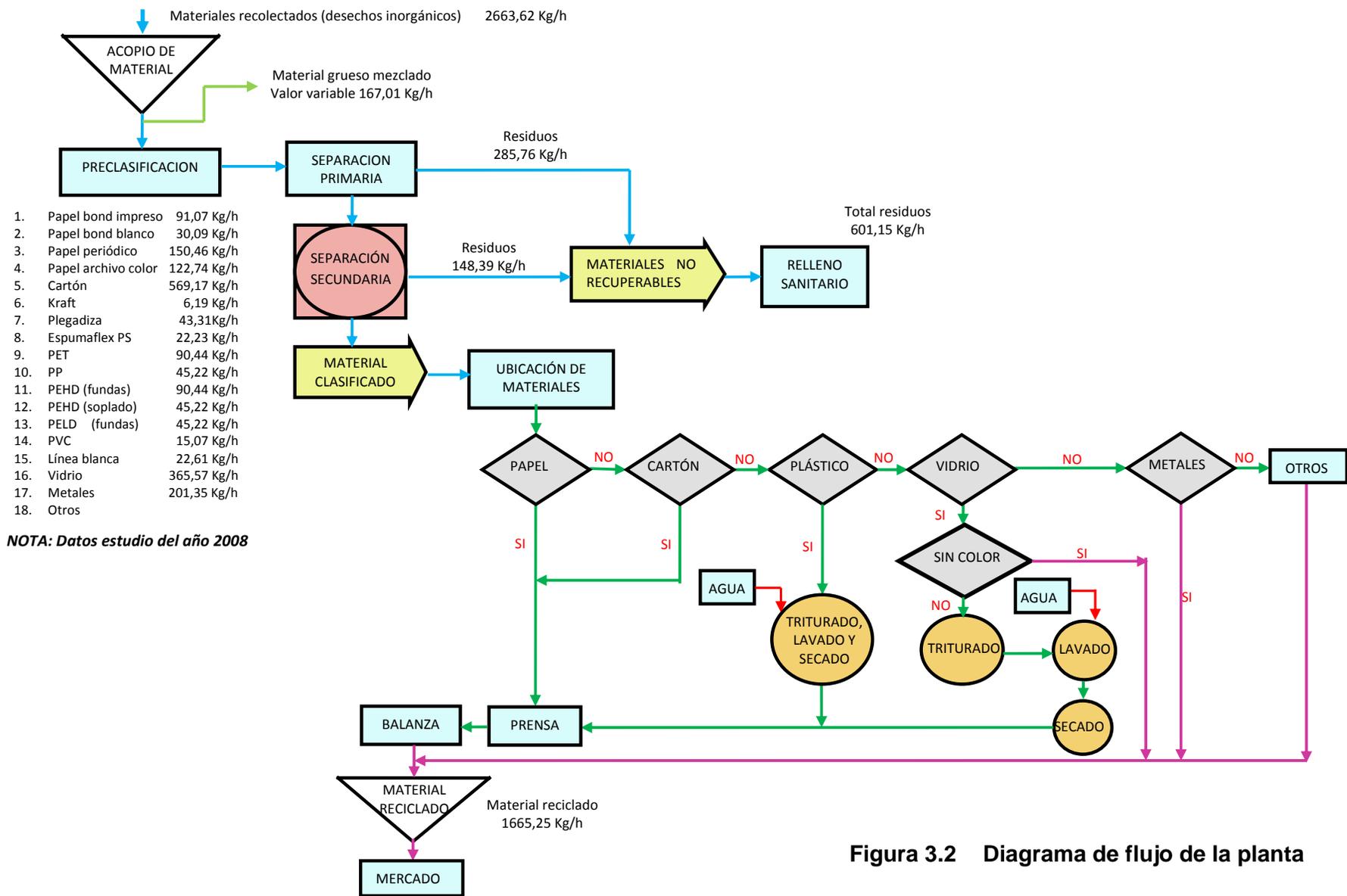


Figura 3.2 Diagrama de flujo de la planta

### 3.3 ESTUDIO DE MATERIA PRIMA

#### 3.3.1 CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS DESECHOS SÓLIDOS

Con la clasificación según las características de los desechos sólidos inorgánicos, se puede recuperar material apto para el reciclaje; con el fin de aprovecharlos como materia prima y reintegrarlos al ciclo económico.

Es así que se debe separar los desechos estableciendo diferentes parámetros que permitan recuperar la mayor cantidad de los mismos. Así, se los clasificará:

##### 3.3.1.1 Por su procedencia

La cantidad o calidad de basura varía de acuerdo al sector o el lugar que provengan, por ejemplo de zonas céntricas de la ciudad donde existe mucha actividad comercial en su mayoría el material es inorgánico.

Por eso, se debe realizar o tener estudios previos de las características técnicas (peso, humedad, composición, densidad, etc.).

Las normas se establecen en los municipios a través de los departamentos encargados del manejo de los desechos en cada ciudad, en nuestro caso se lo determinó en el Área de Salud y Medio Ambiente (*ver Anexo C*) y como parte de la obligatoriedad municipal<sup>5</sup>.

Precisamente los residuos proceden de:

**Tabla 3.1 Actividad económica sector urbano, Ibarra**

ACTIVIDAD ECONÓMICA		%
Comercio al por mayor y menor		24,59
Industria manufacturera	Declarada	13,12
	No declarada	10,24
Enseñanza		7,47
Transporte		6,97
Construcción		6,60

<sup>5</sup> Ordenanzas Municipales, Ley Orgánica de Régimen Municipal, MUNICIPIO DE IBARRA 2008

**Tabla 3.1 Actividad económica sector urbano, Ibarra (Continuación)**

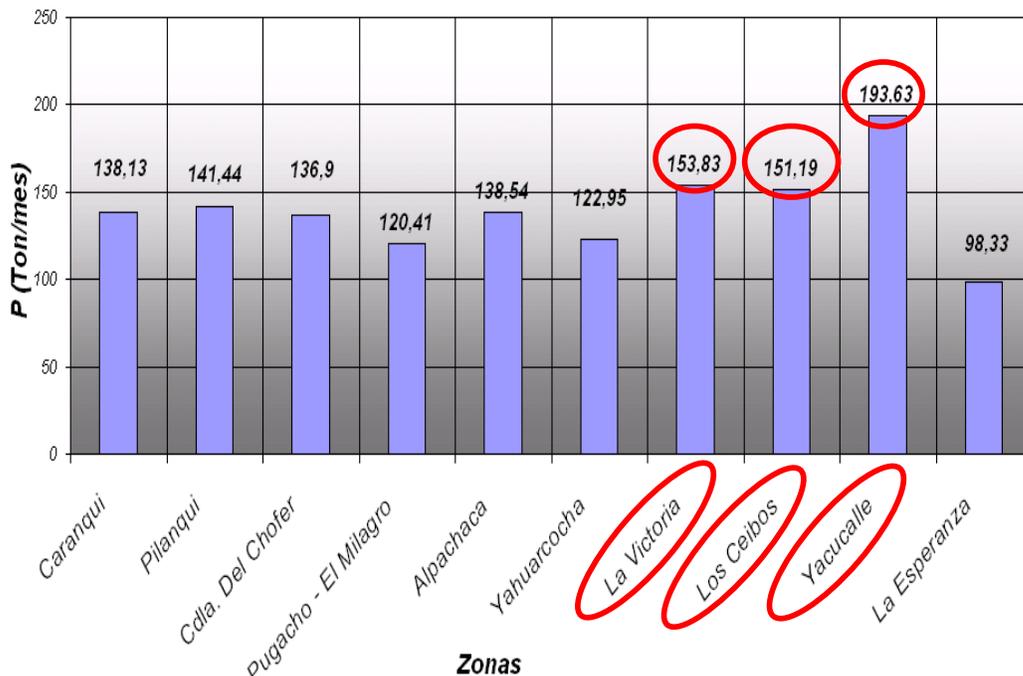
Administración pública y defensa	4,81
Servicios	25,80
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>

Fuente: MUNICIPIO DE IBARRA, Agenda 21

**a) HOGARES**

Hay que considerar que la mayor cantidad de desechos recuperables proviene de los domicilios. Estos materiales reciclables son sobrantes del consumo personal, como embalajes de productos, periódicos o cuadernos usados, artículos de uso descompuestos, etc. Estos materiales son generalmente contaminados con desechos biodegradables que se presenta en mayor porcentaje con 76,3%, lo que baja su calidad.

En el caso de la ciudad de Ibarra por ser un plan piloto de reciclaje, la mayoría de desechos proceden de la sección urbana; es decir, sectores domiciliarios como: La Victoria, Yacucalle, Los Ceibos. Siendo los más representativos en la generación de desechos como se indica (ver Figura 3.3).



**Figura 3.3 Producción de basura por sectores**

## **b) COMERCIO**

Los materiales reciclables producidos en el comercio son en su gran mayoría materiales de embalaje que se utilizan para la entrega de productos al por mayor. Se recoge principalmente cartón, papel y plástico. Estos materiales tienen una muy buena calidad ya que no se entremezclan con otro tipo de desechos.

La zona comercial representa el 24,59% de la actividad económica en la ciudad de Ibarra, la cual genera en su mayoría basura inorgánica sin ningún tipo de contaminación o mezcla con desechos biodegradables.

Se encuentra en el sector céntrico y está comprendido: de sur a norte desde la Av. Teodoro Gómez hasta la calle Juan José Flores y de oriente a occidente desde la Calle Juan José de Sucre hasta la Av. Eugenio Espejo y calle Chica Narváez.

## **c) INSTITUCIONES, ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS, OFICINAS Y COMPAÑÍAS**

Esta actividad económica está formada por sectores de la enseñanza (7,47%), servicios (25,8%), administración pública y defensa (4,81%). En esta categoría se debería realizar convenios interinstitucionales entre el municipio y otras oficinas públicas como gobierno provincial, policía, entre otras. Las cuales por su actividad generan grandes cantidades de materiales como papel, plástico, desecho de impresora y copadoras, etc.

También se requiere contar con el apoyo de empresas privadas como es el caso de imprentas, prensa gráfica, establecimientos educativos; con el fin de incentivar el reciclaje ya que todos son responsables de la gran cantidad de residuos que se generan.

## **d) INDUSTRIA PRODUCTORA**

La industria manufacturera en la ciudad no tiene gran representación ya que apenas el porcentaje que está declarada como tributante es el 13,12% de un total de 23,26%. Las industrias en su mayoría son textiles; como es el caso de TEMPO, ubicada en el sector industrial, km 1 vía Urcuquí. Por lo que, este tipo de desecho no es apto para reciclar puesto que es prácticamente inservible.

### 3.3.1.2 Según ordenanza municipal

**a) COMUNES:** Son restos de productos de consumo doméstico, desechos de barrido, envases, embalajes y otros; se subdividen en:

- i. Residuos y desechos biodegradables, que son aquellos que por su naturaleza se descomponen.
- ii. Residuos y desechos no biodegradables, que son aquellos que por su naturaleza no se descomponen y/o pueden ser reciclados o incorporados al ciclo productivo.

**b) ESPECIALES:** Son aquellos que por su cantidad, peso, volumen u otras características requieren de un manejo diferenciado. Son considerados como tales la chatarra, ofimáticos, muebles, artefactos de línea blanca, enseres domésticos, animales muertos, podas de árboles y plantas de jardines, entre otros.

**c) PELIGROSOS:** Son aquellos que por sus características físicas, químicas o bacteriológicas representan peligro o riesgo para la salud de las personas o el ambiente. Las características que confieren la peligrosidad a un desecho son: corrosividad, radioactividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y condiciones infecciosas.

**d) RESIDUOS Y DESECHOS DE CONSTRUCCIÓN Y ESCOMBROS:** Se incluyen todos los desechos que se generan por las actividades de la construcción tales como movimientos de tierras, demoliciones, excavaciones, restauraciones y otras, incluyéndose a los restos cerámicos y construcciones.

### 3.3.1.3 Por su tipo

#### 3.3.1.3.1 Papel y cartón

El uso de papel reciclado en la industria causa un alivio importante a los recursos naturales respecto a la producción con materia prima vegetal, de acuerdo a los numerosos estudios, así por ejemplo:

- Consumo de madera: 1,02 a 1,12 ton de madera por ton de papel
- Producción de pasta kraft: 1,65 a 2,25 ton de madera por ton de papel

Existe un mercado para cada producto a base de papel o cartón. En Ecuador, hay dos compañías de mayor producción que compran también el material reciclado. Estas compañías son: Papeleras Nacionales y Cartopel, que tienen fábricas en Cuenca, Guayaquil y Quito.

Con una clasificación minuciosa se puede mejorar la calidad y, por consecuencia, aumentar el precio del material. Los papeles y cartones reciclados se utilizan para la fabricación de nuevos productos. Sin embargo, con la contaminación que este puede tener; el proceso pierde rentabilidad.

Por eso, es muy importante que el papel y el cartón no se mezclen con los desechos orgánicos. Si no es posible organizar una clasificación domiciliaria separando los desechos biodegradables de los no biodegradables, se debe establecer un recorrido especial para recoger el papel y el cartón en los lugares de mayor generación, es decir realizar una recolección diferenciada en los hogares y una directa de las instituciones como: establecimientos educativos, comercios, etc.

Las principales fracciones de papel y cartón son:

**a) *Bond blanco de primera***

Dentro de esta clasificación se tiene a todos los recortes o refiles de papeles blancos.

También caen dentro de esta clasificación las hojas de papel bond, cartulina esmaltada que no contenga capa crema y cualquier otro tipo de cartulina blanca que se encuentren limpios. Los papeles blancos impresos serán aceptados únicamente cuando tengan impresión soluble en agua (hojas rayadas con tinta azul o verde, como las de los cuadernos de escuela).

El bond blanco casi no se obtiene de los domicilios. Los lugares de mayor producción son las imprentas (desechos de guillotina), las instituciones y los establecimientos educativos. Es muy importante separar minuciosamente cada hoja impresa del bond blanco, tomando en cuenta que con mayor presencia de residuo en malas condiciones la calidad del material escogido disminuye.

Siendo el papel de mayor pureza y calidad, el bond blanco tiene el precio más alto entre todas las clases de papel y cartón.

***b) Bond impreso y archivo***

Esta categoría comprende todo tipo de papel tomando como base el bond blanco que tiene impresión, tinta u otra escritura. Además comprende todos los papeles de oficina o recortes de editoriales, hojas de fax, impresión láser, fotocopias, papel continuo de impresoras (sin papel carbón), libros y revistas impresas en papel bond que no contengan impresiones en colores fuertes. Existen revistas que presentan impresiones fuertes sobre papel esmaltado o papel couché que tiene que ser evitado y eliminado de esta clasificación.

Dentro de esta clase entran todos los recortes o papeles de colores tenues impresos o no; papel bond de copia, de color rosado, verde, amarillo y otros colores que presenten tonalidades bajas, además si existe impresión, esta tiene que ser mínima y la tinta debe ser soluble en agua. También sirven las servilletas y rollos de papel higiénico limpios, es decir sin previa utilización.

***c) Kraft***

Dentro de esta clasificación se tiene todos los recortes o papeles utilizados para envoltura de materiales o alimentos; estos papeles tienen un fuerte encolado por lo que su tiempo de desfibramiento es bastante grande. Por consecuencia estas fundas y recortes se tienen que embalar por separado y no mezclar con ningún otro tipo de fibra. Aquí están las fundas de cemento, fundas de azúcar y otro tipo de alimentos. Las fundas de cal se fabrican también con papel Kraft, pero no se deben incluir en esta categoría, ya que los residuos de cal dañan el proceso de producción. Además, los sobres de manila, los pliegos y tubos de papel Kraft entran en esta clasificación.

***d) Cartón***

El cartón consiste generalmente de tres capas. Al interior se encuentra una capa de corrugado fino o grueso que da la estabilidad al cartón; esta capa está cubierta en sus dos lados con papel Kraft blanqueado o café. Cartones que

tienen otra composición (por ejemplo, cubiertos con papel brillante, con una capa interior que no es corrugado etc.) no entran en esta categoría.

Dentro de esta categoría estarán el cartón que ya ha salido al comercio, pero que su uso ha sido el mínimo y no se encuentra estropeado, además todas las cajas de cartón usadas que se obtienen del reciclaje callejero o de la recolección municipal.

#### **e) Plegadiza**

Aquí están todas las cajas de alimentos (jugos, galletas, lácteos etc.), envases tetrapak y cajas de farmacéuticos que son fabricadas con cartulina dúplex o láminas de microcorrugados. Dentro de esta clasificación se encuentran los recortes de “Cartulina Dúplex”. Esta cartulina es fácilmente reconocible ya que presenta dos tipos de capas, una blanca simple o esmaltada formada por fibra larga y una capa gris formada por fibra corta (papel periódico). Además cartones que tienen una capa de papel esmaltado, brillante o plastificado también entran en esta categoría.

#### **f) Periódico**

En esta clasificación se tienen todos los diarios, revistas de papel periódico, directorios telefónicos, cuadernos de papel periódico (cartillas), libros y en general papel periódico impresos.

El papel periódico es papel de fibra corta y de color gris o amarillo. La cartulina hecha de papel periódico entra también en esta categoría.

#### **3.3.1.3.2 Plástico**

La mayoría de plásticos se producen a partir del petróleo, hoy en día se han convertido en un fastidio y un peligro ambiental. Debido a esto nace el reciclaje de plástico donde se debe considerar sus distintos componentes, pues existen más de 3000 productos diferentes plásticos en el mercado. Generalmente la mayor parte de desechos este tipo en la ciudad de Ibarra consiste en:

- Artículos de HDPE formado mediante sopladura (PE de alta densidad)
- Artículos de HDPE, PS y PVC moldeados por inyección.
- Tubos o perfiles extraídos de PVC, PE y PP

- Llamado plástico duro
- Láminas de película de LDPE, PP y PVC.

Lamentablemente solo es posible recuperar los más comunes como se describirán a continuación de acuerdo a la identificación por familia:



**Figura 3.4 Símbolos de clases de plásticos**

a) PET ( 1 Tereftalato de Polietileno)

Dentro de esta categoría están botellas que contienen bebidas carbonatadas en general y agua mineral o natural. Estas botellas presentan un buen brillo superficial y pueden ser transparente, verde o ámbar. Además son productos sin costura.

b) PEHD ( 2 Polietileno de Alta Densidad) Soplado

Se consideran aquí materiales que a la vista son opacos y que aparentan ser plásticos duros. Son recipientes de uso domestico: botellas de shampoo, lejía, detergentes, envases de yogurt u otras bebidas.

c) PEHD (2 Polietileno de Alta Densidad) Fundas

Dentro de este tipo están consideradas bolsas plásticas de alta resistencia, fundas impresas en supermercados, fundas rayada (color bandera, blanco con rojo o azul, etc.), fundas de leche o detergente.

d) PVC ( 3 Cloruro de Polivinilo)

Estos materiales son de color opaco, transparentes o coloreado pueden ser botellas para aceite. Además tuberías de presión, uniones, codos, mangueras de jardinería.

e) PELD ( 4 Polietileno de Baja Densidad)

Los materiales que presentan estas condiciones son embalaje de folios, fundas usadas en el mercado (unicolores, blancas, color pastel).

f) PP ( 5 Polipropileno)

Dentro de esta categoría están los materiales que presentan su tonalidad natural que va desde ligeramente transparente hasta opaca. Así estos son: empaques metalizados para confitería, snacks, película bionetada para cigarrillos, contenedores de alimentos.

g) ESPUMA PS ( 6 Poliestireno) o ESPUMAFLEX

Son materiales de embalaje que sirven para amortiguar golpes (embalajes de electrodomésticos, etc.), platos y vasos desechables. Igualmente embalaje de carne, frutas o verduras de algunos supermercados y folios de espuma.

h) LÍNEA BLANCA (Policarbonatos)

Dentro de esta categoría están CDs (policarbonato), cubetas de hielo, cajas de CDs, juguetes, tinas, recipientes grandes, es decir plástico duro.

Sin embargo, se recomienda a cada municipio que intenta realizar una gerencia integral de los desechos sólidos que incorpore en la capacitación de la población el tema de los plásticos. El mejor método de evitar la contaminación del medio ambiente y daños a los consumidores, es limitar el consumo de plásticos al mínimo. Un buen ejemplo para eso sería reemplazar las fundas de plástico que se utilizan en abundancia en los mercados, supermercados y comercios por fundas reutilizables, fundas hechas de papel usado por los mismos vendedores o canastas. Sería también importante crear una conciencia entre los consumidores concerniente a los embalajes de plástico en general,

para que prefieran el producto menos embalado en vez de él que tiene el embalaje más vistoso.

Lo mismo es válido para los envases de plástico de bebidas y otros alimentos. Una parte de estas no se recupera porque no hay un mercado suficiente en el país, y la parte que se recupera no se debería usar otra vez para producir recipientes de alimentos, debido a requerimientos higiénicos.

Es verdad que los recipientes de plástico para bebidas son mucho menos pesados que productos alternativos de vidrio. En una carga de 10 toneladas de bebidas en recipientes de plástico, se encuentran 400 kg de plástico y 9600 kg de bebidas. Si la misma carga consiste de recipientes de vidrio, la división de los pesos sería mucho menos favorable: 3700 kg de vidrio contra 6300 kg de bebida.

#### 3.3.1.3.3 Vidrio

El vidrio de botellas o recipientes es un producto 100 % reciclable que no sufre deterioro de su calidad. En su mayoría está compuesto por materias primas naturales: arena rica en sílice, carbonato de calcio (permite dar forma) y carbonato de sodio (para la baja temperatura de fusión).

Además, el uso de vidrio reutilizado baja considerablemente los costos de energía para los productores (comparando con el uso de materia prima) y contribuye a extender la vida útil de los hornos de fundición. Si se considera que una botella retornable de vidrio puede ser reutilizada entre 17 y 35 veces antes de ser desechada (eso dependiendo del buen o mal uso por el consumidor y el tratamiento por los intermediarios).

No se puede reciclar todo tipo de vidrio. El vidrio plano (vidrio de ventana) se rechaza porque tiene otro punto de fusión que el vidrio de recipientes. Además se rechaza todo tipo de materiales refractarios. Este término se utiliza para vidrios especiales (vajilla resistente a temperaturas altas, platos de vidrio para hornear, baterías de cocina para altas temperaturas etc.) que tienen una temperatura de fundición mucho más alta que el vidrio de recipientes y dañan a la calidad del producto final. Tampoco se puede reciclar vidrio mezclado con otros productos, por ejemplo bombillas, tubos fluorescentes, o vidrio laminado con plástico.

Para el reciclaje del vidrio es importante la buena clasificación entre los tres colores blanco, verde y café. La presencia de estos metales daña a la homogeneidad del vidrio producido, causa manchas y provoca roturas. En el procesamiento del vidrio blanco, todos recipientes con impresión de color azul ultramarino (por ejemplo, botellas de agua mineral GÜITIG) son prohibidos, ya que este pigmento da un color azulado a la carga entera de vidrio durante la fundición.

En las plantas de reciclaje, se puede realizar la clasificación, limpieza y trituración del vidrio, al fin de poder venderlo a mayor precio y reducir los costos de transporte. La clasificación según los colores se realiza completamente a mano. Con esto, se puede lograr una pureza de 100 % para cada color de vidrio. Además, es recomendable sacar los cuellos de todas botellas que tienen anillos de hierro o cuellos internos de plástico.

En Ecuador, no existe un buen mercado para el vidrio verde y café. Se utiliza vidrio blanco para casi todos los productos nacionales embotellados en vidrio. La demanda para los otros colores es temporal, y se utiliza más para la exportación. Los precios de vidrio son sumamente bajos, pero debido a la gran cantidad y el gran tamaño del vidrio se puede realizar el reciclaje del vidrio blanco con buenas utilidades. Además de la compañía guayaquileña CRIDEZA que compra vidrio usado en grandes cantidades, existen varias fábricas locales que tienen fundiciones de vidrio.

En cada ciudad existen productores de alimentos que compran envases usados de vidrio por unidad. Esta práctica no tiene ningún inconveniente higiénico, ya que el vidrio no absorbe nada de su contenido puede ser esterilizado hirviéndolo.

Existen grandes compañías productoras de bebidas alcohólicas que compran las botellas usadas por unidad (por ejemplo, la fábrica de Zhumir, de Gran Duval etc.). En Ibarra la industria licorera ofrece su producto en envases de vidrio como es el caso de ILENSA.

Para poder vender estas botellas, deben ser limpias y no deben tener daños como rasgos o roturas. Hay también muchas industrias pequeñas que elaboran productos de manera casi casera (apícolas, productores de mermeladas, aliños, jarabes, vinos y licores etc.). Estos clientes necesitan los envases de

vidrio limpios y con su tapa. Además siempre se observan botellas retornables que se han desechado erróneamente las cuales también se pueden recuperar y vender.

Los precios para la venta de las botellas enteras son mucho mayores que los precios para la venta del vidrio roto. Por eso, es muy importante realizar un buen estudio de mercado y buscar clientes locales para este producto.

#### 3.3.1.3.4 Metales

##### a) Hierro y acero

El producto férreo más común en los desechos son: ollas enlozadas, productos usados de ferretería, partes de electrodomésticos y chatarra con procedencia de talleres mecánicos. Los productos de hierro son 100 % recuperables y no pierden su calidad o sus características higiénicas con la fundición. Sin embargo, desperdicios gruesos de hierro no se encuentran en gran cantidad en la basura domiciliaria.

##### b) Aluminio

Los productos más comunes de aluminio que se encuentran en la basura domiciliaria son: latas de bebida (cerveza, limonada), folio de aluminio, ollas y sartenes usados.

Además se recicla aluminio grueso, por ejemplo aluminio de construcción, como perfiles de ventana, puertas etc. Las compañías compradoras prefieren este tipo de aluminio pero es sumamente raro encontrarlo en los desechos domésticos. Las dos compañías mayores productoras de aluminio son la CEDAL en Guayaquil y Aluminio Nacional en Quito. Estas compañías adquieren solamente aluminio grueso como perfiles.

Es importante separar los diferentes productos de aluminio, ya que son aleaciones diferentes y se puede mantener la calidad del material solamente si se conservan las características de cada aleación.

El aluminio es también uno de los materiales que se pueden reciclar a un 100 % sin disminuir su calidad. Las latas de aluminio tienen una composición uniforme, no son muy contaminadas y se pueden limpiar fácilmente.

En Ecuador no existen compañías productoras de lámina para latas de bebida, y por eso no hay un mercado bueno para ellas. Existen fundiciones que aceptan también las latas pero a un precio sumamente bajo que no está relacionado con los precios del mercado mundial. En programas grandes de reciclaje puede ser ventajoso exportar las latas hacia afuera. Para eso, se debe llenar a menos un contenedor estándar de transporte marítimo.

c) Otros metales no férricos

Estos metales se encuentran raramente en la basura domiciliaria. Aunque se pueden vender a precios elevados, no contribuyen mucho a las ganancias de una planta de reciclaje, debido al volumen bajo de recuperación. Estos pueden ser: cobre, plomo, níquel, estaño y zinc.

### **3.3.2 CANTIDAD EXISTENTE DE LOS DESECHOS SÓLIDOS**

La producción diaria de basura del cantón (estimada en el momento de análisis diciembre 2007) es de 111,12 ton/día del área urbana y el área rural. Dependiendo del sitio o zona de donde provengan los desechos sólidos, estos difieren en calidad y composición.

Como este caso es un estudio de plan piloto, el diseño de la planta será únicamente con el sector urbano el cual genera 2515,23 ton/mes, con una densidad sin compactar 256,0 (Kg/m<sup>3</sup>) y compactada de 361,0 (Kg/m<sup>3</sup>)<sup>6</sup>.

Actualmente estos estudios de clasificación no son a profundidad (ver Anexo C), por lo cual se realizaron más pruebas de cuarteo y se obtuvieron los nuevos datos (ver Anexo H).

### **3.3.3 CANTIDAD DE DESECHOS APTOS A UTILIZARSE PARA EL RECICLAJE**

Al momento de ingresar los desechos inorgánicos a la planta se realizará múltiples etapas de separación, de acuerdo al tipo de producto. Lamentablemente no todos los desechos son reciclables, como el caso de:

---

<sup>6</sup> Diagnóstico de la Producción de los Desechos Sólidos para la Ciudad de Ibarra y su Área de Influencia, MUNICIPIO IBARRA, 2008, Elaborado por: Ing. Alonzo Moscoso

caucho, madera, textiles y sintéticos, entre otros; los cuales no tienen un mercado.

Según los estudios realizados (*ver Anexo C*), del total de desechos inorgánicos que llegan a la planta se podrá únicamente utilizar un 76,03 % de material que será apto para reciclar.

### **3.4 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EN LAS ÁREAS DE LA PLANTA**

A continuación se detalla una breve discusión de los principales propósitos de procesado, pues cada área se encargará de una determinada función. Esto contribuirá a mejorar la eficiencia de operaciones del manejo de desechos sólidos; en este caso recuperar material reutilizable.

#### **3.4.1 CAPTACIÓN DE MATERIA PRIMA**

Este es el primer sector que se debe diseñar en un sitio de disposición para una planta de reciclado, pues en este lugar comienza el proceso de separación de residuos inorgánicos. Se ha tomado algunos aspectos importantes:

##### **3.4.1.1 Registro de ingreso de desechos**

En los rellenos medianos y grandes, se necesita instalar una báscula previo ingreso de los recolectores a esta área, como las que se utilizan para pesar transporte de gran capacidad. Este permite identificar quién, qué tipo y qué cantidad de desechos trae (determinar la responsabilidad en caso de incumplimiento o accidente). Así se puede establecer un control diario.

En el registro de recolectores para material inorgánico se debe poner especial cuidado en la información sobre la identidad y cantidad de los desechos, así como también del responsable que los traslada (*ver Anexo I*).

Además esta balanza muestra el peso de cada vehículo a la entrada y a la salida; la diferencia, será el peso de desechos ingresados. Se puede realizar el registro manualmente o con ayuda de una computadora y así verificar la base de datos para el manejo de los desechos sólidos.

La ubicación de esta área debe ser en la entrada del relleno sanitario, de modo que ofrezca un uso total para todas las instalaciones que se encuentran dentro,

por ejemplo, desechos hospitalarios, planta de reciclaje, planta de compostaje, etc.

#### **3.4.1.2 Movilización vehicular**

Existirá un sitio específico donde los vehículos recolectores puedan ejecutar maniobras para descargar los desechos inorgánicos. Se debe cumplir con algunas reglas para lograr un manejo óptimo de áreas internas y externas a la planta; protegiendo tanto maquinaria como mano de obra contra riesgos, como se indicará en el Capítulo 6 sobre criterios de seguridad industrial.

#### **3.4.1.3 Descarga de desechos inorgánicos**

La ubicación topográfica de esta área deberá ser en lo más alto del terreno disponible; de tal manera, que sea factible pasar los desechos de un área hacia otra con diferentes mecanismos aprovechando la pendiente natural del sitio.

Se debe considerar también, que al ser un lugar alto; se debe establecer un camino de fácil acceso con una pendiente no muy pronunciada para vehículos grandes como son los camiones recolectores.

Asimismo este sitio será donde se descargue los desechos inorgánicos, y de ser el caso, el material se acumulará durante la noche y se clasificará al día siguiente cuando los recolectores tengan un horario nocturno.

#### **3.4.1.4 Pre-clasificación**

Existirá un área donde se permitirá una pre-clasificación de los materiales gruesos mezclados (madera, saquillos, metales de gran volumen, ollas, botellas de vidrio rotas, chatarra, elementos corto punzantes, etc.).

Durante la pre-clasificación, los obreros tienen también que abrir las fundas de basura, para garantizar un eficiente trabajo en los procesos siguientes de separación manual. Además de controlar el paso de materiales nocivos que puedan dañar a las máquinas o herir a los trabajadores.

Este proceso se refiere básicamente a la dispersión de desechos, que al llegar de la ciudad se encuentran almacenados temporalmente en fundas de basura u otro tipo de empaques.

Por esta razón, se considerará un área con suficiente espacio en la que se pueda abrir las fundas, dispersar y pre-clasificar el material. Para luego enviarlos manualmente (con palas) en dirección a la segunda unidad (tolva de conexión y clasificación primaria).

Además, contar con buena iluminación y ventilación; siendo lo más importante, no permitir fuertes corrientes de viento para que no se disgreguen los residuos en el ambiente o fuera de este sitio de descarga.

En este proceso se determinó, que la disminución de desechos es de 25 a 27% del total de material que llega. Ya que la mayoría son desechos no reutilizables (*ver Anexo C*) como: ropa usada y telas, cortinas, caucho, loza, textiles sintéticos, madera, metales y vidrio en mal estado.

Algunos desechos por estar en contacto con el ambiente, pueden estar mojados o húmedos; por lo cual, se necesita un buen sistema de evacuación de líquidos vertidos. Este es el primer sitio donde puede considerarse la aparición de aguas lixiviadas, o en algunos casos líquidos tóxicos, debido a la presencia de envases de materiales como pesticidas, jabones, detergentes, aceites, etc.

### **3.4.2 SEPARACIÓN**

La separación de componentes es la operación más importante en la recuperación de desechos sólidos y donde estos van a ser escogidos, separados y recuperados.

Hay que tener en cuenta muchos parámetros al momento de proceder a todas las instancias de la separación, ya sea parcial o total. Sin embargo, se debe considerar que cuando la separación de los materiales es más minuciosa, los costos aumentan. Debido al requerimiento mayor de: mano de obra, maquinaria y herramientas de trabajo.

Es de vital importancia estar al tanto de que la construcción de una planta de reciclaje no está orientada a generar beneficios económicos, sino más bien a la contribución ambiental y social.

Por lo tanto, entre mejor sea el manejo de la venta o la reutilización de los residuos lo será también la clasificación; finalmente contribuir en la reducción de costos para la disposición de los desechos en un relleno sanitario.

En la ciudad de Ibarra actualmente funciona el programa de reciclaje “La Blanquita”, el cual maneja registros de ventas (*ver Anexo A y B*). La separación realizada por los trabajadores en este centro no es a detalle por este motivo no cuenta con estudios de clasificación dentro de los desechos inorgánicos.

Para conocer la clasificación más óptima, se realizó durante una semana el estudio de la cantidad porcentual mediante un cuarteo para poder determinar cantidades aproximadas de cada tipo de material que conforman los residuos inorgánicos (*ver Anexo J*).

En un futuro se puede realizar un trabajo de separación total, por ello se ha elaborado un análisis de datos que determina el uso eficiente de las máquinas para la clasificación a detalle de todos los materiales aptos para un reciclaje.

Los porcentajes de separación son variables ya que depende de la clasificación de los desechos en la fuente y su posible uso en otras instalaciones como se muestra.

El estudio como una parte del proyecto integral de gestión de desechos sólidos; requiere una difusión de programas de separación en la fuente entre desechos orgánicos e inorgánicos, que hoy en día en la ciudad de Ibarra no existe. Pues esto es una exigencia previa para el adecuado y óptimo funcionamiento de la planta.

**Cuadro 3.1 Porcentaje de materiales no recuperables sobrante en la planta de reciclaje**

Condiciones en la planta de reciclaje		Porcentaje de desechos no recuperables (% del material total que ingresa a la planta de reciclaje)	
Clasificación domiciliaria.	Mercado para materiales reciclables.	Fracción fina (bajo la criba tambor)	Fracción gruesa (fin de la banda de reciclaje)
Se hace la clasificación domiciliaria; 90 % de los ciudadanos cumplen bien.	Existe un mercado para toda clase de vidrio, metales, plásticos, papel y cartón, recipientes enteros grandes y pequeños, caucho, textil, partes de máquinas, computadoras, y electrodomésticos.	10 – 15 %	5 – 10 %
Se hace la clasificación domiciliaria; 90 % de los ciudadanos cumplen bien.	Se vende vidrio blanco y café, toda clase de cartón y papel, PELD y PEHD, aluminio y cobre.	10 – 15 %	10 – 15 %
Se hace la clasificación domiciliaria; 90 % de los ciudadanos cumplen bien.	Se vende vidrio blanco, cartón y papel bond.	10 – 15 %	15 – 25 %
Se hace la clasificación domiciliaria; 50 % de los ciudadanos cumplen bien.	Existe un mercado para toda clase de vidrio, metales, plásticos, papel y cartón, recipientes enteros grandes y pequeños, caucho, textil, partes de máquinas, etc.	30 – 50 % una parte importante de la fracción fina es biodegradable	10 – 15 %

**Cuadro 3.1 Porcentaje de materiales no recuperables sobrante en la planta de reciclaje (Continuación)**

Se hace la clasificación domiciliaria; 50 % de los ciudadanos cumplen bien.	Se vende vidrio blanco y café, toda clase de cartón y papel, PELD y PEHD, aluminio y cobre.	30 – 50 % una parte importante de la fracción fina es biodegradable	15 – 20 %
Se hace la clasificación domiciliaria; 50 % de los ciudadanos cumplen bien.	Se vende vidrio blanco, cartón y papel bond.	30 – 50 % una parte importante de la fracción fina es biodegradable	20 – 30 %
No hay clasificación domiciliaria.	Existe un mercado para toda clase de vidrio, metales, plásticos, papel y cartón, recipientes enteros grandes y pequeños, caucho, textil, partes de máquinas, computadoras, y electrodomésticos.	60 – 80 % la mayor parte de la fracción fina es biodegradable	10 – 15 %
No hay clasificación domiciliaria.	Se vende vidrio blanco y café, toda clase de cartón y papel, PELD y PEHD, aluminio y cobre.	60 – 80 % la mayor parte de la fracción fina es biodegradable	15 – 20 %
No hay clasificación domiciliaria.	Se vende vidrio blanco, cartón y papel bond.	60 – 80 % la mayor parte de la fracción fina es biodegradable	20 – 30 %

Fuente: EVA ROBEN, Manual de Reciclaje

El cuadro está elaborado para dar una idea aproximada de qué se puede esperar, mas no reemplaza al análisis de los desechos en todas sus etapas; pues son indispensables en el dimensionamiento y diseño de la planta de reciclaje.

El análisis de basura da una idea aproximada de los materiales reciclables y su posible separación en cantidad y calidad. Asimismo, en el estudio de mercado debe constar:

**a) Cantidad y compradores de: papel, cartón, PVC, PELD, espumaflex, vidrio etc.**

Lógicamente si la ubicación de un comprador está cerca de la planta de reciclaje, los costos de transporte para dicha persona resultan más beneficiosos; y por tanto el costo del material aumenta. Por ello, es muy importante contar con estudios de mercado para poder hacer un correcto manejo de los materiales.

La cantidad de los residuos que se vende es un factor que también determina la clasificación dentro de la planta, puede suceder que a los compradores no les interese adquirir una gran cantidad de archivo de color y prefieren bond impreso. Es decir, se debería recuperar la mayor cantidad de este material debido a que tiene mayor demanda y generaría mayor rentabilidad.

**b) Forma en que la compañía compradora requiere la separación de los desechos**

Se debe establecer una metodología de separación de acuerdo a las necesidades del comprador. Por ejemplo, en el caso de materiales tipo papel; al existir distintos residuos del mismo, pueden variar los costos de venta de acuerdo al producto que demande el mercado:

- Papel mixto
- Archivo color
- Papel bond impreso
- Papel bond blanco

Existen compradores que no les interesa la separación entre los descritos anteriormente, entonces los costos para dichos materiales serían los mismos.

### **c) Criterios de calidad**

Este es otro factor que establece la implementación de maquinaria dentro de la planta de reciclaje, ya que el mercado determina parámetros de la calidad de un producto; entre mejores condiciones presente este, mayor será su precio de venta. Como es el caso del material PEHD funda; el cual al pasar por procesos de lavado, triturado y secado, aumenta su costo sustancialmente.

Sin embargo, el costo de mano de obra también se incrementa, ya que se requiere de un puesto más de trabajo que esté a cargo de este proceso; así como también gastos de luz y agua. Por tanto, hay que hacer un estudio de rentabilidad costo-beneficio, y determinar si es factible o no dar tratamientos posteriores a la separación de productos que así lo requieran.

### **d) Precios por tonelada**

En el caso de existir productos que no tienen mercado, hay que hacer una comparación entre el costo de disposición final en un relleno sanitario con el costo que representaría hacer una clasificación en planta y su posible reutilización en otros fines que no atenten contra el medio ambiente.

El mercado de materiales reciclables tiene fluctuaciones importantes, debido a la influencia de la economía nacional e internacional. Por eso, los precios y condiciones ofrecidos por las compañías compradoras son muy variables.

#### **3.4.2.1 Separación primaria**

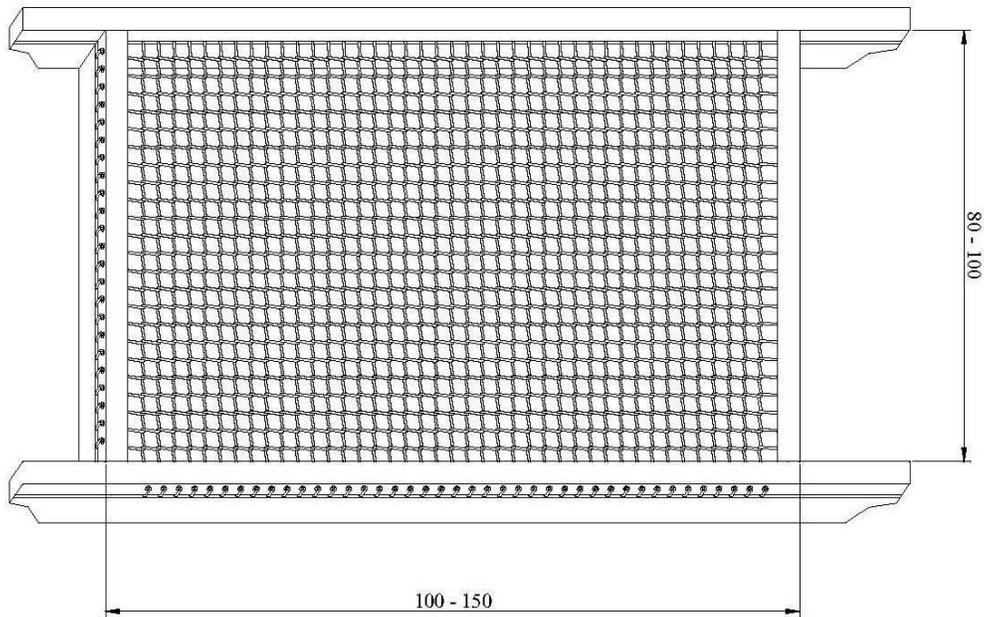
Esta área será destinada a la separación de materiales de menor volumen como son: tapas de botellas, papel higiénico usado, espiralados, piedras, etc. El principio de esta separación es muy sencillo, los materiales reciclables tienen dimensiones más grandes; por medio de un tamiz se puede homogeneizar el material y los desechos pequeños caen afuera por los orificios mientras que los desechos gruesos quedan dentro de dicha superficie; para luego ser transportados hacia la clasificación secundaria.

### a) Parámetros de tamizado

El tamaño de las aperturas del tamiz es el que permite determinar los porcentajes de separación de los materiales gruesos y finos. Este tamaño es dependiente de muchos factores, como el mercado local de los productos.

El análisis de basura es una tarea que no requiere mucho equipo o personal técnico. Para analizar una tonelada en un día, se necesitan de 3 a 5 personas. Es recomendable que exista un técnico de la municipalidad involucrado en el área de desechos, para asegurar que se midan todos los parámetros de manera adecuada.

Se necesita construir tamices manuales de malla con marcos (de madera, tubos metálicos desechados, bambú u otro material barato y resistente); además se requiere de balanzas manuales y saquillos para colocar el material que se pesa.



**Figura 3.5 Tamiz de separación de desechos**



**Figura 3.6 Tamizado en el relleno sanitario de Ibarra**

Es recomendable efectuar el estudio dentro del relleno sanitario; por eso, se debe hacer un análisis detallado de las diferentes fracciones de basura para determinar el tamaño óptimo de las aperturas de tamizado. Esta investigación se hace manualmente.

**Cuadro 3.2 Parámetros y métodos del análisis de basura**

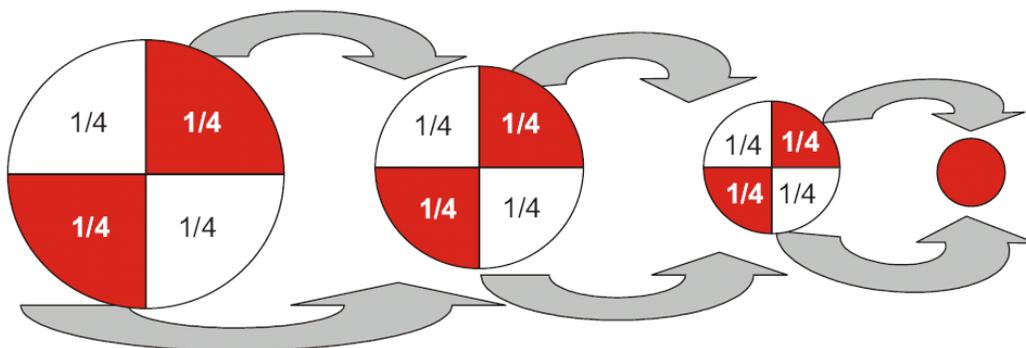
<b>Objetivo</b>	<b>Parámetro analizado</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método</b>
Determinar la producción diaria de basura.	Peso.	Kg/día o ton/día.	Si el municipio en cuestión dispone de una balanza para recolectores: Registro de los vehículos ingresando y egresando del relleno sanitario, toma de un promedio del peso sobre un año. Si no se dispone de una balanza registradora, el peso diario se puede calcular con base del número de recolectores o carros diarios, su capacidad volumétrica y la densidad de la basura.
Determinar el volumen de basura producida.	Volumen.	m <sup>3</sup> /día.	Se divide la producción diaria de basura por la densidad.
Determinar la densidad de la basura.	Densidad.	Kg/m <sup>3</sup> o ton/m <sup>3</sup>	Se mide el peso de una cantidad de basura que ocupa un volumen determinado. Si se pesa un contenedor lleno, se obtiene la densidad de la basura suelta; si se pesa un recolector lleno (sustrayendo la tara) se obtiene la densidad de la basura compactada. Es recomendable repetir este análisis durante el periodo de al menos un mes, con el fin de obtener resultados representativos.

**Cuadro 3.2 Parámetros y métodos del análisis de basura (Continuación)**

Determinar la dispersión de tamaños de partículas.	Diámetro.	mm.	Análisis de tamiz: Se tamiza una cantidad representativa de basura (> 1 t) sucesivamente por tamices con orificios de 120, 40 y 8 mm. Después se pesa cada fracción separadamente. Las fracciones gruesas y medianas (> 40 mm) se pueden utilizar para el análisis de la composición de basura.
Determinar la composición de la basura, diseño de la banda de reciclaje, conformar una base para el estudio de mercado, decisión sobre tipo y capacidad de maquinaria.	Tipo de materiales.	-	Análisis de clasificación de la basura; una cantidad representativa de basura (> 1 t) se clasifica en todas las fracciones pertinentes (materiales biodegradables, cada material reciclable separadamente, materiales no recuperables). Se recomienda hacer este análisis separadamente con la basura proveniente de los diferentes sectores de una ciudad (comercial, residencial con bajo/ mediano/ alto nivel económico, industrial, mercados).
	Peso de cada material.	Kg/día, % del peso total.	Se pesa cada fracción clasificada separadamente. El peso se puede medir con pesas romanas o pesas suspendidas en una viga o columna.
Dimensionamiento de los orificios de la criba tambor.	Diámetro.	mm.	Análisis de tamiz, con varios tamices que tienen orificios de 60 – 90 mm, con el fin de determinar con qué diámetro de orificio se separa lo biodegradable del no biodegradable óptimamente.

Fuente: EVA ROBEN, Manual de Reciclaje

Para la ciudad de Ibarra a través del método que se describe a continuación, se ha obtenido los resultados que se muestran más adelante (ver Cuadro 3.2).



Primer montón

**Figura 3.7 Método de cuarteo**

#### **b) Procedimiento del método de cuarteo**

1. Utilice la muestra de un día que llegan de los camiones recolectores; los residuos se colocan en una zona determinada a fin de no agregar tierra a los residuos.
2. Rompa las bolsas y vierta el desecho formando un montón. Con la finalidad de homogenizar la muestra, troce los residuos más voluminosos hasta conseguir un tamaño que resulte manipulable; puede ser 15 cm o menos.
3. Divida el montón en cuatro partes (método de cuarteo) y escoja las dos partes opuestas (ver Figura 3.7) para formar un nuevo montón más pequeño. Vuelva a mezclar la muestra menor y divida en cuatro partes nuevamente, luego escoja dos opuestas y forme otra muestra más pequeña. Esta operación se repite hasta obtener una muestra de 50 kg de basura o menos.



**Figura 3.8 (Izquierda) Muestra de basura. (Derecha) Desechos para cuarteo**

4. Al llegar a la proporción deseada, se coloca todos los residuos sobre el tamiz en nuestro caso se construyeron tres: el uno con aperturas cuadradas de 40mm, otro de 60 mm y de 80 mm (ver Figura 3.5). Finalmente se eligió el de 60 mm, ya que este tamaño permite desmenuzar fracción de los materiales reciclables con respecto a los materiales no recuperables.

**Tabla 3.2 Resultados de tamizado**

Material	Peso (Kg.)	Porcentaje (%)
Tamizado >40 mm	12,03	89,11
Tamizado <40 mm	1,47	10,89
<b>Total Inorgánico</b>	<b>13,50</b>	<b>100,00</b>

Material	Peso (Kg.)	Porcentaje (%)
Tamizado >60 mm	11,68	86,52
Tamizado <60 mm	1,82	13,48
<b>Total Inorgánico</b>	<b>13,50</b>	<b>100,00</b>

Material	Peso (Kg.)	Porcentaje (%)
Tamizado >80 mm	9,73	72,07
Tamizado <80 mm	3,77	27,93
<b>Total Inorgánico</b>	<b>13,50</b>	<b>100,00</b>

Elaboración: Fernanda Maldonado, Andrés Garzón

Por tanto, en este proceso se determina que la disminución de desechos por ser material de menor tamaño es de alrededor de 10% a 14%, del total de material que llega.

**Tabla 3.3 Resultados de pesaje de cada material**

<b>Tipo de material</b>	<b>Peso (Kg.)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Total orgánico	35,00	72,16
Total inorgánico	13,50	27,84
<b>Total Desechos</b>	<b>48,50</b>	<b>100,00</b>

<b>Material inorgánicos</b>	<b>Peso (Kg.)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Otros	3,32	24,60
Cartón	3,08	22,80
Papel	2,05	15,21
Plástico	1,98	14,41
Vidrio	1,80	13,35
Metales	1,00	7,38
<b>Total Inorgánico</b>	<b>13,50</b>	<b>100,00</b>

Elaboración: Fernanda Maldonado, Andrés Garzón

#### 3.4.2.1.1 Recipientes para material no recuperable

En estos recipientes se acumulará los desechos que no vayan a ser recuperados y se los trasladará al relleno. Los materiales no recuperables son desechos que sobran al pasar por los distintos procesos de separación, tanto primaria a través del proceso de tamizado como secundaria mediante la clasificación manual.

Si no se clasifican los desechos sólidos en los domicilios existe la posibilidad de que materiales biodegradables estén presentes en la fracción fina, los cuales después se podrán llevar a una planta de compostaje. Cuando hay una buena clasificación domiciliaria la fracción fina de estos desechos es casi nula. En la siguiente tabla se presenta los valores de densidad de los desechos sólidos en el área urbana; tanto suelta como compactada, estos parámetros son referenciales y se utilizan para el dimensionamiento de los recipientes.

**Tabla 3.4 Densidad de basura en el sector urbano**

<b>MUESTRA</b>	<b>Densidad (Kg/m<sup>3</sup>)</b>
Basura sin compactar	256,00
Basura compactada	361,00

Fuente: Ensayos de cuarteo y densidad / Elaboración: Ing. Alonzo Moscoso

Debido a que estos recipientes se encuentran dentro la separación primaria, su volumen se calcula por medio de la densidad de la basura sin compactar y la cantidad de basura que llega por hora, dándonos como resultado el volumen en metros cúbico por hora de desecho que se va a generar.

$$d = \frac{m}{v}$$

**Ecuación 3.1**

$$v = \frac{m}{d}$$

**Ecuación 3.2**

Donde:

$$d = \text{densidad}^7 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

$$\dot{m} = \text{flujo másico (Kg/h)}$$

$$\dot{v} = \text{flujo volumétrico (m}^3\text{/h)}$$

Reemplazando, tomando datos de residuos de separación primaria

$$d = 256,0 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

$$\dot{m} = 285,76 \text{ (Kg/h)}$$

$$\dot{v} = \frac{285,76}{256,00}$$

$$\dot{v} = 1,12 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

### 3.4.2.2 Separación secundaria

En esta etapa se transportará el material que sale de la separación primaria para clasificarse manualmente, es aquí donde se determina lo que se reciclará

---

<sup>7</sup> Diagnóstico de la Producción de los Desechos Sólidos para la Ciudad de Ibarra y su Área de Influencia, MUNICIPIO IBARRA, 2008, Densidad de basura sin compactar Elaborado por: Ing. Alonzo Moscoso.

y lo que no es apto para una reutilización. Los materiales que se recuperará son:

1. Papel bond impreso
2. Papel bond blanco
3. Papel periódico
4. Papel archivo color
5. Cartón
6. Kraft
7. Plegadiza
8. Espumaflex PS
9. PET
10. PP
11. PEHD (fundas)
12. PEHD (soplado)
13. PELD
14. PVC
15. Línea blanca
16. Vidrio
17. Metales
18. Otros.

*(ver Anexo J)*

Actualmente en la mayoría de municipios de Ecuador y el caso propio en Ibarra, con el programa de reciclaje “La Blanquita”, se trabajan con plantas manuales, donde se realiza un trabajo de clasificación en sitios improvisados, sin ningún tipo de tecnificación.



**Figura 3.9 Instalaciones del Programa de Reciclaje “La Blanquita”**

Para facilitar este trabajo en plantas de reciclaje como del Municipio de Loja, Mejía y Santa Cruz en Galápagos, han recurrido a procesos mecánicos como es el caso de bandas transportadoras. Conjuntamente a este mecanismo se utilizan recipientes en los cuales se almacena temporalmente los residuos que se van separando.

Debido a que es un proceso manual, se debe dar todas las facilidades a los trabajadores para que puedan desempeñar su trabajo de la mejor manera. Así por ejemplo, determinar la posición más óptima de trabajo ya que estar en posición inclinada o de pie causa fatiga, por lo cual se puede proveer de taburetes giratorios y ajustables en tamaño, según las necesidades del área y lugar.

Como se explicó la forma y número de materiales a separar dependerá del estudio previo de mercadeo. *(ver Anexo J)*

El porcentaje de material no reciclado corresponde a 7%, este valor es menor al obtenido en procesos anteriores pues se optimizó las operaciones mecánicas logrando descartar la mayor cantidad de desechos.

Esta área también depende de la cantidad de años que funcionará la planta, este es un factor importante a observar, ya que el crecimiento poblacional es directamente proporcional a la cantidad de residuos generados en la ciudad.

Por tanto la proyección de esta planta a partir del 2008 es de veinte años (ver Anexo C), la capacidad de procesamiento aumenta en 15 toneladas; entonces es necesario prever espacios para futuras ampliaciones.

#### 3.4.2.2.1 Recipientes para transporte de material recuperable

Son recipientes temporales destinados para la acumulación de desechos recuperables, asimismo existirá un depósito por cada tipo de material escogido. Estos servirán también como medios de transporte de materiales y deben ofrecer mecanismos para un fácil movimiento al empleado dentro de las áreas de la planta. Además, que el material recuperable sea sencillo de llenar y vaciar de los mismos; sin olvidar que se pueda dar un cómodo mantenimiento a todo el sistema.

En esta etapa de la planta se da una interacción de procesos manuales y mecanizados, denominada zona de clasificación; la cual se encuentra dentro de la separación secundaria. El trabajo manual consiste en depositar los materiales clasificados en recipientes temporales, para luego ser procesados y almacenados.

Este transporte debe cumplir algunas características que ayuden a su manejo; así por ejemplo, tener dimensiones apropiadas para un fácil acceso en cualquier sitio de la planta que puedan ser conducidos por una sola persona.

Para establecer el número de recipientes por cada material, se determinó el llenado de los mismos durante una hora:

$$d = \frac{m}{v}$$

**Ecuación 3.3**

$$v = \frac{\dot{m}}{d}$$

**Ecuación 3.4**

Donde:

$d$  = densidad (Kg/m<sup>3</sup>)

$\dot{m}$  = flujo másico (Kg/h)

$v$  = flujo volumétrico (m<sup>3</sup>/h).

Reemplazando, tomando datos de papel bond impreso:

$$d = 252,50 \text{ (Kg/h)}$$

$$\dot{m} = 91,07 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

$$\psi = \frac{91,07}{252,5}$$

$$\psi = 0,361 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

**Tabla 3.5 Cálculo para flujo de diferentes materiales**

Material	Flujo másico	Densidades <sup>8</sup>	Volumen
	Kg/hora	Kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /hora
Papel bond impreso	91,07	252,50	0,36
Papel bond blanco	30,09	252,50	0,12
Papel periódico	150,46	252,50	0,60
Papel archivo color	122,74	252,50	0,49
Cartón	569,17	208,00	2,74
Kraft	6,19	252,50	0,02
Plegadiza	43,31	208,00	0,21
Espumaflex PS	22,23	256,00	0,09
PET	90,44	256,00	0,35
PP	45,22	256,00	0,18
PEHD (fundas)	90,44	256,00	0,35
PEHD (soplado)	45,22	256,00	0,18
PELD	45,22	256,00	0,18
PVC	15,07	256,00	0,06
Línea blanca	22,61	256,00	0,09
Vidrio	365,57	305,00	1,20
Metales	201,35	50,00	4,03

Elaboración: Fernanda Maldonado, Andrés Garzón

#### 3.4.2.2.2 Recipientes para transporte de material no recuperable

Los desechos que sobran al final de la separación secundaria son materiales gruesos en mal estado, que son residuos para los cuales no hay un mercado o su comercialización no es rentable; ya que como se dijo antes no todos los desechos están con las condiciones aptas para ser recuperados.

Debido a que son residuos sobrantes de la separación secundaria se debería contar con recipientes al final del proceso, donde se depositen por sí mismos como consecuencia final del mecanismo utilizado para la clasificación.

Como se mencionó en este proceso llega apenas a un 7% de material para ser desechado, el cual será transportado al relleno sanitario. Su volumen se calcula por medio de la densidad de la basura sin compactar (ver Tabla 3.4) y la cantidad de basura que llega por hora, dándonos como resultado el volumen en metros cúbico por hora de desecho que se va a generar.

$$d = \frac{m}{v}$$

**Ecuación 3.5**

$$\psi = \frac{\dot{m}}{d}$$

**Ecuación 3.6**

Donde:

$d$  = densidad<sup>9</sup> (Kg/m<sup>3</sup>)

$\dot{m}$  = flujo másico (Kg/h)

$\psi$  = flujo volumétrico (m<sup>3</sup>/h)

Reemplazando, tomando datos de residuos de separación secundaria

$$d = 256,00 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

$$\dot{m} = 148,39 \text{ (Kg/h)}$$

Reemplazando:

$$\psi = \frac{148,39}{256,00}$$

$$\psi = 0,58 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

### 3.4.3 TRITURACIÓN

La trituración de plásticos y vidrios en trozos finos se realiza para el tratamiento en procesos posteriores; ya sea lavado, secado o directamente almacenado.

---

<sup>8</sup> Manual de Reciclaje, Densidades para residuos sin compactar, EVA ROBEN, 2003

<sup>9</sup> Diagnóstico de la Producción de los Desechos Sólidos para la Ciudad de Ibarra y su Área de Influencia, MUNICIPIO IBARRA, 2008, Densidad de basura sin compactar Elaborado por: Ing. Alonzo Moscoso.

Al existir una gran gama de productos del plástico y vidrio, se debe escoger cuáles son los que realmente generan beneficios al momento de ser comercializados, luego de pasar por procesos como este.

#### **3.4.3.1 Plástico**

Como se dijo, existe una gran cantidad de productos del plástico (*ver Figura 3.4*), su procesamiento en la trituración difiere dependiendo de las características del material. Es más fácil dar un proceso de este tipo a materiales como el polietileno de alta densidad (PEHD), como es el caso de las fundas plásticas utilizadas en los centros comerciales; a diferencia de los envases PET o los de polietileno de alta densidad soplado.

La explicación es muy obvia, ya que productos como las fundas plásticas son más sencillos de triturar por ser un material fácilmente maleable; al contrario de lo que sucede con los envases PET.

Evidentemente entre más complicado sea la manipulación de materiales para la trituración, mayor serán los costos de operación e inversión como se analizará en el Capítulo 5. Por lo tanto, si no es rentable esta operación mejor será su almacenamiento directo.

##### **3.4.3.1.1 Lavado**

El precio del plástico limpio es más elevado. Muchos compradores no disponen de equipo para limpiarlo y deben contratar el lavado del material; por esto, prefieren comprar plástico ya procesado.

Materiales como el PEHD (fundas), se contaminan fácilmente al ser un medio de almacenamiento temporal de los demás desechos que vienen de la ciudad, el material sin un previo proceso de lavado causa que en bodega se generen malos olores y dispersión de líquidos. Algunos de ellos pueden ser tóxicos en bajas proporciones, debido a que durante el almacenamiento puede existir una mezcla de productos como bebidas, jabones, y entre ellos los pesticidas.

Por tanto, para poder manipularlos sin riesgos es necesario proceder a un lavado, habitualmente este proceso se lo puede mezclar con detergentes, logrando optimizar el uso agua y tiempo.

#### 3.4.3.1.2 Secado

Esta etapa se la realiza a continuación del proceso de lavado, pues la misma cantidad de material será secada.

Este proceso busca facilitar la manipulación posterior de productos que han sido lavados; ya que así no existe un vertido de líquidos o generación de malos olores, obteniendo un producto apto para el almacenamiento y venta posterior.

#### 3.4.3.1.3 Corte

Se requiere implementar un proceso de cortado de materiales con el fin de facilitar su prensado y empaçado. Como es el caso de envases de plástico rígido que presentan otro tipo de materiales no reciclables, los cuales deben ser removidos previos a su compactación.

#### **3.4.3.2 Vidrio**

Para comercializar el vidrio es muy importante que éste no contenga impurezas, que sea clasificado meticulosamente, para luego ser limpiado y triturado de acuerdo con las especificaciones de la compañía compradora. La trituración de botellas, envases y recipientes puede lograr una reducción volumétrica de 80%, lo que es primordial para el almacenamiento y transporte.

En esta etapa el tamaño del vidrio triturado será entre 0,3 y 3,5 cm; dependiendo de las condiciones de mercadeo. Con las trituradoras no es posible obtener un tamaño único.

Es necesario remover los cuellos de aquellas botellas que tienen anillos de metal o plástico (tubos vertedores de plástico). Esta tarea se puede realizar fácilmente a mano, mediante alguna herramienta como una cizalla de corte que ayuda a romper los cuellos.

#### **3.4.4 COMPACTACIÓN**

La reducción de volumen es un factor importante en los procesos de operación de casi todos los sistemas de manejo de desechos sólidos y es uno de los parámetros claves para su comercialización exitosa. El plástico, papel y cartón son materiales muy voluminosos que tienen poco peso. Con una compactación

adecuada, el volumen de una cierta cantidad de estos materiales se puede reducir considerablemente.

En consecuencia, la compactación permite bajar los costos de transporte que son uno de los factores más importantes. La densidad del material prensado no es un parámetro fijo pero depende de la presión máxima de la prensadora.

#### **3.4.4.1 Pesaje**

Dentro del área de compactación se definirá un lugar exclusivo para el pesaje del material compactado antes de su almacenamiento y venta.

La balanza y el registro de los materiales reciclados son primordiales para el manejo técnico de una planta de reciclaje. Los propósitos de mayor importancia son:

- Conocer el stock actual de materiales en la planta de reciclaje.
- Comprobar los registros de la compañía compradora con los de la planta para evitar problemas administrativos.
- Hacer la contabilidad de la planta de reciclaje.

Se debe pesar y registrar cada paca de material con sus respectivas especificaciones.

**Cuadro 3.3 Pesa de los materiales reciclados**

<b>Material</b>	<b>Condición de pesa</b>
Papel y cartón	Separado en fracciones, compactado y embalado, sin humedad o impurezas
Vidrio	Triturado y lavado, sin humedad o impurezas
Plástico (PEHD, PP, PELD, PVC, PET)	Separado en fracciones, compactado y embalado, sin humedad o impurezas
Espumaflex	Ensaquillado
Metales	Separado en fracciones, compactado y embalado, sin humedad o impurezas

Fuente: EVA ROBEN, Manual de Reciclaje

No es necesario adquirir una balanza digital o computarizada. Las balanzas manuales (romanas) como se utilizan en los mercados son suficientes para este propósito. Se debe optar por aquellas que puedan pesar hasta 1000 kg, ya

que los bultos compactados en una prensa hidráulica tienen frecuentemente un peso que supera los 500 kg.

#### **3.4.4.2 Transporte de material compactado**

Luego de que el material ha sido compactado, es necesario establecer medios de transporte interno y un mecanismo que ayude al levantamiento y transferencia desde el sitio de prensado hasta su almacenamiento. Todo esto para establecer un orden dentro de bodega.

Estos vehículos deben soportar pesos entre los 400 y 600 kg, pues en este intervalo oscila el peso de las pacas de material reciclado. Asimismo, se debe considerar un sistema móvil que sustituya al transporte principal de trabajo.

#### **3.4.4.3 Almacenamiento**

Los materiales deben ser almacenados de una manera óptima para mantener el orden e higiene dentro de la bodega. Es importante que los caminos y áreas internas de la planta de reciclaje no se obstruyan con materiales depositados temporalmente. Una forma de disposición eficiente es que, por ejemplo, los cartones se pueden abrir y superponer horizontalmente.

Se recomienda dedicar un área para cada material, que debe tener un espacio de acuerdo a las características que estos presentan luego de ser compactados.

Los materiales que se venden como artículos enteros (botellas, cintas, chatarras etc.) se pueden almacenar en contenedores o recipientes diseñados para este propósito.

Ciertos materiales de reciclado son proclives a atraer ratas y se pueden dañar fácilmente si son expuestos a la humedad. Es óptimo establecer una frecuencia bisemanal o mensual para despachar estos materiales.

Los plásticos son menos susceptibles a las influencias climáticas y pueden ser guardados tanto afuera como adentro.

## **3.5 DESCRIPCIÓN DE ÁREAS AUXILIARES EN LA PLANTA**

### **3.5.1 INFRAESTRUCTURA AUXILIAR INTERNA**

#### **3.5.1.1 Información**

Dentro de la planta existirá un sitio destinado para que los empleados se informen acerca de cronogramas de actividades semanales y mensuales.

Además carteles de cómo deben utilizar el equipo de protección personal.

Es preciso que en este lugar se indique un plano de la planta y sus rutas de evacuación en caso de una emergencia.

#### **3.5.1.2 Supervisión**

Esta área tiene la finalidad para dar control y supervisión de los procesos dentro de la planta; es decir, debe contar con una visibilidad total hacia las diferentes áreas.

Se recomienda colocar en este lugar los controles de apagado de emergencia de la maquinaria; pues así, en caso de ocurrir un accidente se puede detener toda planta.

#### **3.5.1.3 Bodega**

Parte de los requerimientos de diseño es establecer un sitio el cual sirve para almacenar herramientas necesarias en planta, aquí se puede disponer de artículos como: de limpieza y mantenimiento de pequeños desperfectos de las máquinas. Asimismo existirá una bodega exclusiva para líquidos inflamables.

#### **3.5.1.4 Coches de material pre-clasificado**

Será un espacio destinado para parquear los coches con material clasificado, antes de su compactación. Se considera este lugar primordial, pues al tener organizados los coches se tiene fácil acceso a ellos y además no entorpece los lugares de circulación de los empleados.

Asimismo al final de la jornada de trabajo aquí se colocarán los coches vacíos como los llenos, con un orden establecido.

## **3.5.2 INFRAESTRUCTURA AUXILIAR EXTERNA RECOMENDADA**

### **3.5.2.1 Baños**

Es necesario diseñar un sitio exclusivo de aseo y cuidado para todo el personal del relleno sanitario; este lugar necesita estar acondicionado con baños, duchas, vestidores y casilleros. Así se brindará toda la facilidad y comodidad a los empleados.

Por otra parte, se debe estipular la mejor opción en cuanto al manejo de las aguas residuales generadas en este espacio para que se evite la contaminación.

### **3.5.2.2 Oficinas y bodegas**

Continuo a la planta se debe crear una zona que sirva para una distribución de oficinas ya sea la administración general o dirección de todo el relleno sanitario, pues así se vigilará el buen desempeño de los trabajadores y de los procesos de tratamiento integral de residuos sólidos.

Asimismo debe existir un lugar exclusivo para el almacenamiento de instrumentos y herramientas, donde se pueda tener acceso independientemente de la planta.

### **3.5.2.3 Primeros auxilios**

Un sitio importante que conviene instaurar, es una estación de primeros auxilios en la planta. Esta debe cumplir varias funciones, además de proveer socorro inmediato a emergencias que se pueden presentar y contar con una persona capacitada en primeros auxilios.

Asimismo se debe tener a la mano un botiquín, el cual será abastecido según el consejo de un médico en lo concerniente a la selección de estos materiales.

### **3.5.2.4 Sitio de evacuación**

Es primordial establecer un lugar destinado a la seguridad para los empleados en caso de que exista una evacuación frente a algún peligro o emergencia.

Un sistema de alarma para los empleados es vital en el plan de acción de emergencia. Para esto, debe pensarse en sistemas audibles, visuales y táctiles

o tal vez combinaciones de estos. En lugares de trabajo pequeños, la comunicación en voz alta puede ser el mejor medio de alarma.

La confiabilidad del sistema es importante pues de esto depende que todo el personal pueda salir al lugar destinado para evacuación.



## **CAPÍTULO 4**

### **INGENIERÍA BÁSICA DEL PROYECTO**

#### **4.1 ANÁLISIS DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS PARA LAS DIFERENTES ÁREAS**

Para establecer la mejor opción de maquinaria que se requiere en los diferentes procesos, es necesario investigar y establecer alternativas que permitan analizar sus ventajas y desventajas.

##### **4.1.1 CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

El propósito de esto es describir las posibles técnicas a utilizarse en el procesamiento de desechos sólidos. Así también, presentar alternativas de constructores existentes en el mercado que satisfagan los requerimientos de la planta; que a la vez sean eficientes o eficaces en el proceso y económicamente asequibles. Además se determinan de acuerdo a las necesidades analizadas en el Capítulo 3.

##### **4.1.1.1 Área de captación de materia prima**

Aquí no se requiere ningún tipo de máquina para procesar materia prima. Sólo se necesita buena iluminación y un componente que conecte esta área con la separación primaria, es decir; un diseño de obra civil que permita la descarga y recepción de residuos para su posterior procesamiento.

##### **4.1.1.2 Área de separación**

La separación de componentes es una operación indispensable para la recuperación de desechos sólidos, en este capítulo se describen técnicas más detalladas en el *Cuadro 4.1*.

La recuperación se puede realizar manual o mecánicamente; cuando se usa la separación manual, no es necesario un previo procesado de los desechos. En cambio en la mayoría de las técnicas mecánicas, se requiere alguna reducción de tamaño como una primera etapa.

**Cuadro 4.1 Técnicas de separación de desechos sólidos y aplicación de la información**

<b>Técnica</b>	<b>Materiales involucrados</b>	<b>Pre procesado requerido</b>	<b>Observaciones</b>
Separación manual	Todo tipo de material.	Ninguno	Usado para separar papel corrugado y de alta calidad, metales, y madera en comercios e industrias y periódico en residencias; económico y factible si los precios del mercado son adecuados.
Separación con aire	Todo tipo de material.	Fragmentación	Usado para concentrar metales y vidrio en una fracción pesada.
Separación por inercia	Todo tipo de material.	Fragmentación	Igual que para separación con aire.
Tamizado	Todo tipo de material.	Fragmentación, separación con aire	Se puede usar antes de la fragmentación para remover vidrio y previa a la separación con aire por razones semejantes.
Flotación	Vidrio, cartón, plástico.	Fragmentación, sep. aire	Control de polución del agua, puede ser costoso.
Separación electrostática	Vidrio	Fragmentación, separación con aire, separación magnética y tamizado.	Experimental.
Separación magnética	Material ferroso	Fragmentación.	Probada en numerosas aplicaciones a escala completa.

Elaboración: Fernanda Maldonado, Andrés Garzón

#### 4.1.1.2.1 Separación primaria

La separación de residuos gruesos y finos se la realiza mecánicamente. Típicamente, se pretende sacar los componentes de menor tamaño y las alternativas son:

##### **A. SEPARACIÓN CON AIRE**

Esta técnica ha sido usada durante varios años en operaciones industriales para la separación de varios componentes de mezclas secas. Este método permite la extracción de productos como: papel, plásticos y otros materiales livianos del flujo de desechos desmenuzados.

En uno de los tipos de clasificadores con aire más simples, los desechos sólidos procesados son vaciados en un **clasificador ducto vertical** (ver *Figura 4.1*). El aire que asciende desde el fondo del ducto transporta los materiales más livianos hasta la descarga por la parte superior de la columna vertical. Los materiales más pesados caen al fondo debido a que el flujo de aire ascendente es insuficiente para elevar los materiales más pesados. El control del porcentaje separado entre las fracciones liviana y pesada se realiza variando la carga de desecho, el flujo de aire y la sección transversal del ducto. Es necesario un mecanismo giratorio, a prueba de aire, para introducir los desechos desmenuzados en el clasificador.

Otro tipo es conocido como el **clasificador con aire en zigzag**. La pequeña unidad experimental que se muestra (ver *Figura 4.2*), consiste en una columna vertical con deflectores internos en zigzag a través de los cuales pasan grandes cantidades de aire. Los desechos desmenuzados son introducidos por la parte superior de la columna a una tasa controlada, y se introduce aire en el fondo de la columna. A medida que los desechos caen sobre la corriente de aire, la fracción más liviana se mueve hacia arriba y afuera de la columna, mientras la fracción pesada cae hacia el fondo. En teoría, cada cambio de dirección producido por el zigzag crea turbulencia en la corriente de aire y esta a su vez, hace que los desechos den vueltas y los materiales puedan disgregarse fácilmente. La mejor separación se obtiene del diseño apropiado de la cámara de separación, el flujo de aire y la tasa de alimentación del desecho.

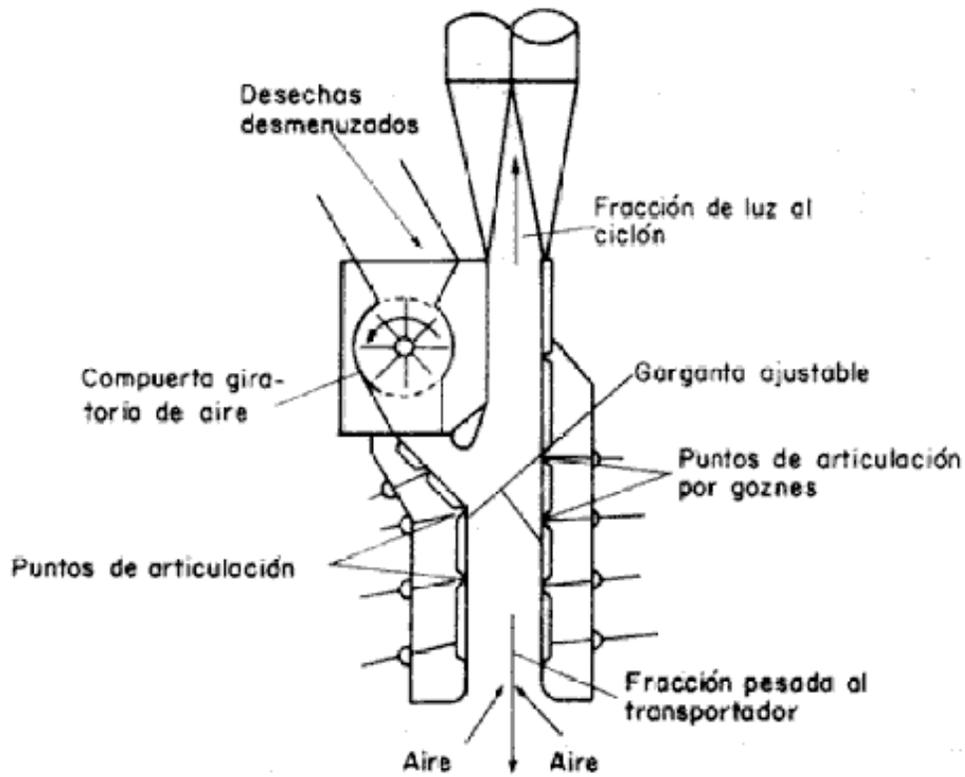


Figura 4.1 Clasificador de aire tipo convencional de conducto

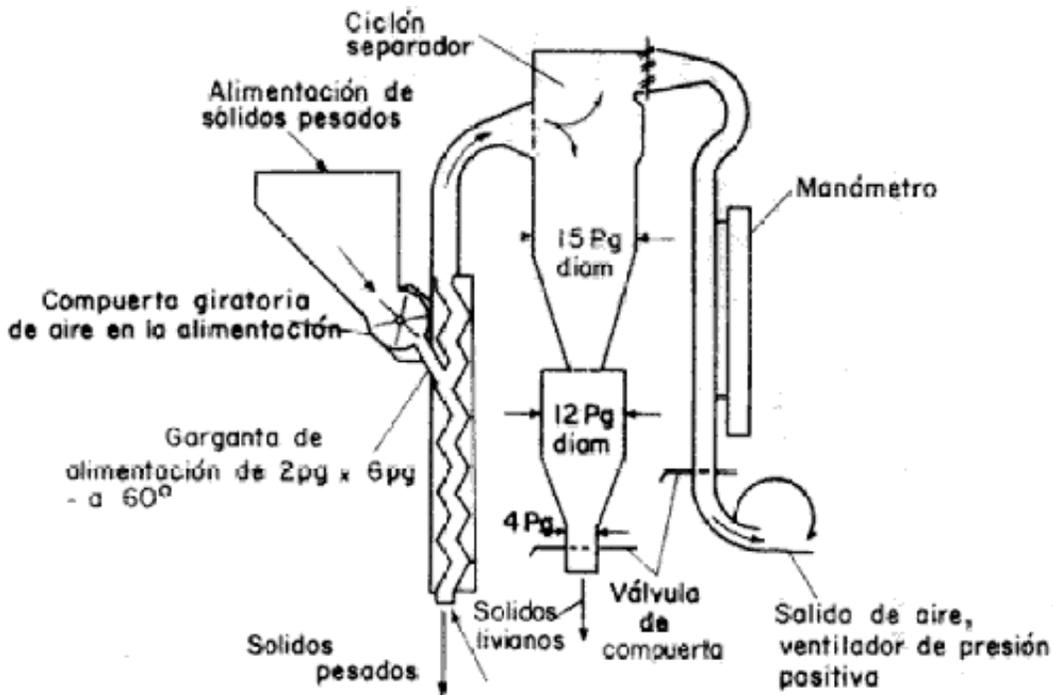


Figura 4.2 Clasificador de aire tipo experimental de zig zag

## **Selección del equipo de separación por aire**

Los factores que deben ser considerados en la selección de equipo de separación por aire incluyen:

- 1) Características del material introducido en el equipo de fragmentación como por ejemplo: tamaño de las partículas, gradación, forma, contenido de humedad, tendencia a aglomerarse y contenido de fibra.
- 2) Especificaciones del material para la fracción liviana.
- 3) Características de diseño del separador incluyendo: relación de sólidos a aire, (kg de sólidos/kg de aire); velocidades del aire (m/seg); capacidad de la unidad (kg/h); flujo total de aire (m<sup>3</sup>/seg).
- 4) Características operacionales incluyendo: necesidades de energía, requisitos de mantenimiento (preventivo, predictivo, correctivo), simplicidad de la operación, funcionamiento y confiabilidad comprobados, producción de ruido y requisitos de control de la polución de aire y agua.
- 5) Consideraciones sobre el sitio, incluyendo: espacio físico, acceso, ruido y limitaciones ambientales.

## **B. TAMIZADO**

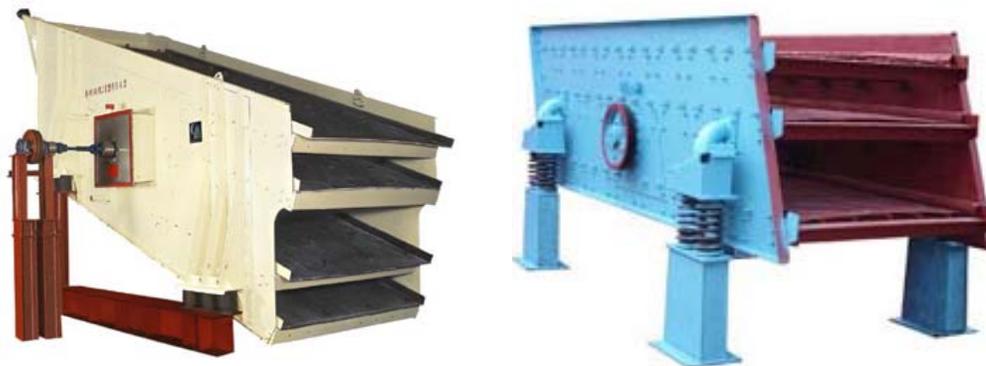
El tamizado comprende la separación de materiales mezclados de diferentes tamaños en varias porciones mediante una o más superficies. El tamizado se puede realizar en húmedo o seco, el último es más común en sistemas de procesamiento de desechos sólidos y tiene múltiples aplicaciones en sistemas de recuperación.

Para este método se usan diferentes tipos de mallas, las más usadas para la separación de residuos son cribas de mallas vibradoras (*ver Figura 4.3*) y tipo trommel (*ver Figura 4.4*).

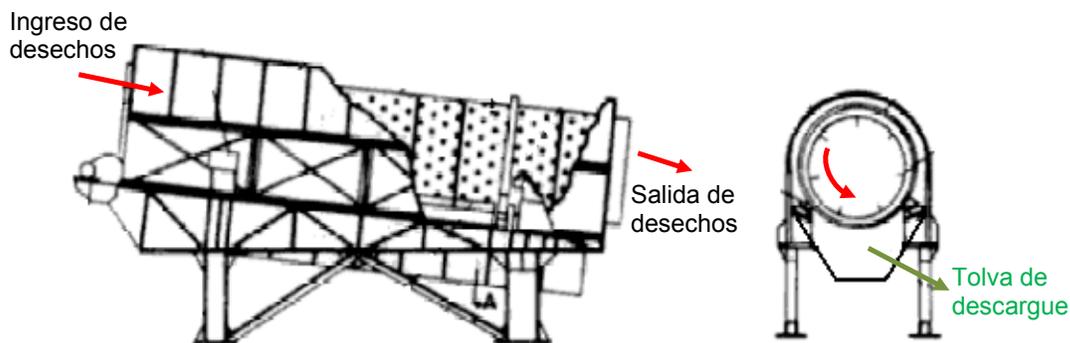
Las **mallas vibradoras** son colocadas en forma horizontal una encima de otra, estas basan su funcionamiento en un mecanismo de vibración que hace que los materiales caigan por gravedad según su tamaño a través de las mallas.

Se coloca los residuos desmenuzados en la parte más alta del mecanismo y a medida que vibran las mallas la fracción fina cae. La fracción de tamaño más grande se queda dentro de las mallas e irá directamente a otro clasificador

donde se separa los materiales reciclables. La fracción liviana se lleva al relleno sanitario.



**Figura 4.3 Cribas de separación de mallas vibratoras**



**Figura 4.4 Cribas de separación tipo trommel**

En las **cribas trommel** o tambor de malla giratoria se introduce la materia prima por la abertura de carga, la cual se encuentra en la parte más alta del tamiz rotatorio que tiene un diámetro adecuado a las cantidades de residuo que llega de la pre-clasificación. Tiene una longitud para la separación entre 3 y 6 m, la cual posee orificios circulares de 2"- 4" de diámetro y aletas dispuestas longitudinalmente hacia adentro; para forzar la agitación de los desechos y así disgregar en materiales finos y gruesos a través de los agujeros. Posee una inclinación de 5° - 20° lo que facilita el paso del material hasta el extremo posterior más bajo que es la boca de descarga de los materiales gruesos que se clasificarán.

### **Dimensionamiento de aperturas en cribas trommel y vibradoras.**

El tamaño óptimo de las aperturas para tamizado en las cribas, es el que permite una separación máxima entre el material reciclable y el no reciclable. Este tamaño es dependiente de factores como: costumbres locales de consumo alimenticio, criterios del municipio y mercado local de los productos reciclables.

Por eso, se recomienda hacer un análisis detallado de las diferentes fracciones de basura para determinar el tamaño óptimo de las aperturas. Este análisis se hace manualmente como se mencionó en el Capítulo 3. El *Cuadro 4.2* muestra los parámetros más importantes que se deben observar durante este análisis.

**Cuadro 4.2 Parámetros importantes para el análisis del tamaño óptimo**

<b>Parámetro</b>	<b>Recomendaciones</b>
Número y dimensiones de las aperturas en tamices fabricados para el análisis	Hay que realizar una observación visual de la basura, determinando si los desechos son en su mayoría gruesos o finos. Se recomienda fabricar 3 tamices con aperturas diferentes: Basura fina: 50 mm – 60 mm – 70 mm. Basura mediana: 60 mm – 70 mm – 80 mm. Basura gruesa: 70 mm – 80 mm – 90 mm. Si el rendimiento de 2 tamices es aproximadamente igual, se puede fabricar un tamiz con aperturas intermedias.
Cantidad de basura para analizar	Hay que utilizar una cantidad representativa para cada análisis. Se recomienda utilizar a menos 1 Ton de basura para cada tamiz y repetir este análisis para varios sectores de la ciudad en cuestión.
Sectores urbanos para analizar	El análisis debe representar las propiedades reales de la ciudad. Hay que analizar la basura de sectores comerciales, administrativos, industriales, domiciliarios, etc.

Fuente: EVA ROBEN, Manual de Reciclaje

El *Cuadro 4.3* muestra los parámetros más importantes para el diseño de las aperturas, se indica los márgenes entre las cuales estos pueden cambiar. La

determinación exacta se hace considerando la cantidad de basura, sus características y las condiciones específicas del municipio en cuestión.

**Cuadro 4.3 Parámetros de diseño para cribas tambores**

<b>Parámetro</b>	<b>Diseño</b>
Fracciones de desecho	Aperturas de la criba: Aperturas redondas con las dimensiones siguientes: Fracción fina: < 60 - 80 mm (el tamaño exacto de las aperturas se determina según los resultados del análisis). Fracción gruesa: > 60 - 80 mm; esta fracción contiene materiales reciclables.
Inclinación	Se debe calcular según las necesidades del proyecto. Se recomienda una inclinación $5^\circ < \alpha < 20^\circ$
Dimensiones	Para la clasificación de la basura cruda, se recomiendan cribas tambores con un diámetro grande (1.5 - 2.5 m). El largo debería ser entre 3 - 6 m.
Velocidad de rotación	10 - 30 rotaciones/ minuto
Consumo de energía	Necesita una capacidad de propulsión de 30 - 80 kW (dependiente de las dimensiones)

Fuente: EVA ROBEN, Manual de Reciclaje

### **Selección del equipo de tamizado**

Los factores que se deben considerar en la selección del equipo de tamizado incluyen:

- 1) Especificaciones para los materiales componentes.
- 2) Lugar donde se va a hacer el tamizado y características del material, incluyendo: tamaño de las partículas, forma, densidad del conjunto y contenido de humedad.
- 3) Características del diseño de las mallas incluyendo: materiales de construcción, tamaño de las aberturas, configuración de las aberturas de la malla, área total de la superficie de tamizado, velocidad de oscilación para los tamices vibratorios, velocidad de rotación para los tamices giratorios.

- 4) Eficiencia de la separación y efectividad total.
- 5) Características de la operación incluyendo: requisitos de energía, mantenimiento de rutina y especializado, simplicidad de la operación, producción de ruido.
- 6) Consideraciones del lugar tales como espacio físico, acceso y limitaciones ambientales.

#### 4.1.1.2.2 Separación secundaria

Esta separación se la puede realizar de forma manual o semi mecanizada, además dependerá de qué material se pretende extraer; así se la puede realizar por:

##### **A. SEPARACIÓN MAGNÉTICA**

El método más común de recuperar chatarra ferrosa de desechos sólidos fragmentados implica el uso de sistemas magnéticos de recuperación. En algunas plantas se han utilizado sistemas magnéticos superiores para recuperar materiales ferrosos después de la separación primaria (esta operación es conocida como "escalpado"). Cuando se queman desechos en incineradores municipales, se usa la separación magnética para remover los materiales ferrosos que sobran dentro de los quemadores. Los lugares donde se recuperen los materiales ferrosos dependerán de los objetivos a ser alcanzados, tales como la reducción del desgaste del equipo de procesado y separación, el grado de pureza del producto, y la eficiencia exigida de la recuperación.

Para la separación magnética de materiales ferrosos, durante muchos años, se han usado varios tipos de equipos. Los más comunes son: el magneto suspendido (*ver Figura 4.5*), la polea magnética (*ver Figura 4.6*), y el tambor magnético suspendido (*ver Figura 4.7*). En las *Figura 4.8* y *4.9* se muestran dos de los sistemas de separación magnética más comúnmente usados.

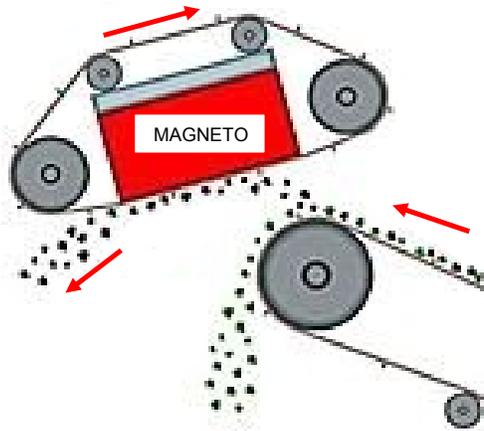


Figura 4.5 Separador de magneto suspendido

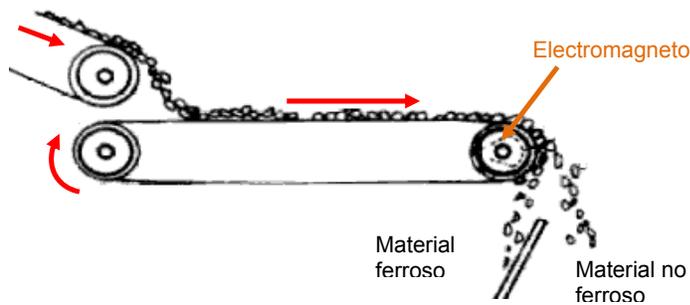


Figura 4.6 Separador de polea magnética

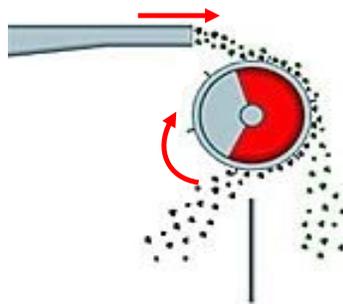
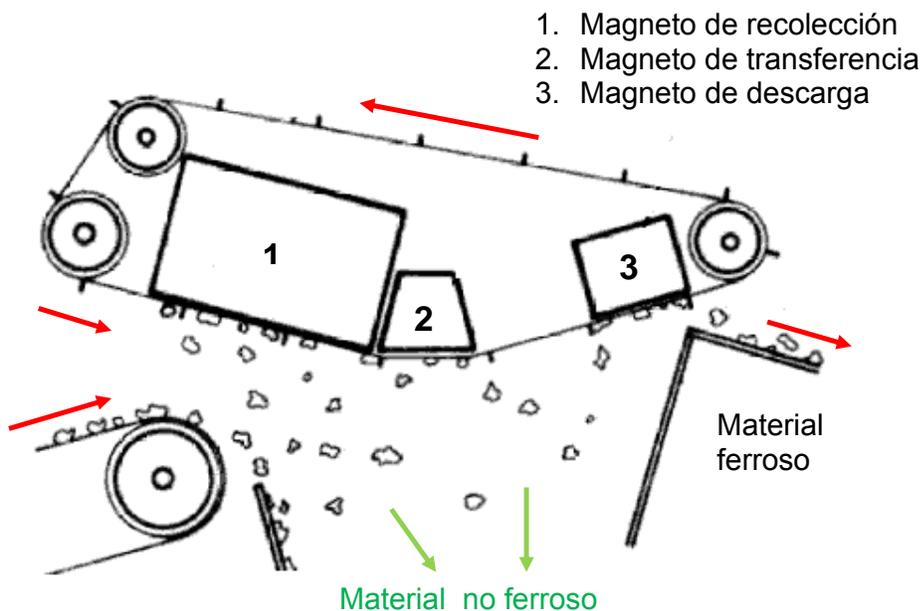


Figura 4.7 Separador de tambor magnético suspendido

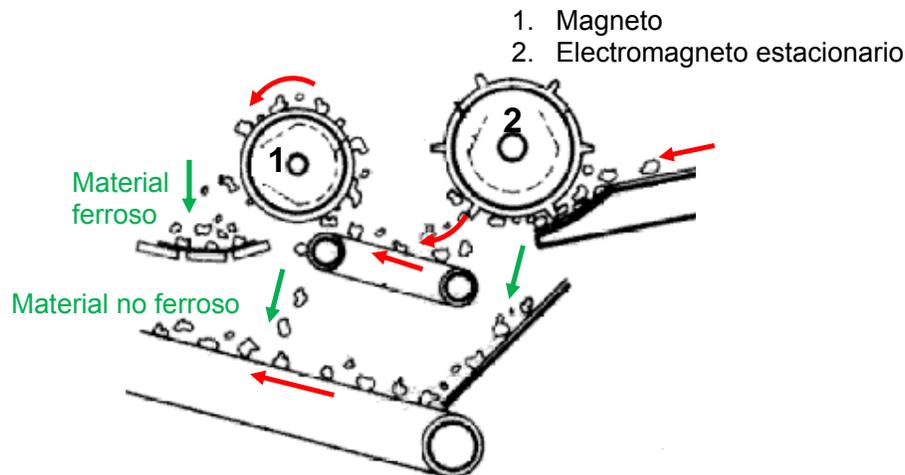
El sistema típico empleado es de **tres magnetos** de correa múltiple, diseñado para operar al extremo de un transportador (ver Figura 4.5), el primer magneto se usa para atraer el metal, el magneto de transferencia se usa para transportar el material atraído alrededor de una curva y para agitarlo. Cuando el material atraído llega al área donde no hay magnetismo, cae libremente, y también cae cualquier material no ferroso atrapado por el metal contra la correa. Entonces el magneto final devuelve el metal a la correa y es

descargado a otro transportador o en recipientes de almacenamiento. Se ha desarrollado una correa de acero inoxidable especialmente diseñada, para superar los problemas originales de desgaste de la correa.

Se han usado **separadores de tambores suspendidos** en algunas plantas de recuperación. Donde se instala un solo tambor en el extremo del transportador, se utiliza la trayectoria de los desechos sólidos descartados para ayudar a separar materiales sueltos no magnéticos y para mejorar la recuperación de materiales ferrosos. Para obtener material sin fragmentación secundaria o clasificación con aire, se puede usar una instalación de dos tambores como la que se muestra en el *Figura 4.6 y 4.7*. El primer tambor magnético se usa para recoger material ferroso de los desechos fragmentados y lanzarlos a un transportador intermedio. La mayor parte del material no magnético cae a un transportador de descarga situado debajo del separador primario. El segundo tambor magnético puede ser más pequeño y está situado en la parte más cercana al transportador, debido a la reducción de la carga en el transportador intermedio. El segundo tambor gira en dirección opuesta al flujo del material para asegurarse de que no ocurra aglomeración o se forme puente.



**Figura 4.8 Sistema de separación de tres magnetos usado con desechos sólidos desmenuzados**



**Figura 4.9 Sistema de separación magnética de dos tambores usados con desechos sólidos desmenuzados**

### **Selección del equipo de separación magnética**

Los factores que se deben considerar en la selección del equipo de separación magnética incluyen:

- 1) Lugar donde se van a recuperar los materiales ferrosos de los desechos sólidos.
- 2) Características de los desechos ferrosos los cuales se van a ser separados, por ejemplo la cantidad de material ferroso presente en el desecho.
- 3) Características del diseño de ingeniería del sistema separador incluyendo cargas para un tamaño dado de separador (kg/h), eficiencia de la separación, velocidad de rotación del tambor (r/min), fuerza del magneto, tipo de sistema de enfriamiento del magneto (aceite o aire), velocidad del transportador, flujo de aire si se usa para mejorar la eficiencia, y materiales de construcción.
- 4) Características de la operación, tales como: requerimientos de energía, mantenimiento de rutina y especializado, simplicidad de la operación, eficiencia y confiabilidad comprobadas, producción de ruido y requisitos de control como polución de aire y agua.
- 5) Consideraciones del lugar tales como: espacio físico, acceso, ruido y limitaciones ambientales.

## **B. SEPARACIÓN MANUAL**

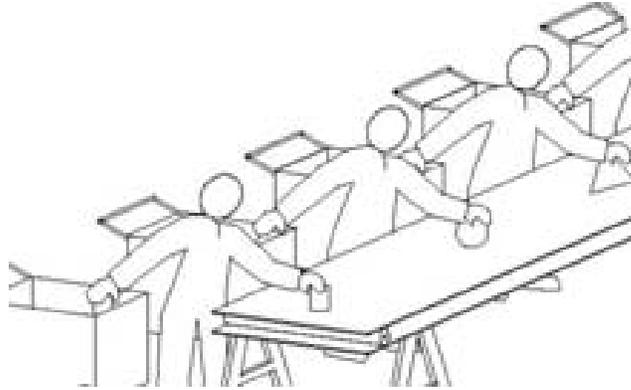
En este tipo de separación se requiere una banda transportadora para la separación manual, la cual funciona mediante rodillos que son empujados por un motor y que transmiten el impulso a una correa de transporte. El motor puede ser integrado dentro de uno o varios rodillos o; se puede utilizar un motor externo que empuja la banda mediante una cadena con catalinas.

Ya que ciertos desechos son corrosivos y abrasivos, la banda debe ser construida de material resistente. Se recomienda PEHD o material equivalente para la superficie de la banda, en el caso de algunos municipios en Ecuador se está utilizando una banda de caucho grueso. Con este material existen buenas experiencias concernientes a su resistencia contra la agresión química. Es verdad que la banda es vulnerable por materiales corto punzantes (trozos de metal, de vidrio etc.) pero existe la posibilidad de reparar cortes y huecos en la banda con el método de vulcanización. También se pueden evitar muchos daños al tener una adecuada pre-clasificación en planta.

La elevación de la banda sobre el suelo puede variar entre 70 y 100 cm, dependiendo de la estatura promedio de los trabajadores. Si es demasiado baja, deben inclinarse, lo que causa dolores y enfermedades de la columna vertebral; si es demasiado alta, el levantamiento exagerado de los brazos causará dolores y enfermedades articulares.

El largo de la banda depende de la cantidad de desechos que llegan desde la clasificación primaria y del número de fracciones en que se clasifica. Generalmente las bandas tienen un largo entre 10 y 30 m; si se trata más material es recomendable construir dos líneas paralelas para aumentar la velocidad del trabajo. En las dos extremidades se debe encontrar un dispositivo para raspar desechos pegajosos de la banda.

Para municipalidades medianas (producción de basura hasta 50 ton/día) se recomienda un diseño estándar con una banda que tiene el largo de 10 m. Eso es siempre suficiente para esta cantidad de basura, pero no es factible construir una banda más corta, ya que es necesaria una dimensión apropiada para poder separar todas las fracciones.



**Figura 4.10 Esquema de separación manual**

### **C. SEPARACIÓN POR FLOTACIÓN**

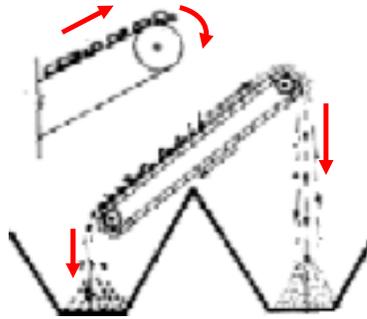
En el proceso de flotación, los desechos son sumergidos en agua dentro de un tanque. Los pedazos de vidrio, roca, ladrillo, huesos y material plástico denso que va a fondo son removidos con barredores de correa. Los residuos livianos y otros materiales que flotan son recogidos manualmente o con herramientas de rastre de la superficie para su disposición, también se puede usar químicos y aditivos para mejorar la captura de materiales.

### **D. SEPARACIÓN POR INERCIA**

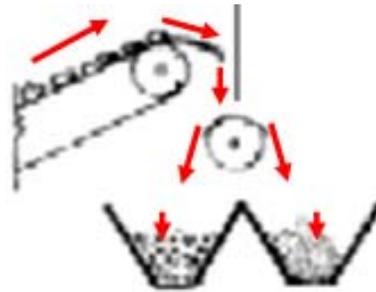
Los métodos de inercia se basan sobre principios de balística o separación por gravedad, para separar desechos sólidos fragmentados en partículas livianas y pesadas. En las *Figuras 4.11, 4.12 y 4.13* se muestran esquemáticamente los modos de operación de tres tipos diferentes de separadores por inercia. Este tipo de equipo se usa extensivamente en Europa.



**Figura 4.11 Separador por inercia balístico**



**Figura 4.12 Separador por inercia deflector**



**Figura 4.13 Separador por inercia de transportador inclinado**

#### 4.1.1.2.3 Transporte de materiales

##### **I. Recipientes para transporte de material recuperable**

El almacenamiento temporal de los materiales ya clasificados, debe tener un mecanismo adecuado para el traslado hasta su procesamiento posterior. El equipo seleccionado debe cumplir con requerimientos tales como:

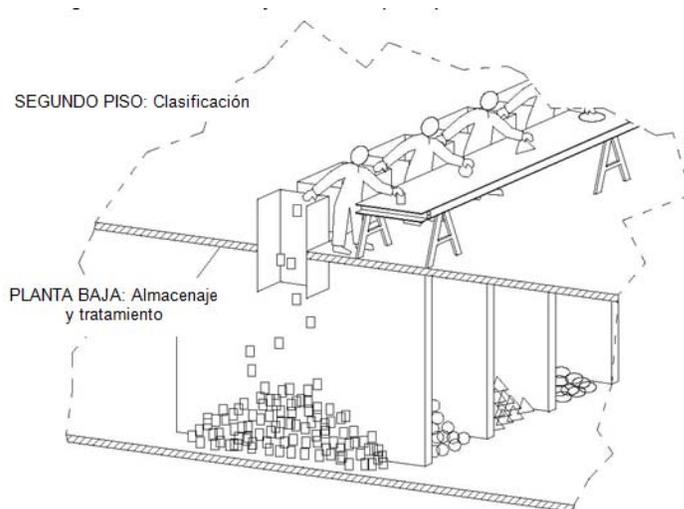
- Aplicable para toda clase de material recuperable.
- Fácil de limpiar.
- Resistente contra agresión química y mecánica.
- Costos bajos de inversión y operación.
- Fácil a llenar y vaciar.

Así, se presentan las siguientes alternativas:

##### **A. CHIMENEAS**

Esta opción depende del flujo de material en los procesos de reciclaje, además es una solución adecuada que asegura el fácil manejo de los materiales en las plantas de dos pisos.

Las chimeneas son orificios que se construyen al lado de la banda de reciclaje y que conectan el segundo piso (banda y criba) con la planta baja (almacenaje y procesamiento de los materiales). Los trabajadores echan los materiales escogidos en las chimeneas asignadas para el material respectivo. El material cae en la planta baja dentro de una tolva de almacenamiento. De ella, los obreros cogen los materiales y los llevan para procesarlos.



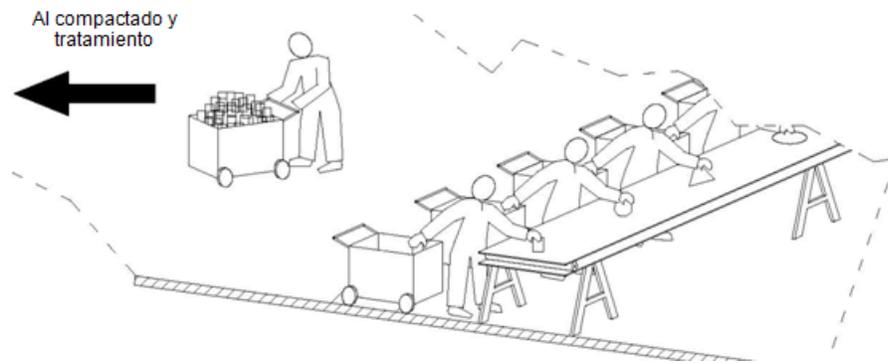
**Figura 4.14 Funcionamiento de chimeneas**

Esta tecnología se recomienda especialmente donde existe un gran volumen de material procesado en las cuales se necesitaría mucha mano de obra y una cantidad muy alta de carros manuales si se opera con estos. Por otro lado, tiene costos de inversión más elevados que una planta instalada en un solo piso.

## **B. COCHES**

En plantas construidas en un solo nivel, cuando se desea crear fuentes de trabajo, es más recomendable el uso de carritos manuales para el almacenaje y transporte interno de los materiales. Los carritos se pueden fabricar de planchas metálicas o mallas.

En ciudades donde se trata basura no clasificada, es sumamente importante que los coches tengan orificios para evacuar aguas lixiviadas y aguas de limpieza. Deben ser bastante resistentes contra la agresión química de la basura y el manejo diario dentro de la planta de reciclaje.



**Figura 4.15 Uso de coches**

## II. Recipientes para transporte de material no recuperable

Los recipientes adecuados para la descarga de los materiales no recuperables (desperdicio) pueden ser muy diferentes, según el propósito de su uso. Los más comunes son:

- Contenedores con tamaño y forma estándar para ser llevados por un recolector.
- Carritos manuales para llevar los desechos no recuperables a una tolva recibidora.
- Tolvas intermediarias.
- Remolques.

La decisión para el método de descarga, almacenamiento y transporte al relleno de los desechos no recuperables. Se debe hacer considerando las condiciones específicas de cada municipio, entre las más importantes están:

Área disponible y ubicación prevista de los elementos de la planta.

- Topografía.
- Parque automotor.
- Crear fuentes de trabajo.
- Precio de la mano de obra.
- Presupuesto disponible.
- Distancia al sitio de disposición final (relleno sanitario).
- Cantidad de los desechos no recuperables.

El en *Cuadro 4.4* da un resumen del funcionamiento de cada tipo considerando sus ventajas y desventajas.

**Cuadro 4.4 Recipientes para la descarga de los desechos no recuperables**

Recipiente	Funcionamiento	Ventajas	Desventajas
Contenedor grande	Los mecanismos de la separación primaria y secundaria vierten los desechos no escogidos en dos contenedores grandes; a una hora determinada, un recolector vacía los contenedores y lleva su contenido al relleno sanitario.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-No se necesita personal para el manejo de los desechos no recuperables.</li> <li>-No se necesita infraestructura especial para la descarga, el almacenamiento y el transporte de estos desechos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Si el contenedor se llena antes de la hora prevista, es difícil cambiarle por otro. El método no es adecuado para cantidades elevadas de basura no recuperable.</li> <li>-Se necesita un recolector especial.</li> </ul>
Carritos manuales	Se ubican los carritos manuales bajo la criba tambor y al fin de la banda. Cuando se llenan, un obrero les cambia con carritos vacíos y lleva su contenido a una tolva, de la cual un recolector evacua los desechos no recuperables diariamente para llevarles al relleno sanitario.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Es un sistema muy flexible que permite adaptarse a las cantidades actuales de basura no recuperable sin problemas.</li> <li>-El manejo de la planta de reciclaje y los horarios de los recolectores son independientes.</li> <li>-Este sistema se puede adecuar a cada tipo de topografía y distribución espacial de la planta de reciclaje.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Se necesita mucho personal para el manejo con carritos manuales.</li> <li>-Se deben construir al menos 10 carritos para poder intercambiar flexiblemente, lo que significa altos costos de inversión y alta necesidad de espacio.</li> <li>-Se necesita infraestructura adicional (tolva). Hay un paso más en el trabajo de descarga.</li> </ul>

Tolvas intermedias	Los desechos no recuperables se vierten desde la criba tambor y desde la banda en una tolva la cual se descarga a un recolector. La carga al recolector se puede hacer manualmente, con pendiente natural o con otra banda transportadora.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Es un sistema muy flexible que permite adaptarse a las cantidades actuales de basura no recuperable sin problemas.</li> <li>-El sistema tiene mejor redundancia en el caso de daños (recolectores).</li> <li>-Se necesita poco personal para el manejo de los desechos no recuperables.</li> </ul>	-No es siempre adecuado para plantas en un solo piso porque se necesita un desnivel suficiente para la construcción de la tolva.
Remolques	La banda transportadora y la criba tambor vierten los desechos no escogidos directamente en dos remolques que se llevan por un tractor u otro vehículo cuando estén llenos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-El remolque tiene tanto volumen como un contenedor grande pero se puede desplazar cuando está lleno.</li> <li>-El manejo de la planta de reciclaje y los horarios de los recolectores son independientes.</li> <li>-El sistema tiene mejor redundancia en el caso de daños (recolectores).</li> <li>-Se necesita poco personal para el manejo de los desechos no recuperables.</li> <li>-No se necesita infraestructura adicional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Costos de inversión para remolques (por lo menos 3 o 4 para poder intercambiar).</li> <li>-Se necesita un vehículo adecuado para trasladar los remolques al relleno sanitario.</li> </ul>

Fuente: EVA ROBEN, Manual de Reciclaje

#### 4.1.1.3 Área de trituración

La reducción de tamaño es un factor importante no sólo en el diseño y operación del manejo de sistemas de desechos sólidos, sino también en la recuperación de materiales y su conversión energética.

La fragmentación se usa comúnmente en sistemas diseñados para recuperar materiales y energía de los desechos sólidos que tienen diversidad de: tamaño, partículas, contenido de humedad, composición química y características físicas.

En el *Cuadro 4.5* se enumeran los modos de acción y las principales aplicaciones de estos equipos; se consideran algunos de los sistemas comúnmente usados para desechos sólidos.

**Cuadro 4.5 Tipos, modos y aplicaciones de equipo usado para la reducción mecánica de tamaño**

<b>Tipo</b>	<b>Modo de acción</b>	<b>Aplicación</b>
Molinos con cuchillos giratorios	Cortar, Tajar	Plástico, vidrio y papel.
Molinos grandes	Moler, aplastar	Materiales quebradizos y frágiles. Usado principalmente en operaciones industriales.
Trituradores de mandíbula	Triturar, romper	Sólidos grandes.
Fragmentadores	Cizallar, desgarrar	Todos los tipos de desechos municipales.
Cortadores, cizallas	Cizallar, desgarrar	Todos los tipos de desechos municipales.
Molinos de martillos	Romper, desgarrar, cortar, triturar	Todos los tipos de desechos municipales, equipo más comúnmente usado para reducir el tamaño y homogeneizar los desechos.

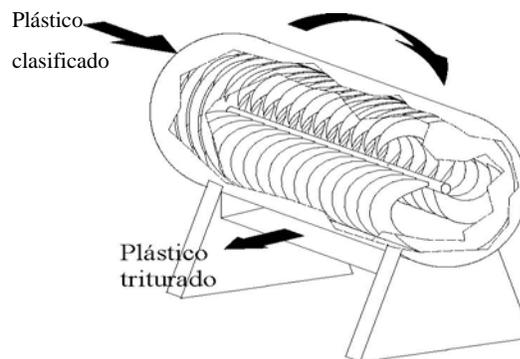
Elaboración: Fernanda Maldonado, Andrés Garzón

Reducción del tamaño es el término aplicado a la conversión de desechos sólidos en piezas más pequeñas a medida que son recolectados. En la práctica, los términos desmenuzar, moler y triturar son utilizados para describir dicha operación. El objetivo de este proceso es obtener un producto final que sea uniforme y considerablemente reducido en comparación con su forma original y no siempre implica una disminución de volumen.

A continuación se describe algunas técnicas para este proceso:

### A. MOLINOS CON CUCHILLOS GIRATORIOS

Este equipo tiene una muy buena eficiencia para el tratamiento de plásticos en trozos finos pero no es muy apto para trozar otras fracciones de desechos sólidos, se puede dañar fácilmente cuando se mezclan materiales duros como vidrio, metales o piedras.



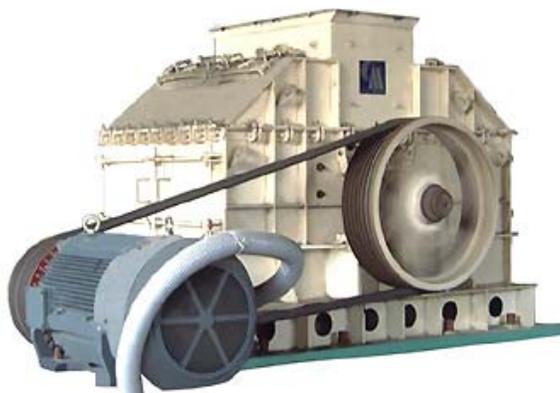
**Figura 4.16 Trituradora con cuchillos**

### B. MOLINOS DE MARTILLO

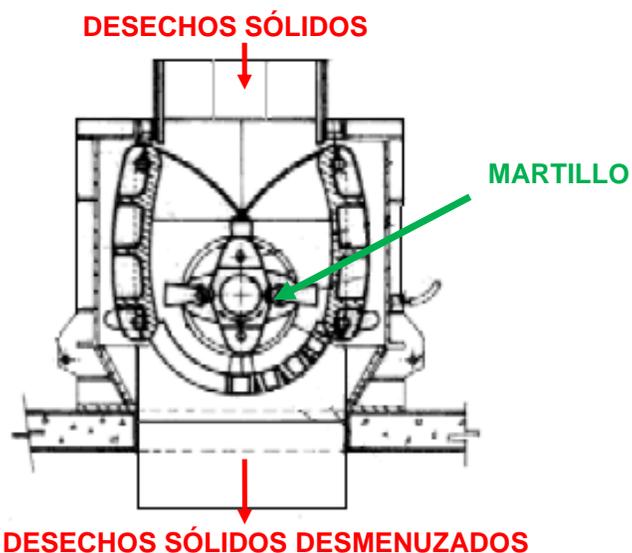
Este equipo se usa con más frecuencia para reducir el tamaño de desechos sólidos. Los molinos de martillo de eje horizontal que se muestran en la *Figura 4.17 y 4.18*; operacionalmente, son un instrumento en el cual un número de martillos flexibles están fijados a un eje interior o disco(s) que giran a alta velocidad (*ver Figura 4.18*). Debido a la fuerza centrífuga los martillos se extienden radialmente del eje central; a medida que los desechos sólidos entran al molino, son golpeados con suficiente fuerza para aplastarlos o despedazarlos y con una velocidad tal que no se adhieren a los martillos. Los desechos se reducen todavía más mediante golpes contra las placas de romper y/o barras de cortar fijadas alrededor de la periferia de la cámara interior.

La acción de cortar y golpear continúa hasta que el material tiene el tamaño exigido y cae por el fondo del molino.

En molinos de martillo de alta velocidad es de rutina la reconstrucción frecuente y reemplazo de los martillos y placas de ruptura, debido a la naturaleza resistente y abrasiva de muchos materiales encontrados en los desechos sólidos.



**Figura 4.17** Vista exterior de un molino tipo martillo en la reducción de desechos sólidos



**Figura 4.18** Vista interior de un molino tipo martillo en la reducción de desechos sólidos

#### **Selección de equipo para reducción de tamaño.**

Los factores que se deben considerar en la selección de equipo para la reducción de tamaño incluyen:

1. Propiedades del material a ser desmenuzado y las características del material después de ser cortado.
2. Método de alimentación del fragmentador o desmenuzador, provisión de una capacidad adecuada de la tolva para evitar interrupciones y requisitos de espacio entre la alimentación.
3. Tipo de operación (continua o intermitente).
4. Características operacionales incluyendo: necesidades de energía, requisitos de mantenimiento (preventivo, predictivo, correctivo), simplicidad de la operación, funcionamiento y confiabilidad comprobados, producción de ruido y requisitos de control de la polución de aire y agua.
5. Consideraciones del sitio incluyendo espacio físico, acceso, ruido y limitaciones ambientales.
6. Almacenamiento del material después de la reducción de tamaño y en función de la siguiente operación funcional.

#### 4.1.1.3.1 Lavado y secado

Existen varias tecnologías para limpiar los plásticos, la más sencilla es el lavado manual. En las plantas de reciclaje con mayor capacidad se puede considerar el lavado mecanizado. Para este existen diferentes tecnologías, la más usada es el lavado de trozos grandes en una lavadora de plástico.

El lavado del vidrio se puede realizar durante o después del proceso de trituración. El material limpio se puede separar del agua mediante un tamiz, además se recomienda un tanque de sedimentación para la fracción fina, con el fin de proteger las bombas de agua. Se puede recircular una parte del agua para minimizar su consumo. Generalmente no se necesita añadir detergente para limpiar el vidrio.

Las ventajas y desventajas de los métodos de lavado son comparadas en el *Cuadro 4.6*.

**Cuadro 4.6 Comparación de los diferentes métodos de lavado de plásticos**

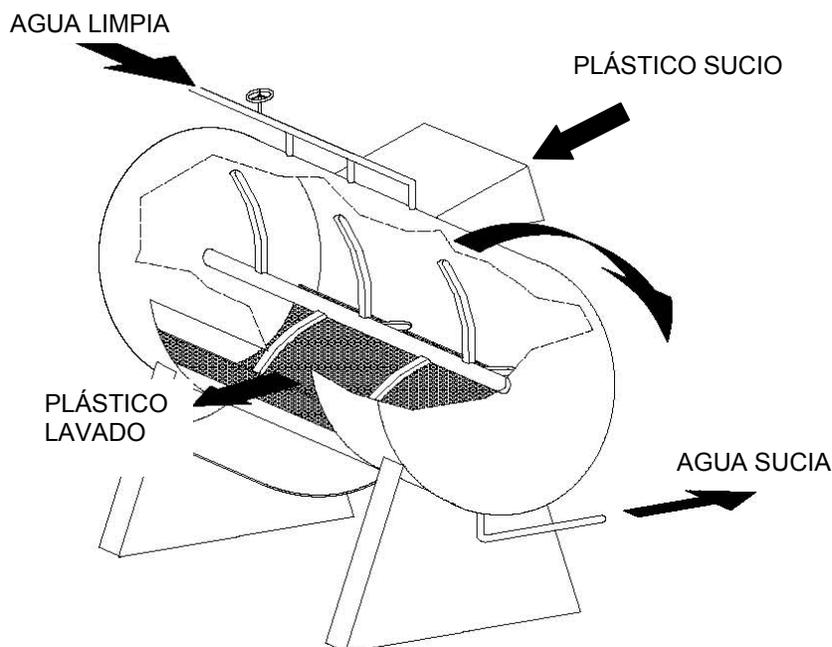
Criterio		Lavado manual	Lavado de trozos grandes con lavadora	Trituración y lavado mecanizado de trozos pequeños
Tecnología	Preparación del material	Preparación manual del material (abrir los lados de fundas, cortar botellas verticalmente)	Trituración manual preliminar (abrir los lados de fundas, cortar botellas verticalmente) con guillotina o machete	Trituración mecánica en trozos pequeños (con cuchillos giratorios u otra tecnología equivalente)
	Lavado	Lavado manual en piscinas o tanques.	Lavado mecánico en una lavadora tipo tambor giratorio	Lavado mecánico en un tanque con corriente de agua
	Secado	Secado al aire (colgando el material sobre hilos)	Secado mecánico con fuerza centrífuga o/y secado al aire	Secado mecánico con aire caliente
Costo de inversión		Bajo (inversión para la construcción de la piscina o la compra del tanque)	Mediano (construcción de la lavadora, galpón o techo para el secado al aire)	Alto (construcción de la trituradora, del sistema de lavado y de la secadora)
Costo operativo		-Mano de obra (alto) -Agua (bajo)	-Mano de obra (alto) -Agua (bajo) -Electricidad (mediano)	-Mano de obra (bajo) -Agua (bajo) -Electricidad (alto)
Rendimiento		Bajo 10 – 25 kg/(persona*hora)	Bueno y en un rango: 80 – 160 kg/h	Alto y menor a 1 t/h en una línea de producción

**Cuadro 4.6 Comparación de los diferentes métodos de lavado de plásticos (Continuación)**

Calidad del producto	Limpieza depende del compromiso de los obreros. El secado al aire permite obtener un producto sin humedad.	Se obtiene una buena limpieza del producto. Grasa y aceite se deben sacar con detergente. El secado mecánico con centrífuga no da resultados óptimos.	Se obtiene una buena limpieza del producto. Grasa y aceite se deben sacar con detergente. El secado con un corriente de aire caliente permite eliminar la humedad en poco tiempo.
Aptitud para el transporte	Material es fácil a compactar, debido a sus grandes dimensiones	Material es fácil a compactar, debido a sus grandes dimensiones	Material pequeño es difícil a compactar, se recomienda aplicar este proceso si el procesamiento ulterior del material se realiza en el mismo sitio.
¿Cuándo elegir qué tecnología?	-Planta de reciclaje pequeña -Mano de obra barata -Materiales plásticos de gran tamaño -Clima caliente -Cantidad baja de plástico procesado (< 250 kg/d)	-Planta de reciclaje mediana o grande -Mano de obra barata. -No se puede procesar el plástico en el mismo sitio. -Cantidad baja o mediana de plástico procesado (< 1 t/d)	-Planta de reciclaje mediana o grande -Mano de obra cara. -Se procesa el plástico en el mismo sitio. -Fondos suficientes para la inversión. -Alta cantidad de plástico procesado.

Fuente: EVA ROBEN, Manual de Reciclaje

La *Figura 4.19* muestra una lavadora de plástico como se está utilizando en algunas plantas de reciclaje de municipalidades en Ecuador. Para poder lavar los plásticos hay que abrir las fundas en los lados y cortar botellas longitudinalmente en dos partes. Si se realiza este trabajo manualmente con una guillotina, se baja considerablemente el rendimiento del proceso.



**Figura 4.19 Lavadora de plásticos**

### **Selección de equipo para equipo de lavado y secado.**

Los factores que deben ser considerados en la selección del equipo de lavado y secado incluyen:

1. Características del material introducido en el equipo como: tamaño, forma y densidad de partículas.
2. Especificaciones de la operación, ya sea continua o intermitente.
3. Características operacionales incluyendo: necesidades de energía, requisitos de mantenimiento (preventivo, predictivo, correctivo), simplicidad de la operación, funcionamiento y confiabilidad comprobados, producción de ruido y requisitos de control de la contaminación de aire y agua.
4. Consideraciones del sitio incluyendo espacio físico, acceso, ruido y limitaciones ambientales.

#### 4.1.1.3.2 Corte

##### **A. CORTADORA DE CUELLOS DE BOTELLAS**

Es una cizalla para extraer los cuellos de botellas que tienen tubos vertedores de plástico, pues es importante que previo al proceso de trituración de vidrio y plástico para que en el proceso no ingresen otro tipo de materiales que pueden generar impurezas.



**Figura 4.20 Eliminación del cuello de botella**

##### **B. SIERRA DE CINTA**

Consiste en una hoja de metal dentada, larga, estrecha y flexible que es cortada y soldada de acuerdo al diámetro de los volantes de la máquina; produciendo el corte por deslizamiento continuo sobre la pieza.

La sierra se desplaza sobre dos ruedas que se encuentran en el mismo plano vertical con un espacio entre ellas. Este sistema mecánico permite cortar materiales como botellas plásticas y otros materiales de poca dureza.

#### **4.1.1.4 Área de compactación**

En esta área se colocarán equipos con el propósito de reducir el volumen de algunos desechos clasificados. Los equipos de compactación utilizados en este tipo de operaciones se pueden clasificar como estacionarios y movibles. Donde los desechos son transportados e introducidos en el compactador manual o mecánico, el compactador es estacionario. En el *Cuadro 4.7* se

reportan los tipos y aplicaciones de equipo de compactación usado rutinariamente.

**Cuadro 4.7 Equipo de compactación usado para reducción de volumen**

<b>Localización u operación</b>	<b>Tipo de compactador</b>	<b>Observaciones</b>
Recolección	Estacionario/empacador	Vehículos de recolección equipados con mecanismo de compactación.
Transferencia y/o estación de procesado	Estacionario/tráiler de transferencia estacionario	Tráiler de transporte, generalmente cerrado, equipado con equipo de compactación interno.
Sitio de disposición	Baja presión	Los desechos son compactados en pacas.
	Alta presión	Los desechos son compactados en grandes recipientes.
	Rueda móvil o equipo de tracción	Equipo especialmente diseñado para obtener máxima compactación de los desechos.
	Estacionario/tracción montada	Los compactadores estacionarios móviles de alta presión se usan para reducción de volumen en sitios de disposición.

Fuente: EVA ROBEN, Manual de Reciclaje

Típicamente, los compactadores estacionarios se pueden describir de acuerdo con su aplicación como:

1. Trabajos ligeros, como los usados en áreas residenciales o de industrias livianas.
2. Comercial o industria liviana.
3. Industrial pesada.
4. Estación de transferencia.

Los compactadores se pueden dividir de acuerdo a la presión de compactación en: baja presión, menos de 100 lb/pg<sup>2</sup> (70,310 Kg/m<sup>2</sup>); presión alta, más de 100 lb/pg<sup>2</sup>.

**Compactación de Baja Presión.** Incluyen aquellos usados en apartamentos, establecimientos comerciales y estaciones de transferencia. Los compactadores estacionarios portátiles son usados en industrias para operaciones de recuperación de materiales, especialmente para botellas de plástico y cartón.

**Compactación de Alta Presión.** Recientemente se han desarrollado un número de sistemas de compactación de alta presión (hasta  $3,6 \times 10^6$  Pa). En la mayoría de estos sistemas se usa equipo especializado de compactación para producir desechos sólidos comprimidos en bloques o pacas de varios tamaños. La reducción de volumen obtenida con estos sistemas de compactación de alta presión varía con las características de los desechos.

### **Selección del equipo de compactación**

Los factores que se deben considerar en la selección del equipo de compactación incluyen:

1. Características de los desechos a ser compactados, incluyendo tamaño, contenido de humedad y densidad.
2. Método de transferencia y alimentación de los desechos al compactador.
3. Métodos de manejo y usos de los materiales compactados.
4. Características operacionales incluyendo: necesidades de energía, requisitos de mantenimiento (preventivo, predictivo, correctivo), simplicidad de la operación, funcionamiento y confiabilidad comprobados, producción de ruido y requisitos de control de la polución de aire y agua.
5. Consideraciones del sitio incluyendo espacio físico, acceso, ruido y limitaciones ambientales.

### Porcentaje de reducción de volumen

Cuando se comprimen los desechos se reduce su volumen. La siguiente expresión da la reducción de volumen en porcentaje:

$$\text{reducción de volumen (\%)} = \left( \frac{V_i - V_f}{V_i} \right) 100 \quad \text{Ecuación 4.1}$$

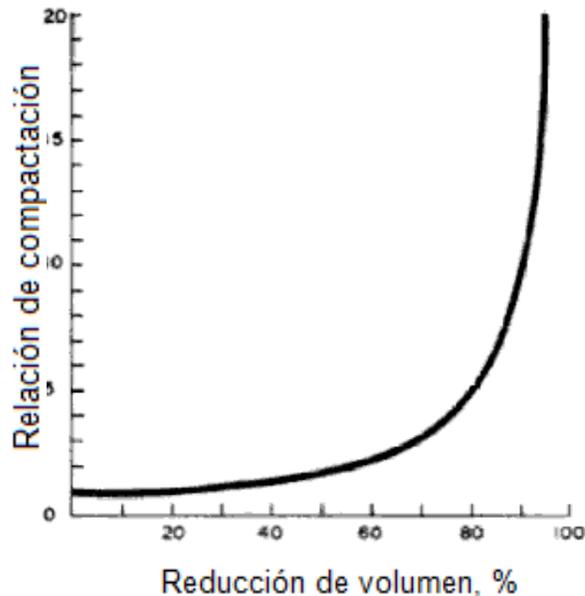
Donde:

$V_i$  = volumen inicial de los desechos antes de la compactación.

$V_f$  = volumen final de los desechos después de la compactación.

$$\text{La relación compactación} = \frac{V_i}{V_f} \quad \text{Ecuación 4.2}$$

La analogía entre la relación de compactación y el porcentaje de reducción de volumen se muestra gráficamente en la *Figura 4.21*. Debido a la naturaleza de la relación, se puede ver que para alcanzar más del 80% de reducción se necesita un aumento desproporcionado de la relación de compactación. Por ejemplo, para alcanzar un aumento del 80 al 90 por ciento es necesario un aumento de la relación de compactación de 5 a 10. Esta relación es importante en el análisis entre la relación de compactación y el costo total.



**Figura 4.21** Relación de compactación vs. reducción de volumen.

Para una planta de reciclaje donde se tratan diariamente 500 kg o más de material reciclable, siempre es recomendable adquirir una prensa hidráulica. Las prensas hidráulicas tienen un mayor grado de compactación, además economizan mucho tiempo y mano de obra.

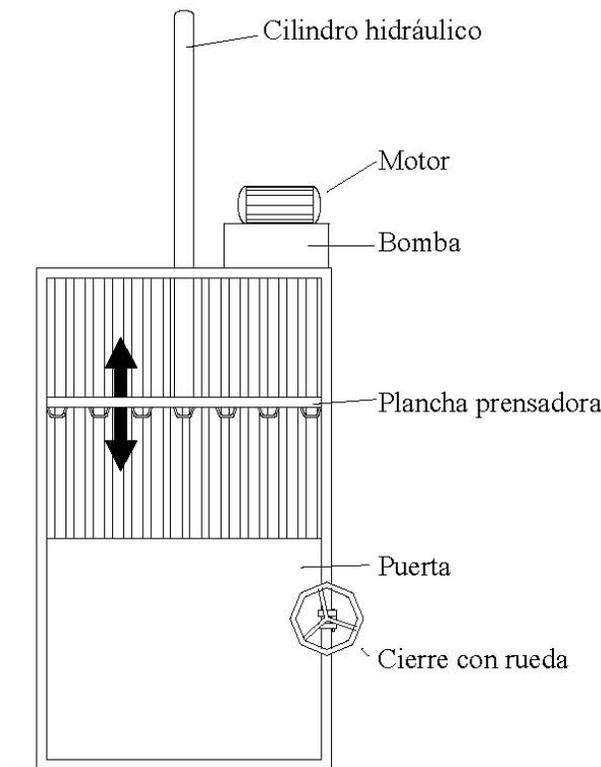
El *Cuadro 4.8* muestra los parámetros más importantes para el diseño de una prensa hidráulica:

**Cuadro 4.8 Parámetros importantes para el diseño de una prensa hidráulica**

Parámetro		Prensa pequeña (4 – 9 kW)		Prensa grande (10 – 15 kW)	
		Margen inferior	Margen superior	Margen inferior	Margen superior
Medidas de la paca	Alto (m)	0.9	1.2	1.1	1.2
	Ancho (m)	1.2	1.5	1.2	1.8
	Profundidad (m)	0.75	0.9	0.75	1.2
Capacidad de la bomba hidráulica (l/min)		20	45	65	80
Presión hidráulica (bar)		110	140	110	140
Fuerza total (kg)		16000	24000	27000	35000
Altura total (m)		2.4	3.6	3.7	4.5
Duración de una prensada (s)		25	47	45	55
Número de prensadas necesarias para confeccionar una paca		12	15	7	12

Fuente: EVA ROBEN, Manual de Reciclaje

En Ecuador existen los conocimientos y experiencias para la fabricación de prensas hidráulicas. Es verdad que existe mucha variación entre los diferentes productores concerniente a la calidad y fiabilidad de estas máquinas. Por eso, es importante definir muy bien los requerimientos técnicos.



**Figura 4.22 Prensa hidráulica estándar**

#### 4.1.1.4.1 Pesaje

Esta área tiene la finalidad de establecer registros de la cantidad y tipo de material que se compacta; por ello, es importante colocar una balanza industrial que indique el peso de las pacas.

En el mercado existen balanzas de alta capacidad para realizar grandes pesajes, que están diseñadas para satisfacer las necesidades de la carga que hay en la planta. Además se requiere que este equipo tenga un indicador digital para obtener un pesaje correcto.

Por otra parte se debe considerar que su mantenimiento no sea muy costoso y que sus piezas no se desgasten fácilmente, pues involucra mayores gastos.

#### 4.1.1.4.2 Almacenamiento

Dentro de la planta de reciclaje es primordial establecer un lugar exclusivo para el almacenaje de material clasificado y otro para las pacas del material compactado.

En el sitio de material clasificado, se debe dedicar un espacio para cada tipo de desecho y se los puede acumular temporalmente en saquillos hasta que se realice la compactación. Al ser almacenados de una manera óptima se mantiene el orden y la higiene dentro de planta, asimismo es importante que los caminos y áreas internas de la planta no se obstaculicen debido a materiales amontonados.

Para las pacas es necesario establecer una zona de almacenamiento hasta que haya una cantidad suficiente para justificar el transporte. En plantas grandes de reciclaje se pueden hacer cargas diferentes con cada material, alquilando un tráiler o realizando el transporte con vehículos propios.

El material que se recicla en mayor cantidad es generalmente el cartón y papel, estos bultos se deben almacenar en un área protegida de las influencias atmosféricas, pues estos son proclives a atraer ratas y se pueden dañar fácilmente si son expuestos a la humedad. Es óptima una frecuencia bimensual o mensual para mandar estos materiales.

Para poder mover los bultos se puede adquirir un coche manual sencillo, debido a que el peso de los bultos está entre 250 y 700 kg dependiendo del material y del tipo de prensa utilizada. También se puede realizar estos trabajos con una minicargadora o un puente grúa.

### 4.1.2 EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LA MAQUINARIA EXISTENTE

#### A. TRITURADOR DE PLÁSTICO

Los equipos más comunes para la trituración del plástico tienen su principio en los molinos de martillo. Con esto se puede lograr tamaños en el margen indicado. Es posible ajustar el tamaño final manipulando dos parámetros: la velocidad de rotación del molino y el tiempo de retención del plástico en el molino. Si se aumenta la velocidad o el tiempo de retención, baja el tamaño

del plástico triturado. Hay que considerar que paralelamente se observa un considerable aumento de consumo de energía.

### ***CARACTERÍSTICAS***

- Marca: INDUMEI
- Modelo: TV – ½
- Tipo: molino de martillo.
- Capacidad: ½ tonelada por hora.
- Dimensiones:
  - ✓ Largo: 1,50 m.
  - ✓ Ancho: 1,20 m.
  - ✓ Altura: 2,40 m.
- Motor: 30 HP Trifásico.
- Velocidad: Gira 2500 RPM.

### ***EVALUACIÓN***

Esta máquina se encuentra en perfectas condiciones, pues fue adquirida en mayo del 2009 y aún no entra en funcionamiento.



**Figura 4.23 Triturador de plástico**

## **B. PRENSA HIDRÁULICA**

### ***CARACTERÍSTICAS***

- Marca: DISETEC
- Capacidad: 3,5 ton.
- Dimensiones:
  - ✓ Largo: 1,70 m.
  - ✓ Ancho: 1,00 m.
  - ✓ Altura: 3,70 m.

### ***EVALUACIÓN***

Esta máquina se encuentra en buenas condiciones, sin embargo tiene 3 años de funcionamiento. Es importante mencionar que antes de instalar este equipo en la planta se debe hacer una revisión técnica y un buen mantenimiento para evitar daños posteriores.



**Figura 4.24 Prensa hidráulica**

## **C. MONTACARGA**

### **CARACTERÍSTICAS**

- Marca: JAC
- Modelo: TS241084-2008
- Capacidad: 3 ton.
- Dimensiones:
  - ✓ Largo: 3,80 m.
  - ✓ Ancho: 1,25 m.
  - ✓ Altura: 2,00 m.

### **EVALUACIÓN**

Esta máquina se encuentra en perfectas condiciones, pues fue adquirida en junio del 2009 y aún no entra en funcionamiento.



**Figura 4.25 Montacargas**

## **4.2 ELECCIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO PARA ADQUISICIÓN**

Se debe tomar en cuenta algunos factores para la selección de la maquinaria a instalar en la planta (*ver Anexo K*).

#### **4.2.1 ÁREA DE CAPTACIÓN DE MATERIA PRIMA**

##### **A. TOLVA DE CONEXIÓN**

El suministro de desechos para la criba tambor será desde el área de pre-clasificación mediante un canal con pendiente, el cual aprovecha la topografía del lugar y el peso mismo de los materiales. Este método economiza costos de inversión y de operación.

##### ***CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO SELECCIONADO:***

- La conexión debe ser por un conducto inclinado entre 35°- 60°. El material preferible para ese vertedor será el hierro galvanizado.
- Un requerimiento adicional es el recubrimiento de pintura para que resista la corrosión, es necesario que tengan lados verticales altos que permitan el fácil traslado de los desechos sin que exista una disgregación de los mismos.

##### ***ESPECIFICACIONES TÉCNICAS***

1. Dimensiones:
  - ✓ Largo: 6,00 m
  - ✓ Ancho: 0,80 m
2. Recubrimiento: pintura.

#### **4.2.2 ÁREA DE SEPARACIÓN**

En esta área es necesario subdividirla en dos procesos para elegir la mejor opción en cuanto a maquinaria:

Separación primaria

En este caso se eligió la separación por tamizado en una criba, debido a que no se necesita maquinaria para un previo procesado de basura. Además si se elige una separación por aire los desechos se separarían por peso y no por sus dimensiones, otro factor que se debe considerar es que se necesita un estudio previo de velocidades fluidizadoras.

Por otra parte, el tamizado necesita tan solo que las fundas de basura sean abiertas y la gravedad contribuye al proceso de separación. Sin embargo, se

elige un tambor giratorio y no una malla vibradora, debido que al existir una máquina que genere vibraciones se debería realizar un estudio más amplio en la estructura de la nave industrial lo que conlleva a mayores gastos. Además el personal requeriría equipo de protección personal adecuado frente a ruidos molestos en el ambiente laboral.

El sistema de mallas vibradoras requiere una planificación de un mantenimiento preventivo y predictivo debido a las fallas que traen las vibraciones a medio plazo, ocasionando tiempo muerto para la planta.

Las consecuencias de las vibraciones mecánicas detectadas en un elemento pueden ser: aumento de esfuerzos y tensiones, pérdidas de energía, desgaste y daños por fatiga de materiales, etc.

#### **A. CRIBA TROMMEL**

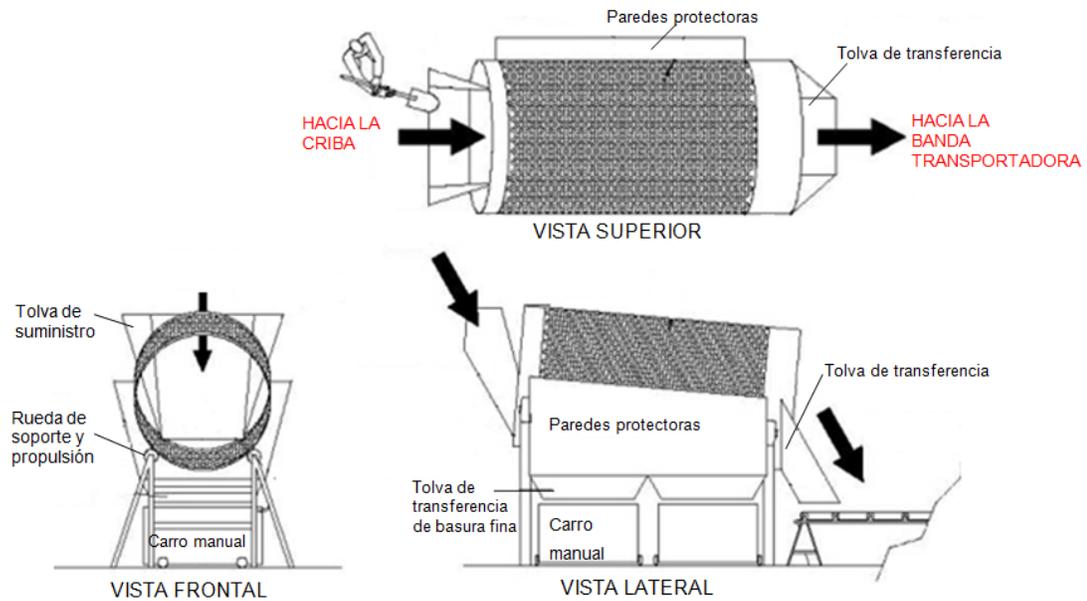
Este componente nos permitirá clasificar mecánicamente el material reciclable que ingresará a la separación secundaria. Con la rotación de la criba tambor, se homogeneiza el material; los desechos pequeños caen afuera por las aperturas de la criba, y los desechos gruesos se quedan dentro de esta. Caen residuos que son generalmente no recuperables (tapas de botellas, papel higiénico usado, etc.).

#### ***CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO SELECCIONADO:***

- El interior y las aperturas de la criba tienen que ser resistentes contra la agresión de los desechos por ser materiales sumamente abrasivos y corrosivos; además se recomienda hacer paredes elevadas de unos 15 cm a cada lado para retener los desechos sobre esta.
- Se debe colocar paletas o pantallas metálicas dentro de la criba. Estas tienen dos funciones importantes: levantan los desechos para dejarles caer de una cierta altura, y con eso contribuyen a la homogeneización. Además abren huecos en las fundas de plástico, lo que permite que su contenido caiga afuera por las aperturas de la criba.
- La criba tambor deberá tener la propulsión de un motor eléctrico que haga girar mediante ruedas dentadas o de fricción fuera de la criba. Si

se utiliza una propulsión con eje interior, se impide el movimiento de la basura. También la carga y descarga del material serían más difíciles. Es importante que las ruedas se ubiquen con un ángulo de  $45^\circ$  (medido desde el centro de la rueda hacia el centro de la criba) para asegurar una óptima transferencia de la fuerza del motor y estabilidad estática de la criba. Es importante que sean bien protegidos los rodamientos a bolas contra la penetración de polvo y trozos pequeños de basura.

- Se deberá construir una pared inclinada a cada lado de la criba y debe tener una inclinación de  $60^\circ$  o más, para que puedan caer los materiales por gravedad natural. La pared inclinada hace resbalar los materiales abajo, en una tolva, un carrito manual u otro dispositivo destinado a recoger los desechos no reciclables. Esta debe ser resistente al impacto mecánico que hacen los trozos precipitados afuera de la criba y también al impacto químico que es típico para ese tipo de material.
- Debe estar conformado por mecanismos simples, pues así su mantenimiento se será más sencillo y luego de amplios períodos de funcionamiento.
- El área donde existe contacto entre las ruedas de accionamiento y la criba debe ser recubierta por una plancha en la circunferencia del tambor para evitar el desgaste de este elemento.



**Figura 4.26 Criba Trommel**

**COMPARACIÓN DE PORCENTAJE DE RESIDUO FINO EN EL TAMIZADO.**

La eficiencia de un tamiz se puede evaluar en términos del porcentaje de material fino desechado que no pasa a la separación secundaria, por el método del cuarteo como se mencionó en el Capítulo 3

**Tabla 4.1 Comparación de tamizado**

Material fino	Diámetro de orificios (mm)	Porcentaje de material que cae (%)
Tamizado UNO	40	10,89
Tamizado DOS	60	13,48
Tamizado TRES	80	27,93

Elaboración: Fernanda Maldonado, Andrés Garzón

Como se puede observar en la *Tabla 4.1* se elige un tamizado con orificios de 60 mm, pues esta opción elimina todos los materiales no deseados por su pequeño tamaño. Además si se elige un orificio de 80mm la mayoría de botellas traspasaría las perforaciones y afectaría nuestro propósito de reciclarlas.

## **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- Capacidad del tambor rotario: 2 - 4 ton/hora.
- Velocidad de rotación: 20 rotaciones por minuto.
- Agujeros de la criba:
  - ✓ Diámetro: 2,5”.
  - ✓ Disposición: alternados en toda la criba.
- Inclinación del tambor giratorio: 10°.
- Largo del tambor giratorio: 3,60m.
- Diámetro del tambor giratorio: 1,80 m.
- Recubrimiento: pintura.
- Requerimientos de las paletas:
  - ✓ Dimensiones: 1,2m x 0,14m.
  - ✓ Número: 8 paletas alternadas atrás y adelante, distribuidas al contorno interno de la criba.
- Fuente de alimentación para el motor: 110 – 220 V.
- Motor a prueba de polvo y agua.
- Un tablero de control que tenga :
  - ✓ Protección térmica para motor.
  - ✓ Contactores.
  - ✓ Pulsantes de marcha y paro con luz piloto.
  - ✓ Pulsante tipo hongo para paro de emergencia.

### **4.2.2.1 Separación secundaria**

Para este proceso se eligió la separación manual por medio de una banda transportadora, pues así se puede apartar la mayor cantidad de materiales reciclables y se generaría fuentes de trabajo.

Además en este tipo de mecanismo se logra manejar y clasificar todo tipo de desechos sólidos a diferencia de las otras alternativas presentadas.

### **A. BANDA TRANSPORTADORA**

Este equipo transporta el material que sale de la criba tambor para clasificarse manualmente, es aquí donde se determina lo que se reciclará y lo que se enviará al relleno sanitario.

## **CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO SELECCIONADO**

- La banda debe ser de un material resistente, pues los residuos contiene sustancias abrasivas y químicamente agresivas.
- La velocidad de la banda podrá variar entre 0.3 - 2 m/s. Es preferible una banda con ajuste manual de la velocidad, según las necesidades del trabajo.
- Se necesita que la banda sea de un ancho de 1 m. Esto es ideal para que puedan trabajar los obreros a los dos lados de la banda y escoger los desechos sobre todo el ancho de esta, además debe tener una protección para que las manos de los trabajadores no estén en peligro con la banda y sus soportes.
- Al largo de la banda se deben añadir 2 m; uno a cada lado para la carga y descarga del material.
- La aplicación más práctica es poner puestos de trabajo a cada lado de la banda. El ancho más cómodo por puesto de trabajo es entre 0.9 m y 1.2 m. Estas dimensiones permiten movimiento libre a los trabajadores sin ocupar demasiado espacio.

## **CÁLCULO DEL LARGO DE LA BANDA TRANSPORTADORA<sup>10</sup>**

Es necesario que la banda sea dividida en dos partes, la primera en forma horizontal en la cual se clasificará manualmente los materiales y la segunda será inclinada para que los residuos puedan alcanzar un altura adecuada y así caer fácilmente a los recipientes que van al relleno sanitario.

Se necesitarán aproximadamente 18 puestos de trabajo y cada empleado tendrá doble o triple tarea para minimizar el número de puestos necesarios.

a) Largo de la banda horizontal:

$$L = N * \frac{A}{2} + 2$$

**Ecuación 4.3**

---

<sup>10</sup>Manual de Reciclaje, Banda Transportadora, EVA ROBEN, 2003

Donde:

N= número de puestos de trabajo.

A= ancho del puesto de trabajo (m).

$$L = 18 * \frac{1,20}{2} + 2$$
$$L = 12,80m$$

b) Largo de la banda inclinada con respecto a la horizontal:

Inclinación: 20°

Largo de la banda inclinada: 3m

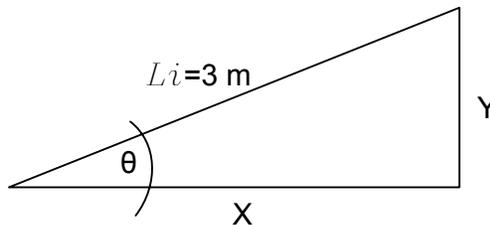


Figura 4.27 Esquema para cálculo de largo de la banda

Largo con respecto a la horizontal:

$$\cos \theta = \frac{X}{Li}$$

Ecuación 4.4

$$\cos 20^\circ = \frac{X}{3m}$$
$$X = 2,82m$$

Alto:

$$\sin \theta = \frac{Y}{Li}$$

Ecuación 4.5

$$\sin 20^\circ = \frac{Y}{3m}$$
$$Y = 1,03m$$

$$\text{LARGO TOTAL DE LA BANDA TRANSPORTADORA} = L + X$$

$$\text{LARGO TOTAL DE LA BANDA TRANSPORTADORA} = 12,80 + 2,82$$

$$\text{LARGO TOTAL DE LA BANDA TRANSPORTADORA} = 15,62 \approx 16m$$

Es necesario mencionar que se dejará un espacio apropiado al final de la banda en caso de una posible ampliación, pensando en el crecimiento poblacional y la posibilidad de poder reciclar otras fracciones en el futuro.

### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- Capacidad de la banda transportadora: 2 - 4 ton/hora.
- Dimensiones de estructuras para :
  - a) Banda horizontal:
    - ✓ Largo: 12,80m.
    - ✓ Ancho: 1,00m.
    - ✓ Alto desde el piso: 0,9m.
  - b) Banda inclinada:
    - ✓ Largo: 3,00 m.
    - ✓ Ancho: 1,00 m.
    - ✓ Inclinación: 20°
- Bandas:
  - ✓ Ancho: 0,80m
  - ✓ Unión: Grapas.
- Fuente de alimentación para el motor: 110 – 220 V.
- Motor a prueba de polvo y agua.
- Un tablero de control individual para el transportador horizontal e inclinado y deberá tener:
  - ✓ Protección térmica para el motor.
  - ✓ Contactores.
  - ✓ Pulsantes de marcha y paro con luces piloto.
  - ✓ Pulsantes tipo hongo para paro de emergencia (un pulsante en el tablero y otro en un sitio estratégico de la máquina para evitar accidentes).

#### **4.2.2.2 Recipientes de material recuperable**

Aquí se determinó que la mejor opción es el uso de coches manuales, pues las chimeneas sirven para plantas de dos pisos y en nuestro caso la capacidad y diseño es de un piso.

#### **A. COCHES PARA ALMACENAMIENTO TEMPORAL**

Su función es almacenar temporalmente el material clasificado en la banda transportadora horizontal.

Se adquirirán aproximadamente 27 coches pues con esto se abastece al flujo volumétrico de cada tipo de material clasificado (*ver Anexo L*).

#### ***CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO SELECCIONADO***

- Los coches deben tener una puerta lateral que permite la descarga de los desechos en el sitio destinado previo a la compactación.
- Es necesario que posean un recubrimiento de pintura para incrementar la vida útil de los coches en caso de corrosión.
- El piso de los coches debe poseer pequeños orificios que permitan la evacuación de líquidos y así aumentar su vida útil.

#### ***ESPECIFICACIONES TÉCNICAS***

- Capacidad: las cuatro ruedas deben soportar en conjunto hasta 600 Kg.
- Dimensiones:
  - ✓ Largo: 1,00 m.
  - ✓ Ancho: 0,70 m.
  - ✓ Alto: 0,75 m.
- Puerta lateral para vaciado de material.
- Número de coches: 27
- Recubrimiento: pintura.

### **4.2.2.3 Recipientes de material no recuperable**

#### **A. COCHES PARA DESPERDICIOS**

Serán destinados a recolectar el material que no se reciclará (desperdicio), el cual sale de la criba tambor y al final de la banda transportadora.

Se adquirirán aproximadamente 2 coches pues con esto se abastece al flujo volumétrico de 1,27 (m<sup>3</sup>/ h) para desechos no recuperables en la separación primaria y 1 coche en la secundaria para un flujo de de 0,58 (m<sup>3</sup>/ h) (*ver Anexo L*).

#### **CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO SELECCIONADO**

- Los coches deben tener un mecanismo de elevación posterior para facilitar la descarga de los desechos.
- Es necesario que posean un recubrimiento de pintura para incrementar la vida útil de los coches.
- El piso de los coches debe poseer pequeños orificios que permitan la evacuación de líquidos y así aumentar su vida útil.

#### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- Capacidad: las cuatro ruedas deben soportar en conjunto hasta 600 Kg.
- Dimensiones:
  - ✓ Largo: 1,30 m.
  - ✓ Ancho: 1,00 m.
  - ✓ Alto: 0,60 m.
- Número de coches: 6
- Recubrimiento: pintura.
- Puerta frontal con bisagras horizontales en la parte superior.
- Mecanismo de elevación posterior:
  - ✓ Elevador hidráulico de ½ ton.

### **4.2.3 ÁREA DE TRITURACIÓN**

#### **A. PICADOR/ LAVADOR DE VIDRIO**

Con este equipo se pica el material de manera de tener uno de menor tamaño si el potencial cliente así lo requiere, este picado depende de la calibración de las cuchillas y contra cuchillas.

#### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- Capacidad: 100 kg / hora.
- Sistema de picado: cuchillas giratorias.
- Fuente de alimentación para el motor: 110-220V.
- Motor a prueba de polvo y agua.
- Deberá tener un mecanismo que permita el lavado del vidrio triturado a medida que sale.
- Un tablero de control individual para el transportador horizontal e inclinado y deberá tener:
  - ✓ Protección térmica para el motor
  - ✓ Contactores
  - ✓ Pulsantes de marcha y paro con luces piloto
  - ✓ Pulsantes tipo hongo para paro de emergencia (un pulsante en el tablero y otro en un sitio estratégico de la máquina para evitar accidentes).

#### **B. LAVADORA DE PLÁSTICO**

Lava el plástico que ha sido clasificado manualmente. El tamaño de pedazos de plástico a lavar es de máximo 30 x 30 cm.

#### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

- Capacidad: máximo 25 Kg. / carga
- Recubrimiento: pintura.
- Fuente de alimentación para el motor: 110-220V.
- Tablero eléctrico de control con protección térmica, pulsante marcha y paro con luz piloto.

### **C. SIERRA CINTA**

Cortar materiales como botellas plásticas y otros materiales de poca dureza

#### ***ESPECIFICACIONES TÉCNICAS***

- Capacidad: dependerá de la dureza y características del material a cortar.
- Fuente de alimentación para el motor: 110-220V.
- Motor a prueba de polvo y agua.
- Distancia de sierra a columna: 0,44 m

### **D. CORTADORA DE CUELLOS DE BOTELLAS**

Permite extraer los cuellos de botellas que tienen anillos de metal o tubos vertedores de plástico.

#### ***ESPECIFICACIONES TÉCNICAS***

- Recubrimiento: pintura

### **4.2.4 ÁREA DE COMPACTACIÓN**

#### **A. BALANZA INDUSTRIAL**

Esta es una balanza que ayudará a llevar un registro y control en cuanto al almacenamiento del material compactado, además debe ser muy resistente, de fácil operación y especial para trabajo pesado.

#### ***ESPECIFICACIONES TÉCNICAS***

- Capacidad: máximo 2 ton.
- Sensibilidad: 500 g.
- Fuente de alimentación eléctrica: 110-220V.
- Indicador de peso con:
  - ✓ Calibración en kilos y libras.
  - ✓ Operación con baterías.

## **B. PRENSA HIDRAULICA**

Compacta el material en pacas que se amarrarán con alambre. La descarga es manual pero tiene la ayuda de la prensa al amarrarse cables de acero al momento de la elevación del pistón.

### ***ESPECIFICACIONES TÉCNICAS***

- Capacidad: debe elaborar pacas de hasta 400 Kg para poderlas manipular con relativa facilidad.
- Dimensiones:
  - ✓ Largo: 1,00 m
  - ✓ Ancho: 0,60 m
  - ✓ Alto: 2,00 m
- Fuente de alimentación para el motor: 110-220V.
- Adicionales:
  - ✓ Válvula de alivio.
  - ✓ Válvula direccional.
  - ✓ Presostato.
  - Manómetro, aisladora de manómetro.
- Pistón hidráulico:
  - ✓ Capacidad: 2 ton.
  - ✓ Avance: 2 cm/ seg.

## **C. PUENTES GRUA MANUALES**

Permiten transportar las pacas para almacenarse de manera ordenada.

### ***ESPECIFICACIONES TÉCNICAS***

- Capacidad: 1 ton.
- Sistema de elevación y traslación: por cadena de capacidad 1 ton.



# **CAPÍTULO 5**

## **INGENIERÍA DE DETALLE DEL PROYECTO**

### **5.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA PLANTA**

Para integrar el diseño de la planta de reciclaje, dentro de la planificación para los proyectos globales de gestión de residuos sólidos urbanos, se debe tomar en cuenta factores que influyen de manera directa en la selección de las posibilidades constructivas y de detalle en el proyecto como:

- Topografía del terreno.
- Referencias posicionales de otras instalaciones dentro del relleno sanitario (compostaje, oficinas, guardianía, etc.).
- Tipo de planta de reciclaje (manual o semi mecanizada.).
- Tipo de equipamiento.
- Tipo de infraestructura.
- Cantidad de desechos tratados diariamente.

De tal manera, que puedan ser adecuados en zonas apropiadas del relleno sanitario o terrenos disponibles de la municipalidad.

Las áreas más importantes son:

- Clasificación.
- Tratamiento y procesamiento.
- Almacenamiento.

Es preferible diseñar la planta de reciclaje aprovechando la disposición natural del terreno, lo que significa un flujo del material de arriba hacia abajo; eliminando costos de inversión, mantenimiento y operativos como energía para bandas transportadoras u otro equipamiento de elevación para los desechos.

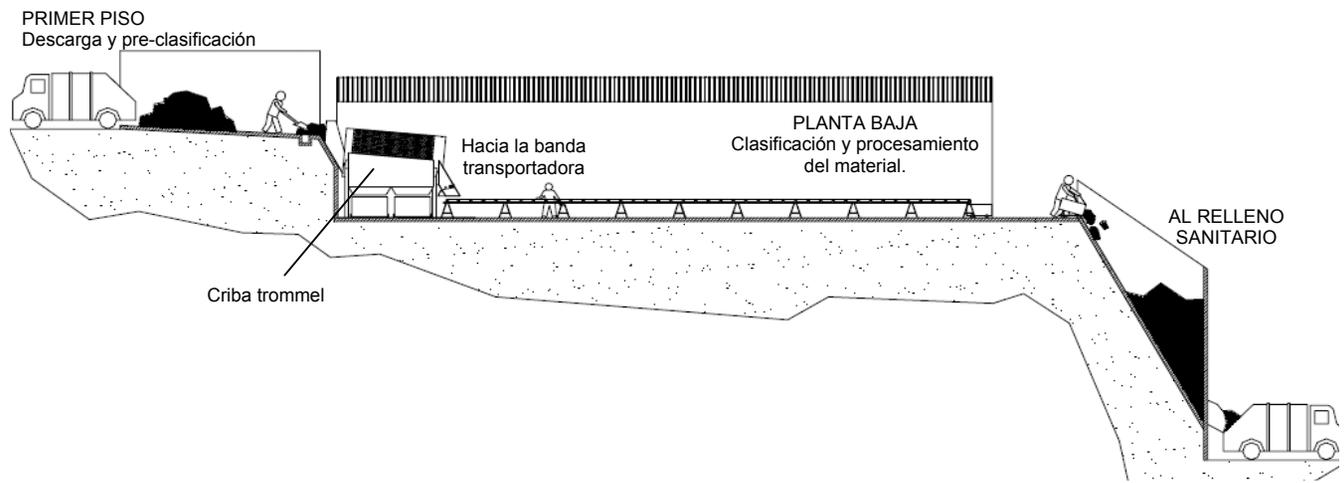
Asimismo, en la planta se aplican diseños que contribuyen a reducir gastos de consumo de agua. Cuando esta pasa de una unidad de proceso hacia otra.

Las máquinas de procesamiento debería ser colocadas lo más cerca posible una de otra, respetando las normas de seguridad para eliminar gastos en

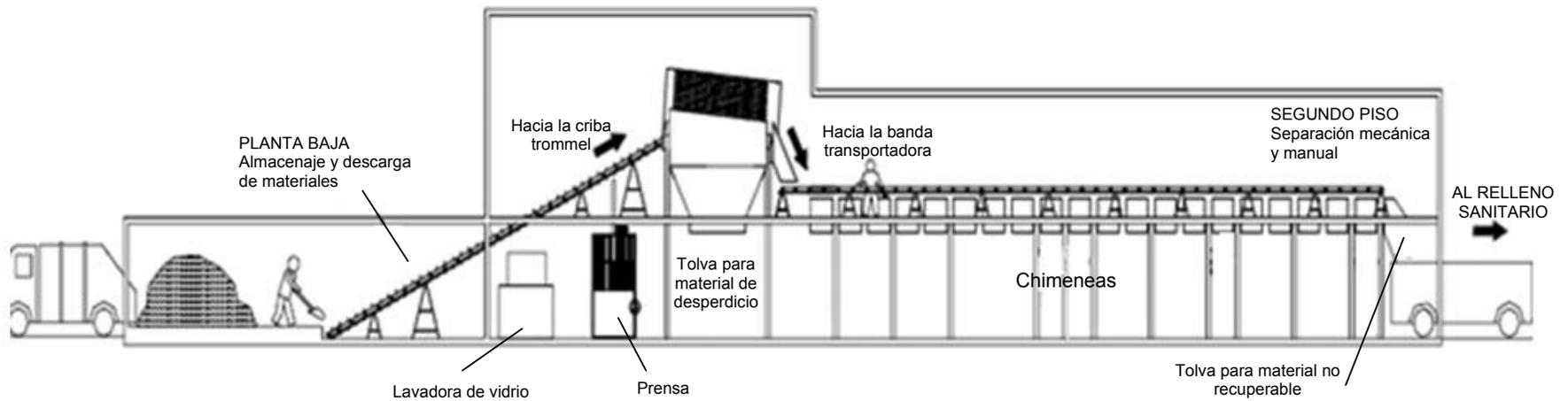
accesorios como: conductos y equipos de bombeo. Por ejemplo, una recirculación de las aguas usadas, ya que posteriormente pueden ser utilizadas en una planta de compostaje adyacente o para el riego de plantas en el terreno.

Las *Figuras 5.1 y 5.2* muestran un flujo típico de materiales en dos alternativas de diseño para plantas semi mecanizada de reciclaje.

Por ser un plan piloto, se recomienda el diseño constructivo más económico para la instalación de todas las unidades requeridas. Por lo tanto, se especifica también las características que deben tener el terreno y la estructura de la nave industrial.



**Figura 5.1 Planta de reciclaje (instalación aprovechando la pendiente natural del terreno)**



**Figura 5.2 Planta de reciclaje (instalación en dos pisos)**

### **5.1.1 DISPONIBILIDAD TOPOGRÁFICA DEL TERRENO PARA UBICACIÓN DE LA PLANTA**

Como se explicó en el Capítulo 2, dentro del nuevo relleno sanitario, se ha previsto áreas para dar tratamiento a los residuos sólidos de una forma integral. Las cuales están distribuidas en el plano de implantación en zonas como:

- Caminos o vías de acceso.
- Guardianía.
- Registro de ingreso de desechos.
- Reciclaje y clasificación de inorgánicos.
- Compostaje para los desechos orgánicos.
- Bodegas.
- Oficinas.

La topografía del terreno presenta condiciones aptas para realizar una correcta ubicación y construcción de todas las instalaciones de acuerdo al primer modelo (instalación aprovechando la pendiente natural del terreno).

El área aproximada para el tratamiento de residuos inorgánicos es de 4.500 m<sup>2</sup>, ubicada entre las coordenadas:

402 elevación 1.661,61

403 elevación 1.659,55

478 elevación 1.656,46

477 elevación 1.654,10

La disposición de niveles con poca pendiente en la topografía; facilita la construcción de las estructuras a diferentes alturas, realizando un trabajo previo de excavación para nivelar los pisos. Con ello se tiene una excelente ubicación de: patios, vías internas, áreas de carga y descarga hacia las plantas de procesamiento.

Además, permite un fácil acceso desde las vías circundantes o carreteras, una de entrada por la parte más baja del terreno y otra de salida por la parte más alta.

### **5.1.2 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ÓPTIMA DE DISEÑO DE LA PLANTA**

La alternativa más óptima se la escogió a través de parámetros como:

- Disponibilidad topográfica en el terreno.
- Costos estructurales.
- Dimensiones de la nave industrial.
- Máquinas a ser instaladas.

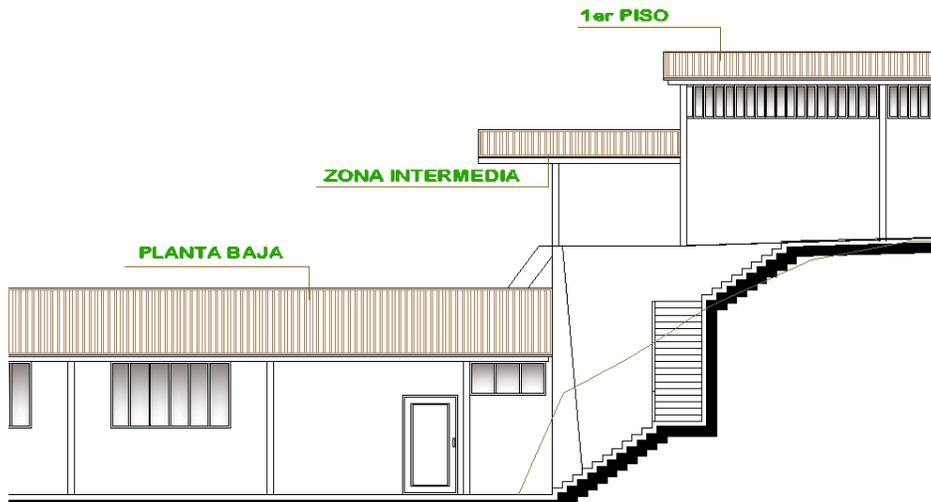
*(ver Anexo M)*

La planta tendrá dos niveles, donde se requerirá e instalará máquinas y equipos existentes en el mercado local evaluadas en el capítulo anterior, para procesar los residuos sólidos inorgánicos sin incurrir en altas inversiones y costos operativos. Estos son:

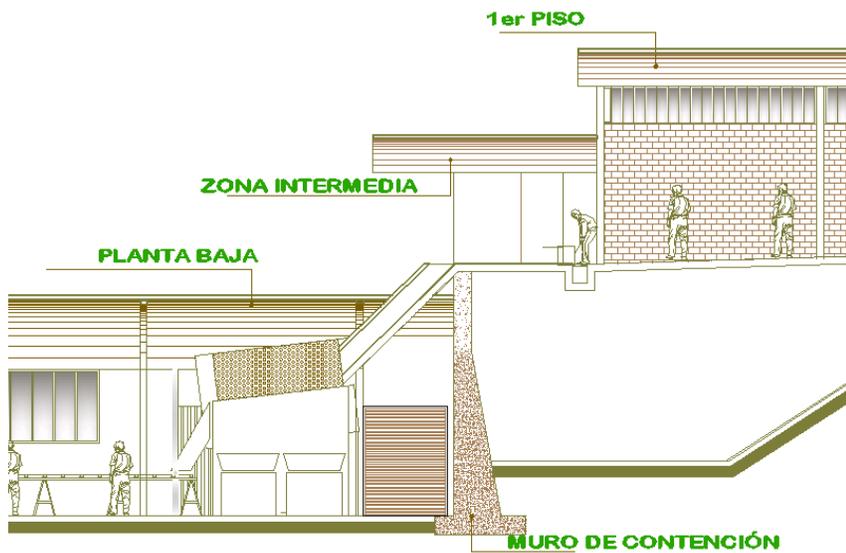
- Primer piso y zona intermedia.
- Planta baja.

Estas zonas se las puede construir con piso de hormigón, adoquinado o de tierra bien compactada; si no se cuenta con presupuesto suficiente para trabajar con pisos industriales. Pues estos deben ser contruidos con juntas frías y no con pedazos de madera como espaciadores para que absorban la dilatación por los cambios de temperatura, ya que con el paso del tiempo y la humedad se pudren y empieza a aparecer grandes grietas o daños mayores como se observan en las aceras de las calles.

El piso deber tener una pendiente mínima para que los líquidos vayan a desagües y sin desniveles para tener un buen desempeño de los coches evitando posibles dificultades a quienes los trasladan.



**Figura 5.3 Fachadas y niveles (planta de reciclaje)**



**Figura 5.4 Corte de niveles de la planta de reciclaje**

## **5.2 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA Y REQUERIMIENTOS DE ÁREA**

La distribución en planta implica el ordenamiento físico de los todos los elementos involucrados en los procesos. Esta permite la designación de los espacios necesarios para los trabajos directos e indirectos; que realiza la maquinaria y el personal al residuo inorgánico, así como el almacenamiento temporal del mismo.

Los diseños para la disposición de área en los diferentes niveles o zonas consideradas para la planta de reciclaje no son únicos, dependen del grado de clasificación de los desechos, mano de obra a usar, tecnologías para la separación, procesamiento, etc.

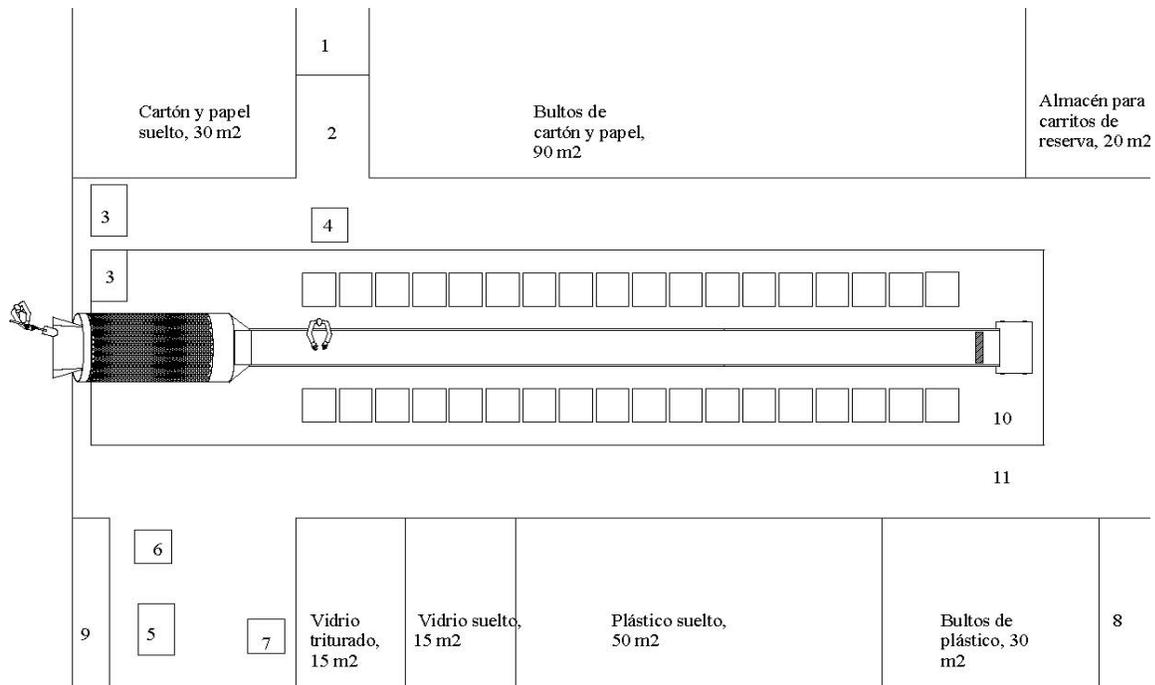
También se toma en cuenta los espacios solicitados por directivos del proyecto, los cuales requieren lugares exclusivos para realizar labores de supervisión, acoplamiento de maquinaria existente; es decir, considerando las necesidades específicas de programas de reciclaje actuales como “La Blanquita” en la ciudad de Ibarra.

Las unidades de operación de una planta de proceso deben separarse, no solo para una operación más eficiente y mejor mantenimiento, sino por razones de seguridad. Con ello, es posible evitar la propagación de los incendios y las explosiones.

Las unidades limpias y con buen mantenimiento son con frecuencia zonas seguras; el equipo se debe distribuir de manera que el mantenimiento y limpieza se la pueda realizar con facilidad.

Una planta de reciclaje donde se tratan desechos domiciliarios debe tener una parte o la totalidad de las unidades enumeradas a continuación:

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| 1) Tolva de Recepción  | 7) Prensa                           |
| 2) Criba tambor  | 8) Balanza y registro               |
| 3) Banda de reciclaje  | 9) Lavadora de plástico             |
| 4) Electroimán   | 10) Lavadora- trituradora de vidrio |
| 5) Chimeneas, carros o canastas para materiales recuperables | 11) Almacenes de material           |
| 6) Recipientes para materiales no recuperables               | 12) Depuración de las aguas usadas  |



- |   |   |   |
|---|---|---|
| 1: Bodega, 4 m <sup>2</sup>                 | 5: Lavadora de plástico, 1.5 m <sup>2</sup>               | 9: Plástico para lavar, 5 m <sup>2</sup>        |
| 2: Supervisión y registro, 8 m <sup>2</sup> | 6: Guillotina, 1 m <sup>2</sup>                           | 10: Área de clasificación, 150 m <sup>2</sup>   |
| 3: Prensa hidráulica, 1.5 m <sup>2</sup>    | 7: Lavadora- trituradora de vidrio, 1 m <sup>2</sup>      | 11: Área de tráfico interno, 167 m <sup>2</sup> |
| 4: Balanza, 1 m <sup>2</sup>                | 8: Almacén para materiales misceláneos, 10 m <sup>2</sup> |   |

**Figura 5.5 Planta mecanizada para el tratamiento de 40 ton/día de desechos clasificados en el domicilio**

En las *Figura 5.6, 5.7 y 5.8* se describen los niveles donde se deben adecuar las unidades según el modelo de planta de reciclaje que se escogió.

Se ha establecido una hectárea dentro del terreno del relleno sanitario, para ubicar las plantas de tratamiento para los desechos orgánicos e inorgánicos. Además de las instalaciones administrativas, de servicios, mantenimiento y seguridad o vigilancia; que son lugares aledaños y tienen funciones dependientes para un correcto desempeño.

Para las instalaciones de procesamiento de desechos inorgánicos se cuenta con un área bruta de 1900 m<sup>2</sup> para la construcción de la planta de reciclaje.

a) Primer piso

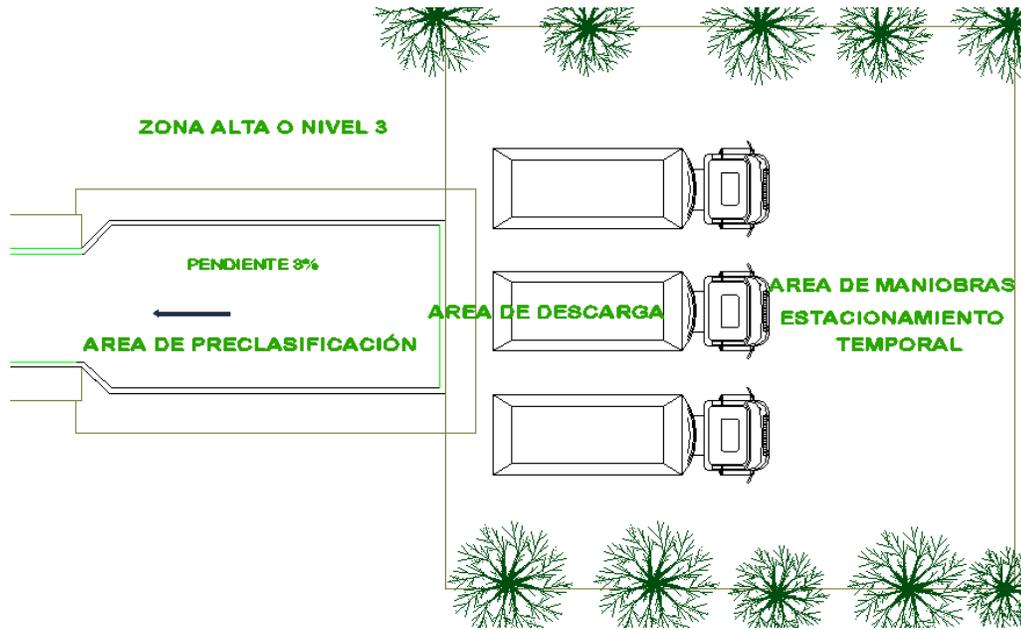


Figura 5.6 Ubicación de unidades zona alta

a) Zona intermedia

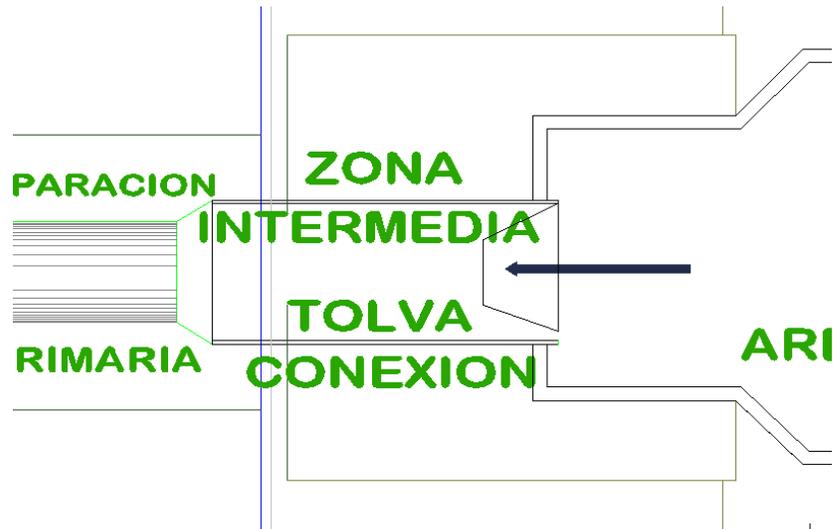


Figura 5.7 Ubicación de unidades zona intermedia

b) Planta baja

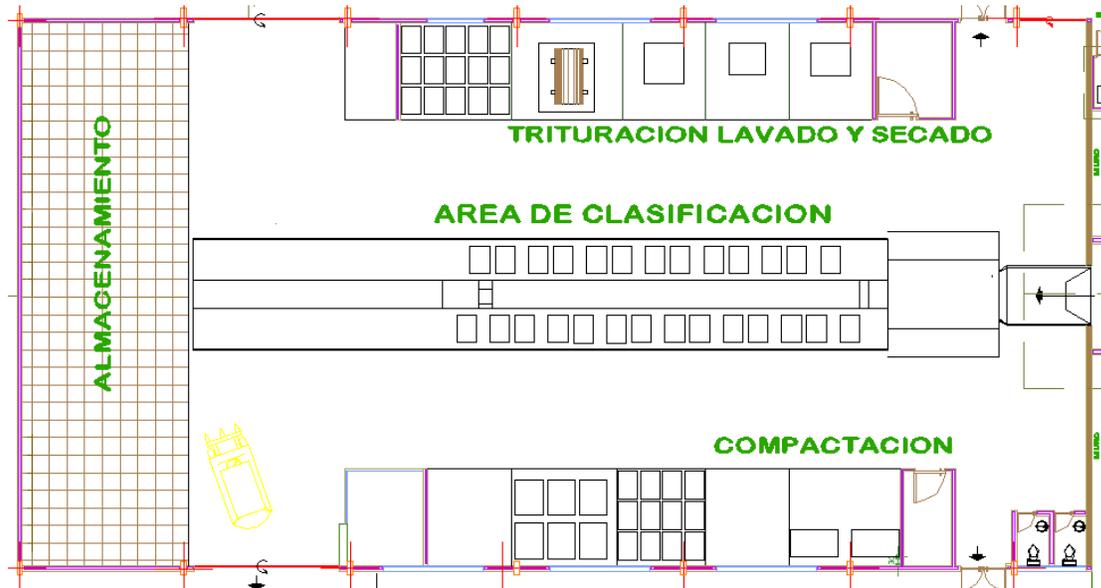


Figura 5.8 Ubicación de unidades planta baja

### 5.2.1 ÁREA DE CAPTACIÓN DE MATERIA PRIMA

Esta comprende por todo el primer piso y cuenta con un área útil de 562 m<sup>2</sup>, los requerimientos de espacio para procesos dentro de esta se describen a continuación.



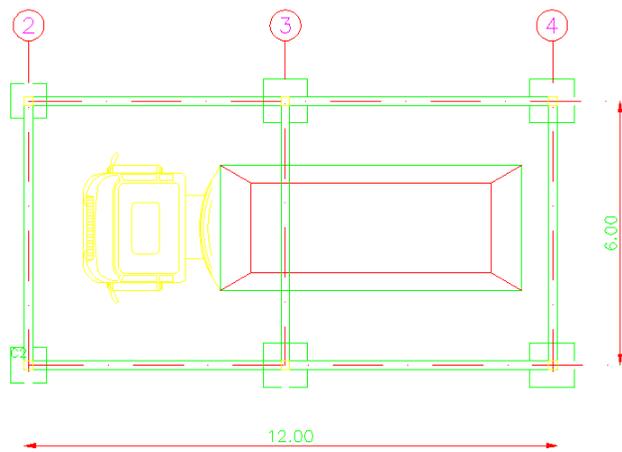
Figura 5.9 Primer piso

#### 5.2.1.1 Área de registro de ingreso de desechos

El área que ocupa es 72 m<sup>2</sup>, como se muestra en la *Figura 5.10*, diseñado para el paso (ingreso y salida) de vehículos que utiliza actualmente la municipalidad, como camiones recolectores, los cuales al llegar al sitio serán pesados y registrados mediante la báscula automática adaptada en la vía .



**Figura 5.10** Camión recolector de la ciudad de Ibarra



**Figura 5.11** Báscula para vehículo de carga



**Figura 5.12** Báscula para vehículos de carga, relleno sanitario de la ciudad de Loja

### 5.2.1.2 Área de movilización vehicular

En el nuevo relleno sanitario, al recorrer una distancia de 1,5 Km. desde la entrada por la vía de tercer orden, se dispuso mejorar las condiciones de los accesos al sitio para que el transporte pueda llegar fácilmente a todas las instalaciones.



**Figura 5.13 Caminos de entrada a la planta de reciclaje Municipalidad de Loja**

La entrada a dicho sitio es apta para realizar trabajos de pavimentación, la cual permitirá una buena circulación de los vehículos hacia la parte más alta del terreno. La distancia hacia dicho lugar es de 40 metros, con una pendiente del 5%, recomendada para el paso de vehículos grandes (ver Figuras 5.13, 5.14 y 5.15).



**Figura 5.14 Camino empedrado Km. 1 ½ del relleno sanitario hasta la entrada de la planta de reciclaje, Municipio de Ibarra**



**Figura 5.15 Zona baja situada la entrada de la planta de reciclaje**



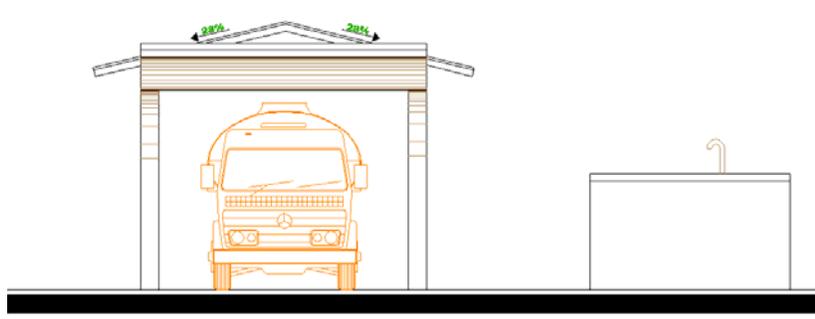
**Figura 5.16 Zona alta situada la salida de la planta de reciclaje**

Al final de la entrada se cuenta con un área de 400m<sup>2</sup>, adecuado para realizar maniobras y estacionar temporalmente los vehículos, los cuales también utilizarán esta zona para dejar o retirar el material procesado de las instalaciones de compostaje.



**Figura 5.17 Área de maniobras**

Aunque los caminos proporcionan un servicio definido a la planta, pueden también constituir un riesgo para la seguridad si no están convenientemente ubicados. Muchos accidentes, incendios y explosiones han sido producidos por vehículos que han golpeado tanques, materiales inflamables, o inclusive las propias instalaciones ubicadas en zonas contiguas.

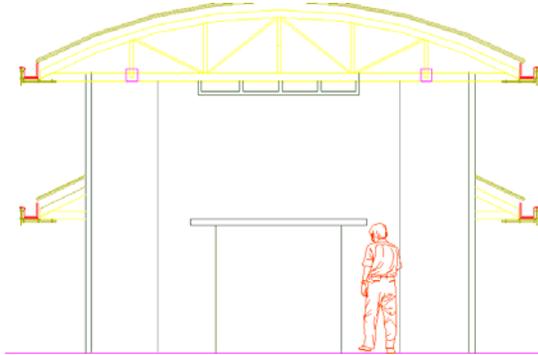


**Figura 5.18 Vista lateral derecha de la planta de reciclaje, zona de maniobras**

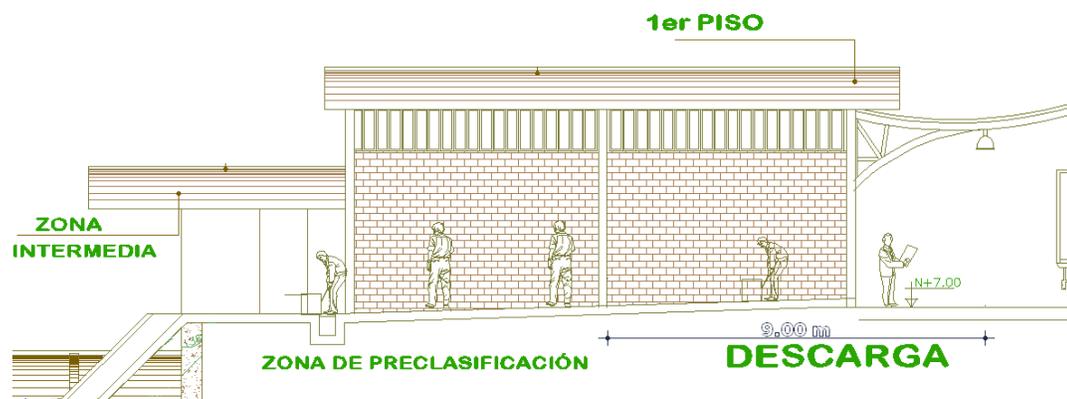
### 5.2.2 ÁREA DESCARGA DE MATERIAL INORGÁNICO

El sitio dispuesto para descarga de residuos inorgánicos, está ubicado en la parte más alta del terreno junto con el área de maniobras, como se mencionó

se pretende aprovechar la pendiente natural del terreno y trasladar los residuos a procesos posteriores sin incurrir en inversiones extras de maquinaria. Se cuenta con 54 m<sup>2</sup>, adecuado para que un vehículo recolector con capacidad total de 10 ton descargue el material.



**Figura 5.19 Área de descarga material inorgánico**



**Figura 5.20 Vista de corte de área de captación de materia prima, planta de reciclaje**

Los desniveles del terreno permiten que la ubicación del área de maniobras y el de descarga sea adecuada para los requerimientos de uso. Por lo tanto no requiere de un gran movimiento de tierras con maquinaria pesada.



**Figura 5.21 Terreno para ubicación de área de captación de materia prima**

### 5.2.3 ÁREA DE PRE – CLASIFICACIÓN

Tiene un área de 60 m<sup>2</sup>, dividida en dos sectores adecuados para un trabajo de descarga y otro de pre-clasificación del material.

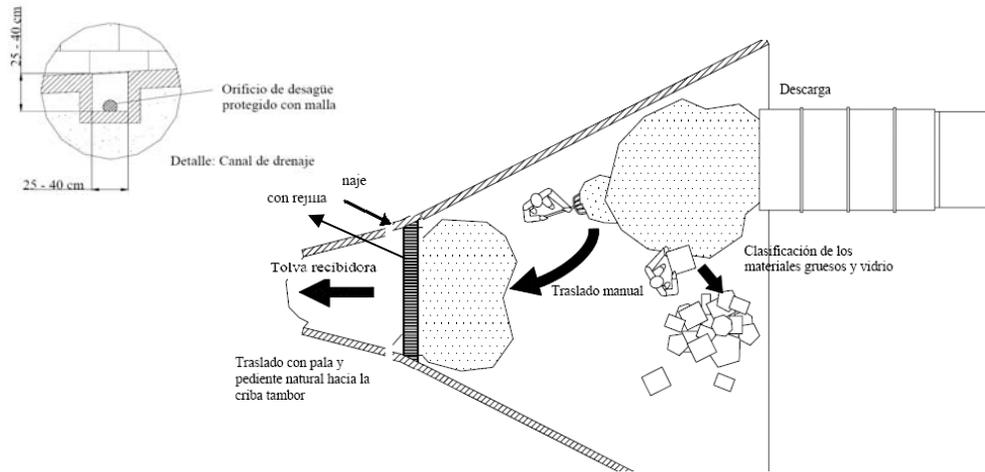
En lugares donde existen altos niveles de precipitación, se recomienda construir estas áreas con techo y el piso con cierta inclinación, para que los líquidos que se vierten ingresen en los canales diseñados para la evacuación de los mismos.

El techo impide que se mojen los desechos descargados y evita la generación de agua contaminada, por consecuencia facilita los trabajos de limpieza.

Se construirá un canal en dirección a la piscina de sedimentación. La construcción se hará considerando la pendiente natural para evitar costos de bombeo. Se pondrá una rejilla a la entrada del canal, para retener residuos de basura que podrían tapar los ductos de descarga (ver Figura 5.23). La rejilla será limpiada manualmente al final de la jornada de trabajo.



**Figura 5.22 Corte de área de pre-clasificación de materia prima, planta de reciclaje**



**Figura 5.23 Área de descarga, pre-clasificación y tolva de conexión**



**Figura 5.24 Área de descarga, planta de reciclaje del cantón Mejía**



**Figura 5.25 Área de descarga y pre-clasificación, planta de reciclaje de la ciudad de Loja**

#### 5.2.4 ÁREA DE SEPARACIÓN

El área de separación comprende la interacción de procesos mecánicos y manuales donde se obtiene los desechos o residuos luego de clasificarlos. Su ordenamiento trata de situar a los elementos en espacios definidos para conseguir una función óptima del procesamiento en cadena.

Las necesidades de espacios se han establecido partiendo del número de máquinas de cada clase así como de sus dimensiones. Estas áreas incluyen por tanto el espacio entre máquinas, para los trabajadores y material en proceso.

Cuanto más sencilla es la distribución, más segura será la unidad. Las distribuciones sencillas facilitan la pronta acción en emergencias.

El equipo se debe distribuir de manera que permita hacer con facilidad el mantenimiento y la limpieza ya que, toda zona limpia que tiene un buen mantenimiento con frecuencia es segura,

Como se mostró (ver Figura 5.26), esta zona se ubica en planta baja, con disponibilidad de 800 m<sup>2</sup>. Se debe prever las salidas suficientes para transportar el material almacenado a los vehículos de carga, así como también la evacuación de los trabajadores en caso de emergencias.



**Figura 5.26 Área de descarga, pre-clasificación y tolva de recepción**

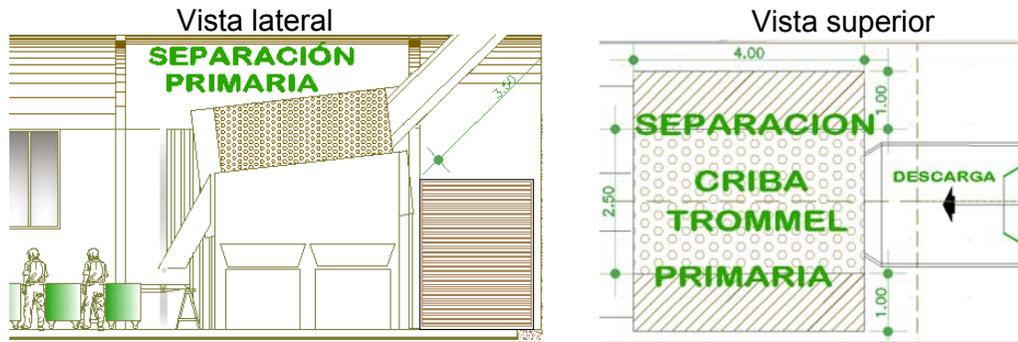
##### 5.2.4.1 Separación primaria

Se encuentra ubicada en la planta baja, el área con la que se cuenta es 18 m<sup>2</sup>, hay que considerar los espacios necesarios para el transporte y movimiento de material desechado que se obtiene al final de la operación de tamizado.

Para determinar el área útil se parte de las dimensiones de la criba trommel, maquinaria que va a ser utilizada para realizar el proceso de separación primaria.

### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS CRIBA TROMMEL**

1. Largo del tambor giratorio: 3,60m.
2. Diámetro del tambor giratorio: 1,80 m.
3. Estructura de soporte
  - Largo: 4,00 m.
  - Ancho: 2,50 m.



**Figura 5.27 Criba trommel en separación primaria**

#### **5.2.4.2 Recipientes para transporte interno de material no recuperable (separación primaria)**

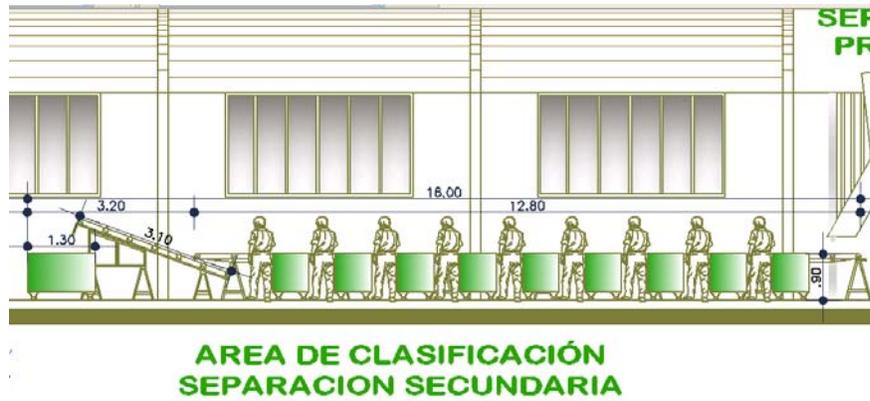
La ubicación para estos recipientes debe ser dentro de la separación primaria, bajo la criba trommel, la cual hace el proceso de tamizado y permite el paso de los desechos para su almacenaje temporal hacia los coches.

Considerando las características técnicas de los coches manuales, se prevé un espacio suficiente para almacenar a los desechos temporalmente por el lapso de una hora.

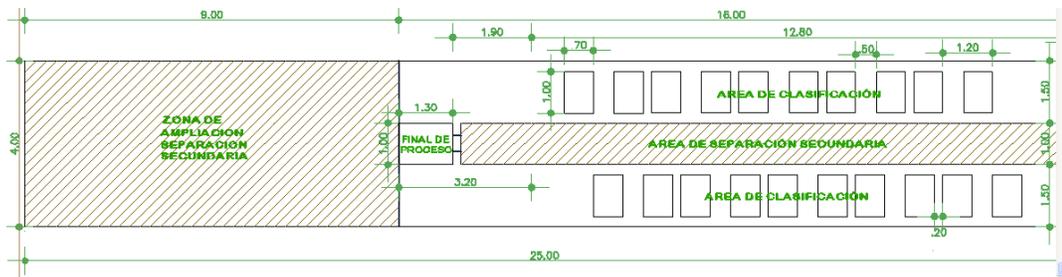
### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS COCHES MANUALES**

1. Dimensiones:
  - Largo: 1,30 m.
  - Ancho: 1,00 m.
  - Alto: 0,60 m.





**Figura 5.29** Proceso de separación secundaria de la planta de reciclaje



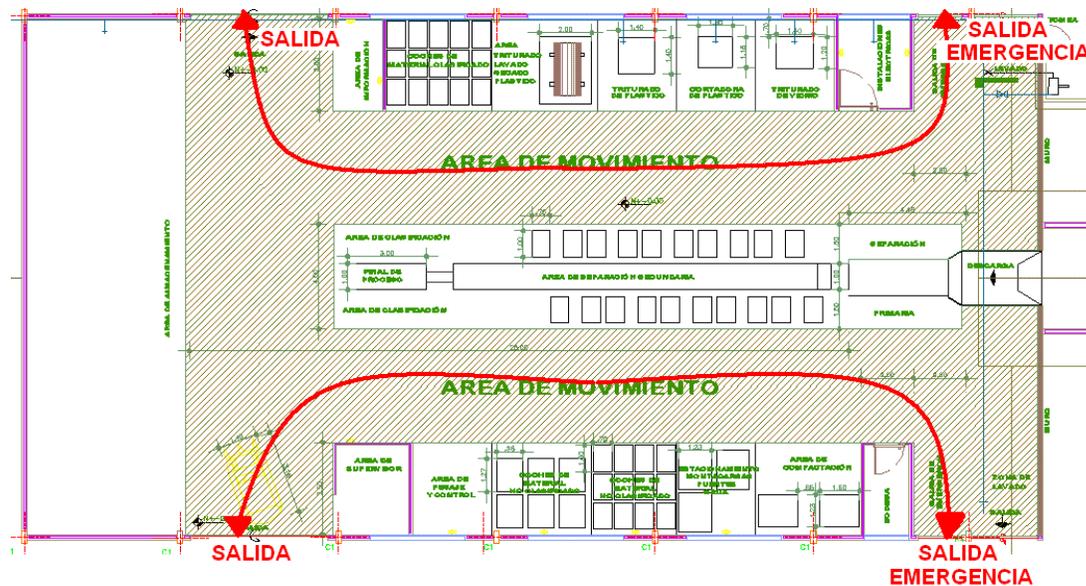
**Figura 5.30** Vista arquitectónica de separación secundaria de la planta de reciclaje

Para mover los bultos de material procesado es necesario establecer sitios para movimiento de vehículos como: montacargas, minicargadora o un puente grúa manual. Debido al peso de los bultos (entre 250 y 700 kg, dependiendo del material y del tipo de prensa utilizada) no es posible realizar el transporte interno sin esta maquinaria.

Como se explicó la distribución de espacios dentro de la planta es muy importante para utilizar las distintas áreas de la manera más eficiente. Por lo tanto se cuenta con 135,8 m<sup>2</sup>, de acuerdo a la *Figura 5.30* para movimiento y transporte interno.

Se contará con un pasillo central de 3 m de ancho, de doble acceso lateral recto, para facilitar la visibilidad. Los límites del pasillo serán marcados en el piso con pintura. Se detalla en el capítulo de seguridad industrial con más claridad las normas a seguir.

En la planta industrial se hace necesaria la entrada y salida de vehículos, por estar enclavada, como es normal, con fachadas han de disponerse las correspondientes señales rectoras para la circulación.



**Figura 5.31 Vista arquitectónica de áreas de movimiento y salidas en la planta de reciclaje**

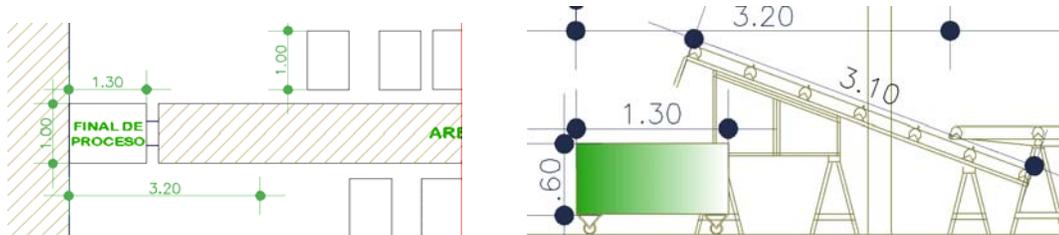
Otro aspecto no menos importante en los edificios industriales que hay que tomar en cuenta, es la circulación interior, tanto para evitar accidentes como para lograr un mayor rendimiento laboral.

En pequeños locales industriales ha de seguirse igualmente un criterio de circulación interior ya que, precisamente en ellos, la falta de espacio crea problemas que influyen poderosamente en el rendimiento.

#### **5.2.4.4 Recipientes para material no recuperable (separación secundaria)**

El análisis para determinar el área de este proceso, se lo realiza de la misma forma que para los coches en la separación primaria, considerando la densidad de los desechos sin compactación, pero tomando en cuenta que están almacenados indistintamente.

Está comprendida dentro de los 82m<sup>2</sup> del proceso de separación secundaria, siendo un almacenamiento temporal de desperdicios al final del proceso, como se explicó en el capítulo anterior, se dispondrá de 1,30 m<sup>2</sup>.



**Figura 5.32 Área para coches de material no recuperable**

#### 5.2.4.5 Recipientes para transporte interno de material recuperable

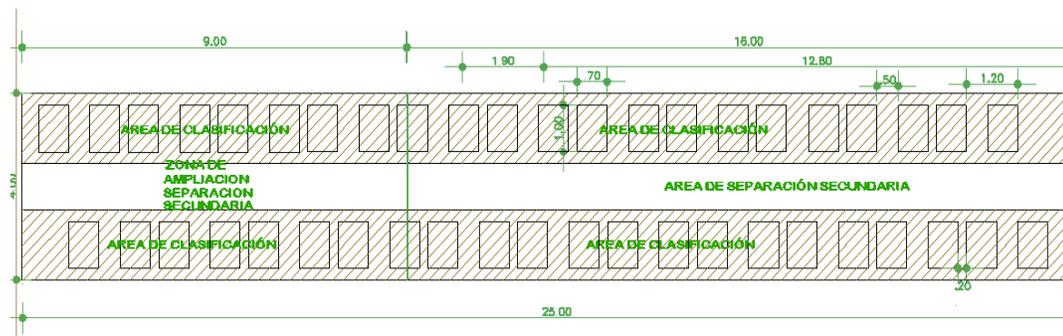
Los carritos estarán colocados de forma contigua a lo largo de banda de transporte, de tal manera que los trabajadores puedan ir tomando los materiales recuperables y los coloquen fácilmente en su interior, así trasladarlos hasta su posterior almacenamiento. El área bruta para esta zona es de 75m<sup>2</sup>.

Se prevé un espacio adicional, para posibles ampliaciones en un futuro, ya que la separación secundaria será variable luego de varios años.

Las especificaciones técnicas para estos coches son:

##### 1. Dimensiones:

- Largo: 1,00 m.
- Ancho: 0,70 m.
- Alto: 0,75 m.



**Figura 5.33 Separación secundaria de la zona de clasificación de la planta de reciclaje**

### **5.2.5 ÁREA DE TRITURACIÓN**

Este lugar está previsto para todos los procesos de corte, triturado, lavado y secado. Por estar dentro de una misma zona, facilita la acometida de instalaciones tanto eléctricas como sanitarias que requieren cada máquina y equipo.

La disponibilidad es de 45,5 m<sup>2</sup>; dicha área está anexa al sitio de clasificación, facilitando un tratamiento continuo de los materiales que se obtienen de los recipientes de separación.

Cada máquina que realiza el procesamiento de los residuos, tiene un espacio adecuado para realizar las siguientes operaciones:

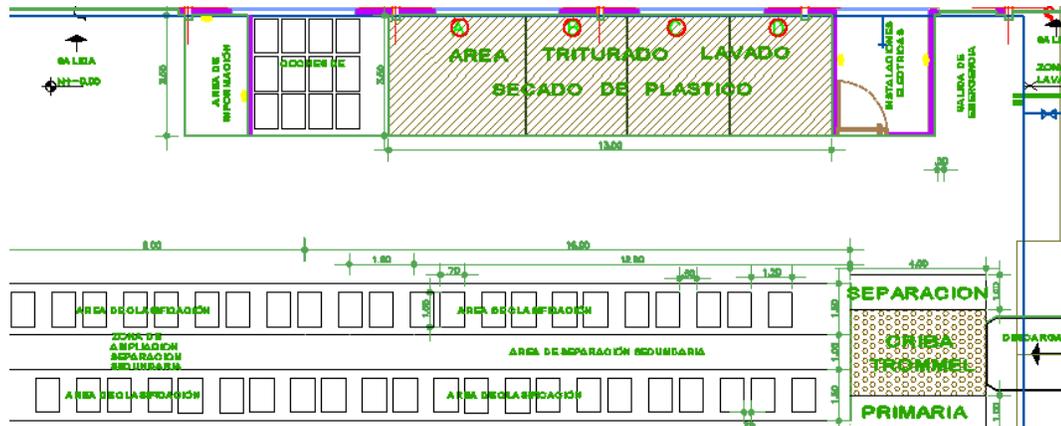
- Acopio temporal de material procesado y sin procesar.
- Instalación de maquinaria.
- Instalación de accesorios de maquinaria.
- Manipulación del material.
- Factibilidad de movilización en la zona.

Permitiendo así una distribución funcional de equipo, trabajadores, máquinas y las conexiones de accesorios; es decir, un lugar adecuado para trabajar sin causar interferencia con otros procesos y dando una secuencia de acuerdo a diagramas de flujo que debe seguirse en el proceso.

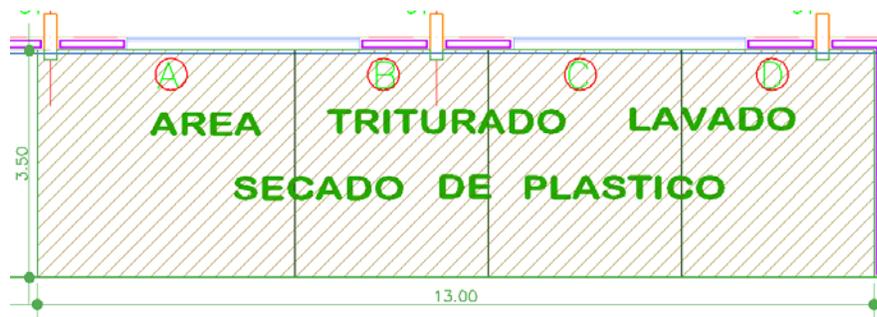
Además debe tomarse en cuenta una de las reglas principales para la distribución del equipo, que cualquier operador debe disponer cuando menos de dos rutas de escape desde cualquier punto de la unidad.

Este lugar se divide en tres áreas, ya que los procesos realizados son diferentes:

- A. Lavado y secado de plástico.
- B. Triturado de plástico.
- C. Corte de plástico.
- D. Triturado de vidrio.



**Figura 5.34** Vista arquitectónica general del área de triturado, lavado y secado de la planta de reciclaje



**Figura 5.35** Vista arquitectónica específica del área de triturado, lavado y secado de la planta de reciclaje

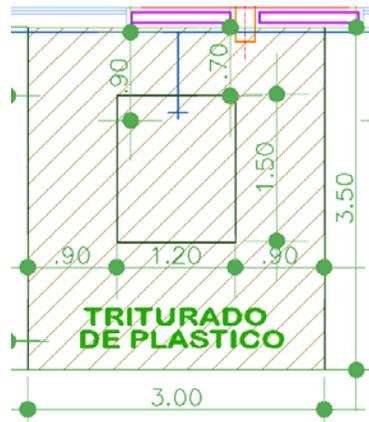
### 5.2.5.1 Plástico

Existe una máquina para el procesamiento de ciertos materiales de plástico PEHD soplado y botellas PET, la cual tiene las siguientes dimensiones en su ubicación.

#### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA MÁQUINA (APROXIMADAS):**

- Largo: 1,50 m.
- Ancho: 1,20 m.
- Alto: 2,40 m.

Por lo tanto su área global estará comprendida por 10,5 m<sup>2</sup>.



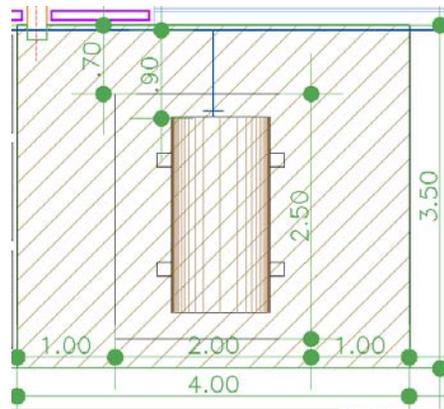
**Figura 5.36 Vista arquitectónica específica del área de triturado**

#### 5.2.5.1.1 Lavado/ Secado

Principalmente para procesar fundas contaminadas PEHD y PELD es necesario el lavado y secado de plástico, el área útil se determina basándose en las dimensiones de la maquinaria, pero el área global está comprendida por 14 m<sup>2</sup>.

#### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA MÁQUINA (APROXIMADAS):**

- Largo: 2,50 m.
- Ancho: 2,00 m.
- Alto: 1,60 m.



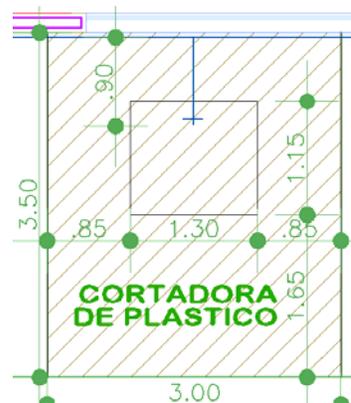
**Figura 5.37 Vista arquitectónica específica del área de lavado y secado**

### 5.2.5.1.2 Corte

Se cuenta con 10,5 m<sup>2</sup>; el funcionamiento de esta área se explicó en el capítulo anterior, no tiene un funcionamiento continuo dentro de los procesos de tratamiento de los residuos.

#### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA MÁQUINA (APROXIMADAS):**

- Largo: 1,30 m.
- Ancho: 1,15 m.
- Alto: 2,40 m.



**Figura 5.38 Vista arquitectónica específica del área de cortado de plástico**

### 5.2.5.2 Vidrio

Finalmente el área para procesar el vidrio contará con 10,5 m<sup>2</sup>, también basándose en las dimensiones de la máquina.

#### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA MÁQUINA (APROXIMADAS):**

- Largo: 1,40 m.
- Ancho: 1,20 m.
- Alto: 2,00 m.



**Figura 5.39 Vista arquitectónica específica del área de procesado de vidrio**

## 5.2.6 ÁREA DE COMPACTACIÓN

### 5.2.6.1 Compactación

Aquí se procederá a reducir el volumen de los materiales recuperados para su comercialización. El plástico, papel, cartón son materiales muy voluminosos que tienen poco peso. Con una compactación adecuada se puede comprimir considerablemente el volumen de los residuos. En consecuencia, la compactación permite reducir los costos de transporte que es el factor más importante para la eficiencia económica del reciclaje.

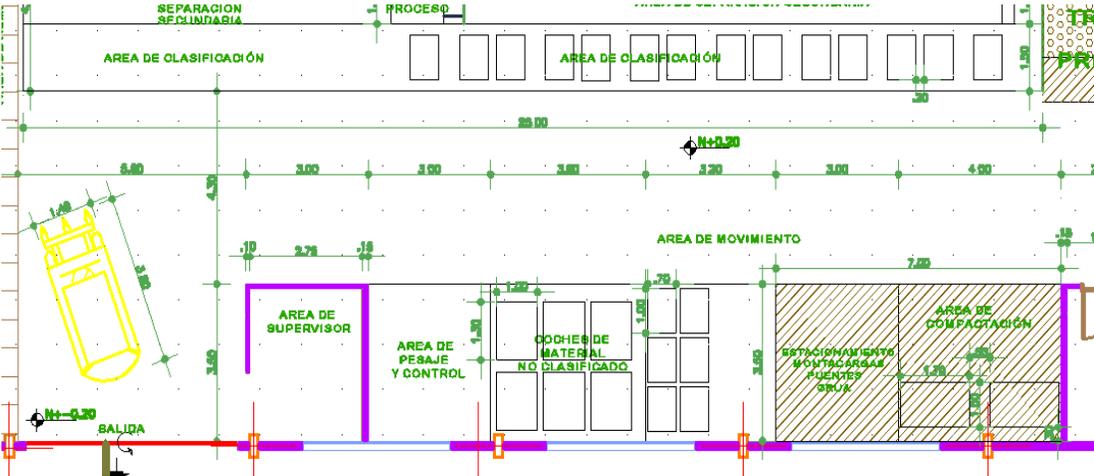
En esta planta donde se tratan diariamente grandes volúmenes de material reciclable, es recomendable adquirir una **prensa hidráulica**. Esta reduce el tiempo del proceso y mano de obra; teniendo un mayor grado de compactación. Además, resiste a una cantidad de material más elevada.

#### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA MÁQUINA (APROXIMADAS):**

- Largo: 1,40 m.
- Ancho: 1,20 m.
- Alto: 2,40 m.

Por lo tanto, se dispone de un área para la instalación de la prensa que está actualmente funcionando en el programa de reciclaje “La Blanquita” y otra que se pretende adquirir. Se designa también espacios para el paso del personal y

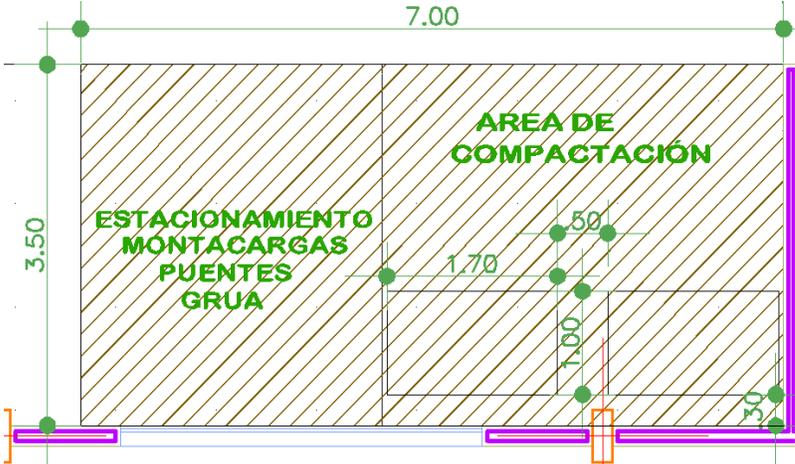
el material que se procesa en el compactado. Para la ubicación de esta unidad se contará con 14 m<sup>2</sup>.



**Figura 5.40 Vista arquitectónica general del área de compactado**

Además se designa un área de 10,5 m<sup>2</sup>; para maquinaria (montacargas) que permita una fácil transportación del material compactado hacia el proceso de pesaje y control, ya que debido al peso, no es posible realizarlo por una o dos personas.

Dentro de este espacio existe un lugar para la ubicación de puentes grúa, que servirán para reemplazar al montacargas en caso de daños, o cuando lo requieran los técnicos de mantenimiento para desmontar maquinaria.



**Figura 5.41 Vista arquitectónica específica del área de compactación de la planta de reciclaje**

## 5.2.6.2 Pesaje

### A. BALANZA INDUSTRIAL

Es un sitio destinado para la instalación de una balanza que ayudará a llevar un registro y control del material procesado antes de su almacenamiento, su ubicación dentro de la planta es aledaño al sitio de supervisión, ya que se debe llevar un registro continuo por parte del jefe de la planta, además de vigilar su adecuado uso por parte de los trabajadores.

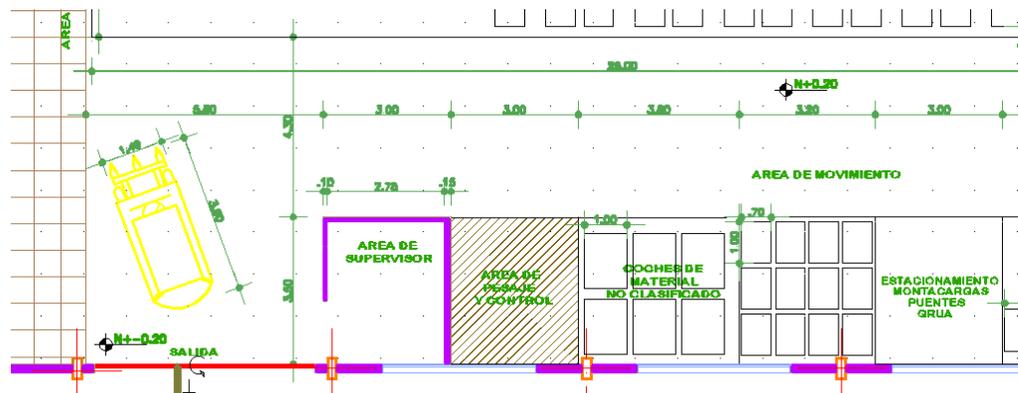


Figura 5.42 Vista arquitectónica general del área de pesaje

Las plataformas para la instalación son de acuerdo a las necesidades de la planta; ya que las pacas de cartón son las más voluminosas, se ha considerado un área de 4m<sup>2</sup> de área útil. Facilitando el paso temporal de todos los materiales que vayan a ser pesados en este sitio.

El resto de área, servirá para los trabajadores y paso temporal del montacargas o carritos manuales, reservando en planta un área total de 10,5 m<sup>2</sup>.



Figura 5.43 Vista arquitectónica específica del área de pesaje

### 5.2.6.3 Almacenamiento

Es necesario un área destinada al almacenamiento temporal de las pacas, en esta planta se establecerá un sitio exclusivo para cada tipo de material con rótulos que así lo indiquen, pues será más fácil de localizarlos.

Por otra parte, es necesario determinar los días en que se despacharán las pacas a los compradores, pues así no existirá una saturación del espacio de bodega.

Los materiales que se venden como artículos enteros (botellas, cintas, chatarra, etc.) se pueden almacenar en estantes construidos de una forma sencilla.

Los bultos de cartón y papel se deben acopiar en un área protegida de las influencias atmosféricas. Si se almacenan en un solo piso, se necesita un área de 75 a 100 m<sup>2</sup>; si es posible superponerles, el área necesaria se puede reducir a la mitad.

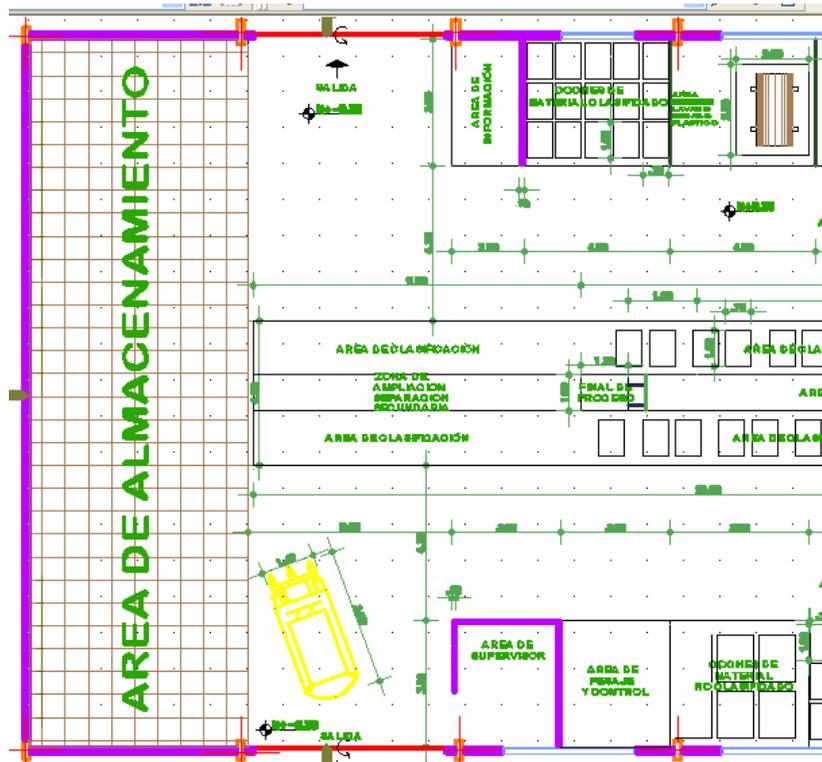


Figura 5.44 Vista arquitectónica específica del área de almacenamiento

## **5.3 DISEÑO ELÉCTRICO**

### **5.3.1 DIMENSIONAMIENTO ELÉCTRICO**

A partir de los documentos informativos de los constructores de la maquinaria, se puede proceder a dimensionar el total de potencia requerida para la planta.

Este proceso es muy sencillo, a partir de la suma individual de requerimientos de voltaje y potencia para cada máquina, se procede a dar un dimensionamiento total.

Generalmente, la potencia requerida para estas plantas que realizan el procesamiento de los desechos varía entre 100 Kw y 150 Kw; con un transformador de energía trifásica.

Para este dimensionamiento se recurre a:

- Preparación de todas las especificaciones del equipo eléctrico.
- Elaboración de los dibujos del lugar para instalar todos los equipos y máquinas, junto con los instrumentos (sistemas) diseñados por el personal.
- Se especifica la potencia necesaria y otros requerimientos eléctricos para las máquinas.

Este análisis se observa en el *Anexo N*.

### **5.3.2 INSPECCIÓN Y ESTUDIOS PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

Por medio de la Empresa Eléctrica Regional Norte (EMELNORTE), se procedió a solicitar que se realice los estudios técnicos de diseño necesarios para determinar la mejor opción de interconexión eléctrica para el sitio donde se implantará las naves industriales. Además de proveer de los presupuestos de las posibles formas de interconexión.

Todo esto con técnicos y profesionales que laboran dentro de la institución, los cuales realizaron inspecciones de campo y verificación de las posibles alternativas a darse, para realizar la conexión de la red trifásica que pasa cerca de la Panamericana Norte hasta el sitio de implantación de todas las instalaciones.

Este análisis se observa en el *Anexo N*.

## 5.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS

La contaminación de las aguas usadas en una planta de reciclaje generalmente no es muy alta. Se produce agua contaminada en diferentes áreas de tratamiento:

- Una cantidad baja de aguas lixiviadas en la tolva de ingreso y recibidora.
- Aguas servidas de los baños para los obreros.
- Aguas usadas de la limpieza de la planta de reciclaje.
- Aguas usadas del lavado de plástico y vidrio.

Con unas medidas sencillas y poco costosas se puede minimizar la cantidad de aguas contaminadas y también reducir su contaminación. El *Cuadro 5.1* presenta unas soluciones posibles.

**Cuadro 5.1 Tipos de agua contaminada y procesos de tratamiento preventivos**

Procedencia del agua	Reducción cuantitativa	Reducción de la contaminación
Aguas lixiviadas	Vaciar todas las tolvas diariamente. Tolvas con techo clasificación domiciliaria de la basura.	Clasificación domiciliaria de la basura.
Aguas servidas de los baños	Construcción de letrinas compostadoras. Recirculación interna (aguas de lavabos y duchas para los tanques de los inodoros).	Construcción de letrinas compostadoras.
Aguas usadas de la limpieza de la planta	Más barrido, menos limpieza con agua. Mantener un buen orden en la planta para evitar suciedad.	Limpieza con agua después de un barrido meticuloso.

Aguas usadas del lavado de material	<p>Recirculación interna en las máquinas. Preferir maquinaria con poco consumo de agua (especificaciones técnicas para la construcción de máquinas, criterio de compra).</p> <p>Reuso de las aguas usadas en otras instalaciones (ej.: para el riego en una planta de compostaje).</p>	<p>No usar detergentes y químicos (ej.: en una lavadora de plástico, lavar juntos fundas de detergente y recipientes contaminados con grasa, con el fin de aprovechar los residuos de detergente) No usar químicos agresivos.</p>
-------------------------------------	--	---

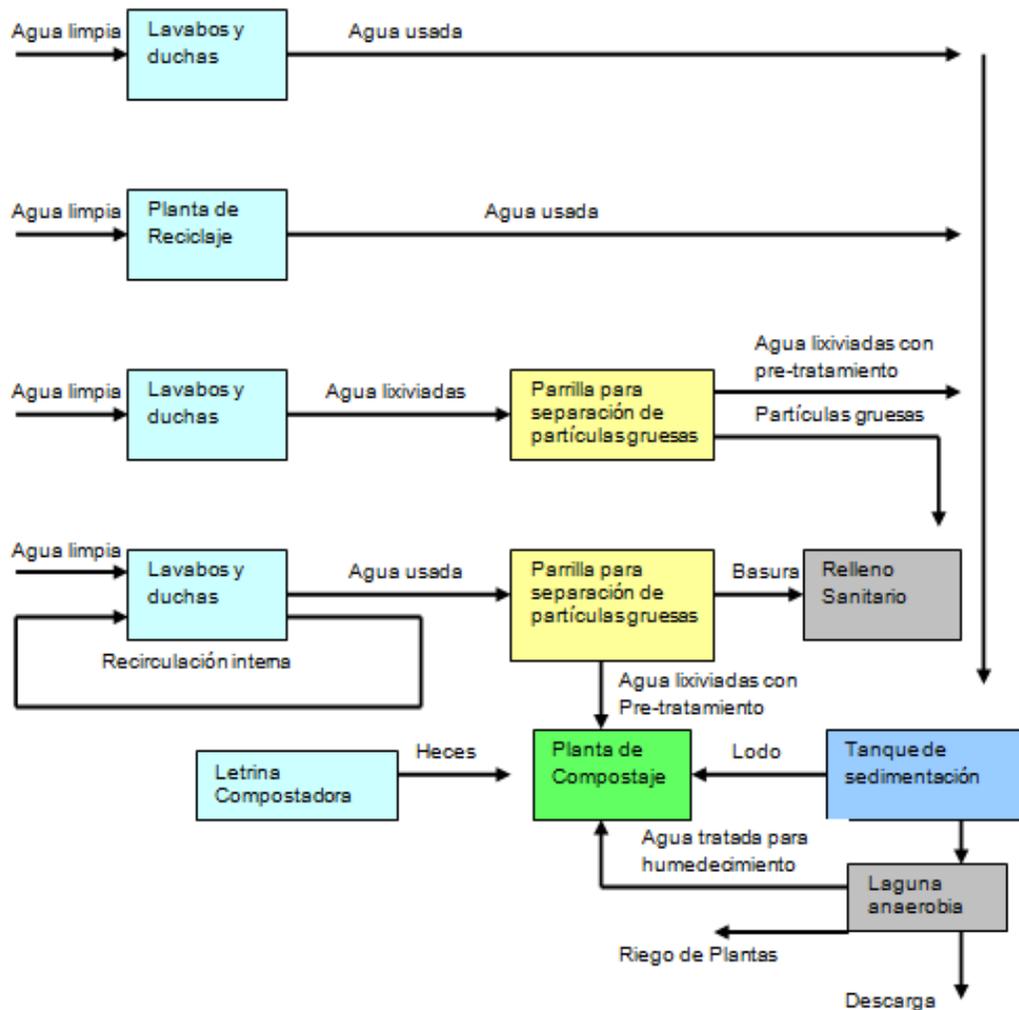
Fuente: EVA ROBEN, Manual de Reciclaje

El tanque de sedimentación se puede construir de hormigón y debe tener un volumen apto para asegurar un tiempo de retención de aproximadamente una hora. Se debería evacuar cada mes.

Las dimensiones de la laguna se deben calcular según la carga con contaminantes. Si se construye una letrina compostera, hay menos agua y una contaminación más baja. En una planta de reciclaje con baños convencionales, las aguas servidas de estos se deben también considerar.

El caso óptimo es la instalación de la planta de reciclaje es en el sitio de un relleno y/ o junto a una planta de compostaje. En este caso, las aguas usadas de la planta de reciclaje se pueden depurar junto con las aguas sucias de las otras instalaciones.

Las posibles formas de diseño para instalaciones sanitarias se presentan en las siguientes figuras, las cuales se basan en distribuciones eficientes en cuanto a posible reutilización de agua en varios procesos, minimizando el impacto ambiental en procesos posteriores.



**Figura 5.45 Distribución de aguas para el funcionamiento de todas las instalaciones del relleno**

### 5.4.1 AGUAS LIXIVIADAS

En cada relleno es necesario controlar la contaminación de las aguas lixiviadas y el impacto sobre la calidad de las aguas subterráneas y superficiales. En el *Cuadro 5.2* se dan referencias concernientes a los parámetros que se deber supervisar y la frecuencia de los análisis. Es verdad que existen regiones tan áridas que no se producen aguas lixiviadas, y, por consecuencia, no es necesario monitorear la calidad. Se puede considerar como árida una región con menos de 300 mm/año de precipitación, como es el caso del nuevo relleno sanitario de la ciudad de Ibarra.

**Cuadro 5.2 Características de las aguas lixiviadas**

<b>Frecuencia del análisis</b>	<b>Parámetros para analizar</b>		
Control visual regular (Uno por semana en rellenos grandes; uno por mes en rellenos pequeños).	Aspecto: Nivel del agua en el tanque séptico. Olor: Estado de tubería y tanques.		
Control de tratamiento de las aguas lixiviadas (análisis del agua antes y después del tratamiento): Cantidad de aguas lixiviadas (m <sup>3</sup> /días) <50: 1 x año 50 – 200 Todos los tres meses.	DBO5 DQO Ph PO4 – P Cr total	Cr <sup>6+</sup> Pb Conductividad Cd	Fe F- Cu Zn
Rellenos sanitarios muy grandes y rellenos donde se disponen también desechos peligrosos industriales. Análisis detallado Durante la operación y durante el cierre: cada estación lluviosa.	Aspecto Olor Temperatura pH conductividad residuo de evaporación pérdida de ignición impacto a peces hidrocarburos AOX TOC DQO DBO5	Amonio Nitrito Total N Sulfato Sulfito Clorito Fósforo Cianuro Na K Ca Mn	Zn Fe Mn Cr total Ni Cu Cd Hg Pb As B

Fuente: EVA ROBEN, Manual de Reciclaje.

## 5.5 ÁREAS VARIAS E INFRAESTRUCTURA AUXILIAR INTERNA

### 5.5.1 ÁREAS DE INFORMACIÓN

Sitio destinado para varios usos, tanto para los trabajadores, como también para personas que visiten las instalaciones, ya que se colocará información relevante sobre los procesos que se realizan para transformar y clasificar los desechos, como también material de seguridad industrial que deberá ser leído antes de ingresar a las instalaciones.

Este sitio tiene un área de 7m<sup>2</sup>, que tendrá la división de una pared para colocar la información antes mencionada.

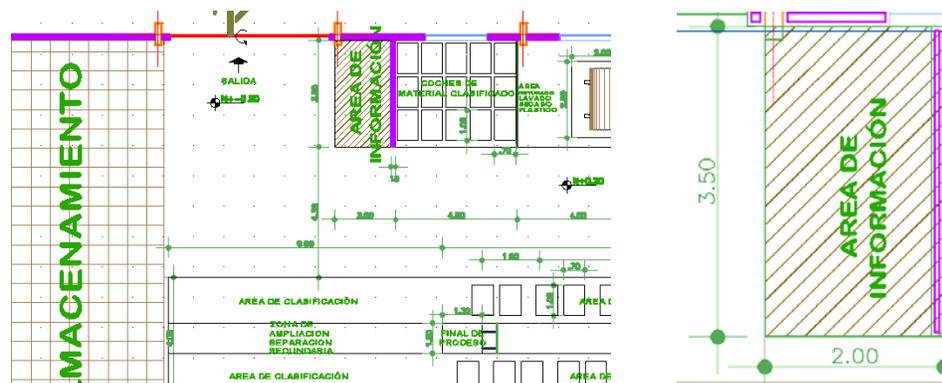


Figura 5.46 Vista arquitectónica general del área de información la planta de reciclaje



Figura 5.47 Vista arquitectónica específica del área de información de la planta de reciclaje

### 5.5.2 ÁREA DE COCHES DE MATERIAL CLASIFICADO

Todos los equipos al terminar la jornada laboral deberán ser colocados en zonas específicas y no entorpecer el paso en los corredores de la planta, por tanto se prevé un lugar apropiado para colocar los coches y así también permitir una limpieza total de zonas de movimiento y clasificación.



Figura 5.48 Vista arquitectónica y distribución de coches de material clasificado para áreas de clasificación, triturado, lavado y secado



Figura 5.49 Vista arquitectónica y distribución de coches de material clasificado para áreas de clasificación, compactado, pesaje y almacenamiento

Se requieren 27 coches para el funcionamiento dentro de la zona de clasificación. Para esto se ha dividido el total de coches para su estacionamiento temporal en zonas aledañas a la compactación y la de triturado, lavado y secado.

De esta manera, se tiene una provisión adecuada de coches para transporte de material dentro de cada unidad de proceso, de modo que los trabajadores no tengan que recorrer largas distancias para acceder a un coche.



Este sitio consta con un área de 10,5 m<sup>2</sup>.

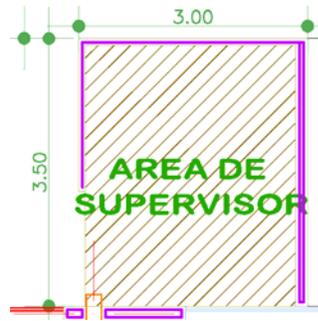


Figura 5.52 Vista arquitectónica específica del área de supervisión de la planta de reciclaje

#### 5.5.4 EQUIPOS ELÉCTRICOS

En este sitio se instalarán tableros de control energizados, Ups y otros equipos; los cuales regulan la energía que ingresa a la planta para luego ser repartida hacia todas las máquinas.

Por ser equipos que pueden causar serios accidentes con descargas eléctricas, estos han sido ubicados dentro de un lugar seguro con paredes, las cuales no permite un ingreso de personas sin autorización previa del supervisor.

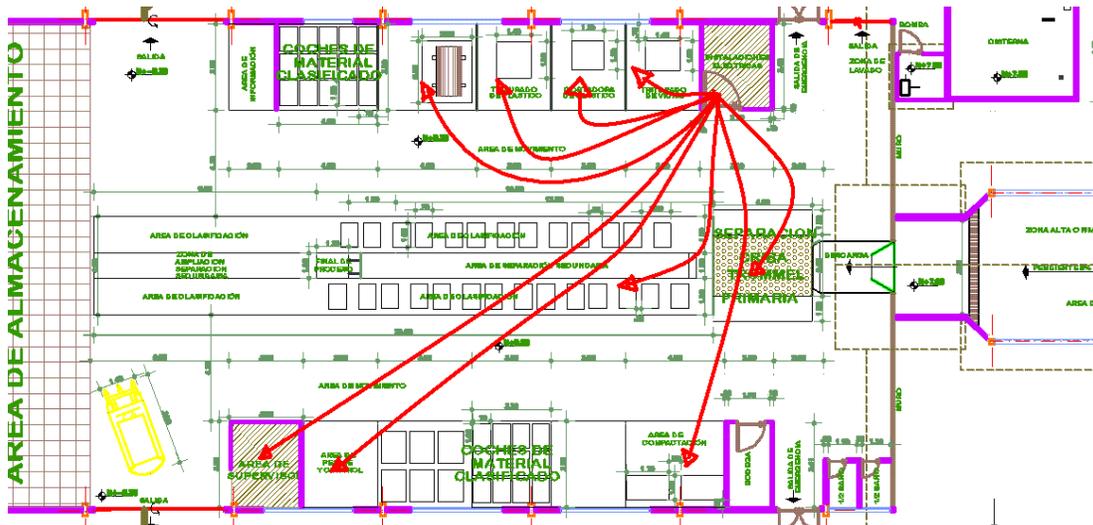


Figura 5.53 Vista arquitectónica y distribución de sistema eléctrico hacia las unidades de procesado, desde tableros de control

El área con la que se cuenta para la instalación de dichos equipos es de 9 m<sup>2</sup>.

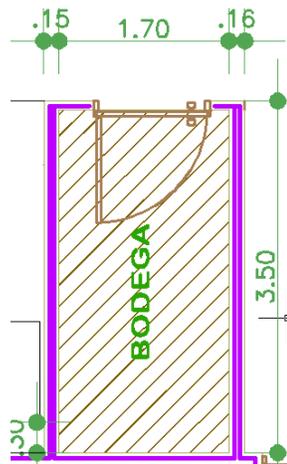


**Figura 5.54 Vista arquitectónica específica del área para instalación de equipos eléctricos**

### 5.5.5 BODEGA

Para facilitar el trabajo de almacenamiento de las herramientas y equipos que se utilizan en limpieza o mantenimiento se ha previsto un área de 6 m<sup>2</sup>. Con esto, se pretende establecer ciertos espacios requeridos para el ordenamiento de los mismos.

Pueden existir equipos de gran valor, que se pueden guardar temporalmente dentro de la bodega; por lo tanto también se contará con la adecuación de paredes para este sitio, evitando así la pérdida o daños que se puedan darse al estar en otro lugar de la planta.



**Figura 5.55 Vista arquitectónica específica del área para bodega**

### 5.5.6 BAÑOS O LETRINAS

Los sanitarios serán utilizados por las personas que laboran en planta, si el número de usuarios están entre 10 y 25 personas se recomienda 2 inodoros y 3 lavabos para trabajos industriales de grado medio de suciedad.

El área disponible para este sitio es de 5m<sup>2</sup>, adecuado un baño para hombres y otro para mujeres.

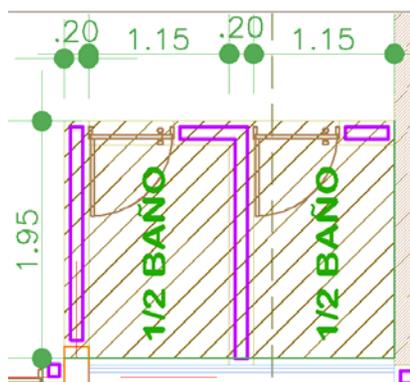


Figura 5.56 Vista arquitectónica específica del área para baños.

### 5.6 INFRAESTRUCTURA AUXILIAR EXTERNA

Las oficinas de la planta, los talleres mecánicos y los laboratorios deben localizarse tan alejados como sea posible de las unidades de operación. No existe ninguna necesidad real de que las oficinas estén cerca de las unidades de proceso.

Las bodegas y los servicios de carga deben localizarse en los linderos de la planta, para que tengan fácil acceso de los caminos públicos y además que estos queden tan lejos como sea posible de las zonas de peligro.

Como complemento de los locales industriales han de ser estudiados una extensa gama de servicios que aun cuando no sean indispensables, sí se deberían construir para comodidad y recreación del trabajador.

Citamos en orden a su importancia los siguientes servicios complementarios:

- 1) Instalaciones higiénicas.
- 2) Comedores.
- 3) Vestuarios.
- 4) Jardinería.

5) Otras instalaciones.

Toda fábrica, por mínima que sea deberá disponer de instalaciones higiénicas, con inodoros y lavabos.

Los vestuarios en industrias de gran cantidad de personal se deben establecer por secciones, de tal forma que siempre se conozcan los posibles percances que puedan ocurrir y quien los comete, es decir, que por obligación el individuo se sienta responsable del buen cuidado de las instalaciones.

Si la instalación industrial es de cierta categoría se podría añadir al comedor otra dependencia para sala de reposo, lectura y recreo, zonas verdes, deportivas, jardines, etc.

Al aire libre se puede disponer de un gran patio, donde se puede instalar un pequeño campo de deportes y zona de jardín.

## 5.7 REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA Y SU DISTRIBUCIÓN

El personal se desenvolverá en cada una de las unidades descritas anteriormente, en las cuales se requerirá de personas con cierto nivel de instrucción profesional en algunos casos y en otros con algún tipo de experiencia en trabajos como limpieza, que lo pueden hacer tanto hombres como mujeres, se debe procurar impartir cursos de capacitación por los directivos o jefes del programa de reciclaje.

En la planta se requerirá de personal para emplearse en las distintas unidades que existen en los procesos que se describen a continuación:

**Cuadro 5.3 Mano de obra para unidades de la planta de reciclaje**

<b>Numero de Trabajadores</b>	<b>Unidad</b>	<b>Personal Calificado</b>	<b>Requiere Capacitación</b>
1	Registro de ingreso y salida	NO	NO
0	Área de movilización vehicular	----	----
1	Área descarga de material inorgánico	NO	NO

**Cuadro 5.3 Mano de obra para unidades de la planta de reciclaje  
(Continuación)**

1-2	Área de pre – clasificación	NO	SI
0	Separación primaria	-----	----
1	Recipientes para transporte interno de material no recuperable	NO	NO
9	Separación secundaria	NO	SI
1	Recipientes para material no recuperable	NO	NO
1	Recipientes para transporte interno de material recuperable	NO	NO
1	Lavado y secado de plástico	NO	SI
1	Triturado de plástico	NO	SI
0	Corte de plástico	-----	----
1	Triturado de vidrio	NO	SI
1-2	Compactación	NO	SI
1	Pesaje	NO	SI
1-2	Almacenamiento	NO	NO
0	Área de coches de material clasificado	-----	----
1	Área de supervisión	SI	
0	Bodega	-----	----
-	Baños o letrinas	-----	----

Elaboración: Fernanda Maldonado, Andrés Garzón

## **5.8 REQUERIMIENTOS DE VEHÍCULOS, EQUIPO Y HERRAMIENTAS**

En la planta el equipo necesario son utensilios de albañilería, jardinería y otros desempeñados de acuerdo a las necesidades.

### 5.8.1 HERRAMIENTAS Y EQUIPO

De acuerdo a la planificación descrita anteriormente de procesos a realizarse en planta se deberán adquirir materiales de consumo como:

**Cuadro 5.4 Herramientas utilizadas en procesos de rellenos sanitarios y plantas de tratamiento**

Nombre	Uso
Pala	Cargar, descargar y manejo de basura suelta. Excavaciones. Mantenimiento y construcción de cunetas.
Azadón	Aflojar el terreno. Trabajos de arborización. Mantenimiento, construcción de cunetas y canales de drenaje.
Barra	Aflojar el terreno para excavaciones.
Pico	Mullir el terreno para excavaciones. Trabajos de arborización.
Horquilla o diablo	Carga y descarga de basura en fundas.
Machete, martillo, sierra, rastrillo, carretilla, rodillo manual, escobas y trapeadores industriales.	

Elaboración: Fernanda Maldonado, Andrés Garzón

Además en el capítulo de seguridad industrial se detallará equipos de protección, requerido por el personal para laborar en planta.

### 5.8.2 VEHÍCULOS

Los vehículos que se detallan a continuación son los que frecuentemente se utiliza en los rellenos sanitarios.

**Cuadro 5.5 Vehículos de carga usados en rellenos sanitarios y plantas de tratamiento**

<b>Nombre</b>	<b>Uso</b>
Carros manuales, carretillas o remolque	Para transporte interno, del material clasificado hacia las diferentes unidades de procesamiento de material.
Camión o volqueta	Si las economías en el costo de transporte lo justifican
Montacargas	Para transportar los materiales luego de haber sido procesados por las maquinas trituradoras, picadoras y compactadoras.
Tractor	Para cargar hacia volquetas los desechos generados de la clasificación, esto es opcional, dependiendo de las cantidades de material al final del proceso.

Elaboración: Fernanda Maldonado, Andrés Garzón

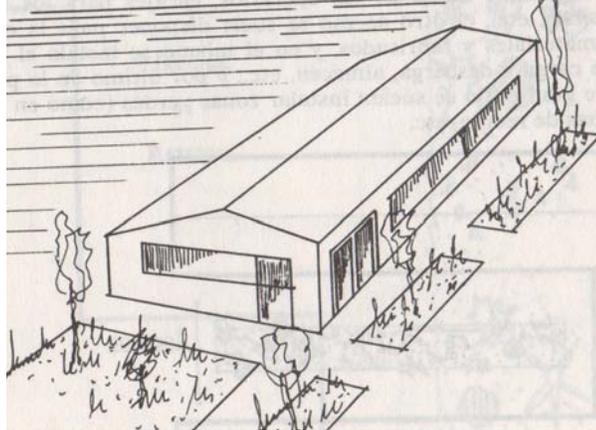
## **5.9 ESTUDIO Y ELECCIÓN DE LA NAVE INDUSTRIAL**

Los tipos de edificios que por lo general tienen las plantas de proceso son relativamente sencillos, parecidos a los de los talleres que se usan en las plantas de la industria pesada, con la excepción de que los edificios de las plantas de proceso son por lo común de construcción más ligera.

### **5.9.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA**

Tomando en cuenta una posible ampliación, la planta de reciclado, tendrá forma rectangular lo que permitirá añadir secciones en sus extremos; por ser de simple forma y composición.

Se usará una estructura sencilla de acero para abrigar el equipo mecánico que estará dispuesto a un procesamiento en cadena, donde las máquinas van en filas o hileras. De un solo piso con techos de dos aguas con cubiertas metálicas de lámina corrugada o de asbesto (cemento), con las que se forman también las paredes.



**Figura 5.57 Dibujo de naves industriales rectangulares**

Por ser un clima cálido, el edificio está abierto en los costados donde el viento no interfiera con el proceso.

### **5.9.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA PLANTA**

Cada planta difiere en muchas formas y no hay dos plantas exactamente similares; ya que tampoco los diseños son únicos. Sin embargo, es posible describir algunas de las reglas más importantes que aseguran una distribución satisfactoria.

La preparación de planos maestros del conjunto (implantación general) y unitarios de cada proceso, son la clave para una buena operación y una construcción económica.

Los pasos a seguir en la preparación para las características físicas de las unidades son:

- 1) Especificar la secuencia de flujo de tal manera que su distribución en el plano sea funcional. (Capítulo 3).
- 2) Enlistar e indicar las máquinas y equipos a instalarse, señalando y detallando sus posibles dimensiones a ocupar (Capítulo 4).
- 3) Detallar los espacios respecto a posibles obstáculos que pueden existir (paredes, ventanas, otras unidades), para permitir un fácil mantenimiento dentro de las instalaciones (Capítulo 5).
- 4) Prever los posibles problemas de instalación de los equipos. Su localización debe permitir la instalación de todos los componentes sin afectar la estética del edificio (Capítulo 5).

- 5) Prever los posibles peligros de operación, de tal manera que pueda preverse de la distribución más segura del equipo (Capítulo 6).

Para algunas unidades de la planta se tiene características estandarizadas, debido a requerimientos especiales, los cuales se describen a continuación:

#### **A. Tolva de recepción**

Se construirá un sitio de recepción en la cual se depositará la basura para trasladarla al proceso separación. La tolva debe ser adecuada para la descarga de desechos y la fácil dispersión de los mismos a la siguiente etapa.

### ***CARACTERÍSTICAS DE ESTRUCTURA DE LA PLANTA***

- **Largo y ancho:** Forma V o U (con la punta en dirección de la planta de reciclaje y la parte abierta frente a la descarga de los recolectores), área suficiente para almacenar la basura de dos días.
- El suministro de la criba tambor desde la tolva recibidora se puede realizar de diferentes maneras. Si la topografía lo permite, siempre se debe preferir la transferencia de los materiales por gravedad en una pendiente natural, es decir, la tolva de recepción se debe ubicar arriba de la criba tambor, para dejar caer los desechos hacia la criba por una tolva inclinada. Este método economiza costos de inversión y de operación, además es mejor desde el punto de eficiencia energética.

### ***ESPECIFICACIONES TÉCNICAS***

- La tolva recibidora se debe construir de hormigón, con muros a los dos lados, un lado abierto para que puedan descargar los camiones y un lado abierto opuesto para transferir los materiales. Los muros son necesarios para evitar la dispersión de materiales volátiles en los alrededores de la planta de reciclaje. Además se debe construir un canal en la parte más baja que permita la evacuación de aguas lixiviadas.
- La profundidad tiene que ser baja para garantizar un manejo manual de los desechos y permitir una pre-clasificación de los materiales.
- Profundidad máxima: 1 m.
- Inclinación: 3 %.

### **5.9.2.1 Diseño de tuberías**

Su diseño es muy importante en una planta de tratamiento de residuos sólidos, ya que está íntimamente relacionado con la ingeniería del proceso y así conocer las longitudes, especificaciones y correlación que puede tener una tubería en las diferentes unidades ubicadas en planta.

### **5.9.2.2 Diseño estructural**

Se diseña todas las cimentaciones, las estructuras de acero o concreto reforzado y los edificios de tipo industrial. Es común, indicar en el mismo dibujo todo lo que se va a instalar bajo tierra tal como cimiento, tuberías y conductos para electricidad.

En los planos aprobados en el Departamento de Obras Públicas se ha presentado los diseños estructurales con los respectivos cálculos para un seguro dimensionamiento con respecto a las posibles cargas que se pudieran generar.

Además con documentos como:

- Dibujos donde se muestren los detalles de las estructuras de acero.
- Dibujos del edificio y diseños de la ventilación u otros accesorios pertinentes.
- Lista y especificación de todos los materiales.

### **5.9.2.3 Diseño eléctrico**

El diseño eléctrico completo, es necesario para realizar el proyecto de acuerdo con las especificaciones particulares y con los diferentes códigos aplicables a instalaciones eléctricas.

Específicamente el trabajo consiste en:

- Trazado de todos los conductos eléctricos y dibujos finales.
- Preparación de todas las especificaciones del equipo eléctrico.
- Lista completa de todos los materiales eléctricos, cables, conductos, etc.

- Se especifica la potencia necesaria y algunas otras necesidades mecánicas.

Con respecto a la maquinaria a instalarse, se ha previsto dentro de la planta instalar algunos dispositivos de seguridad para los trabajadores y supervisores como:

- Disponer de medios para desconectar a control remoto el equipo de operación, además de los sistemas de arranque locales.
- Los elementos críticos como el sistema de interruptores y transformadores deben localizarse tan lejos como sea posible de las plantas de tratamiento.
- La planta deberá estar bien alumbrada en todas sus partes para que los operadores puedan evitar choques y caídas.
- La electricidad estática y los rayos constituyen riesgos reales para la operación de la planta de proceso. Nada puede evitarlos, pero es posible protegerse. Hay que vigilar las acumulaciones de electricidad estática y sus descargas en los casos siguientes:
  - a. En la maquinaria en movimiento (bandas, transportadores, etc.)
  - b. En las corrientes de fluidos o de polvo.
  - c. En los seres humanos.

#### **5.9.2.4 Diseño arquitectónico**

La localización del equipo en el interior de la planta debe basarse en el proceso, en la seguridad o en las necesidades del mantenimiento. Por lo tanto, son de naturaleza secundaria las estructuras, soportes, cubiertas y cimentaciones, y su diseño dependerá de la distribución del arreglo que se haga interiormente con las partes del equipo de proceso.

El diseño de las estructuras, por lo general se basa en las normas indicadas en el manual de práctica publicado por la *American Institute of Steel Construction*, generalmente aplicados por los ingenieros civiles, los cuales en el Municipio de la ciudad de Ibarra han prestado sus servicios para analizar los detalles técnicos de la nave industrial. En la planta de proceso se han preparado

bosquejos esquemáticos, donde se ha descrito detalladamente todos los aspectos a tomarse en cuenta dentro de este capítulo.

## **VENTILACIÓN**

La ventilación debe ser debidamente proyectada con el fin de no levantar o remover las partículas del proceso como papel o plástico, con los consiguientes dificultades que causa en la clasificación.

Por ser un local pequeño; el polvo es producido en pequeñas proporciones y pueden instalarse huecos para ventilación para ciertas áreas.

De ninguna manera se pueden instalar ventiladores u otros aparatos renovadores de aire, ya que se avivaría la circulación de las partículas, siendo excesivamente molesto y muy dañino para la vista.

Cuando el polvo es muy fino y si hay corrientes de aire, por muy pequeñas que sean; se originan nubes de polvo especialmente al aire libre o en locales ventilados de forma inadecuada.



**Figura 5.58 Fachadas de las instalaciones de la planta de reciclaje de la ciudad de Loja**

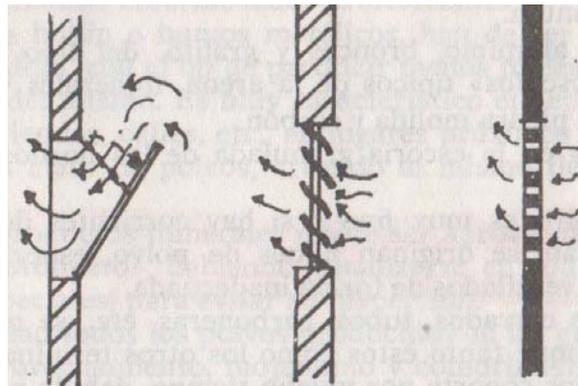
### **A. Ventilación: sistemas y características**

La ventilación consiste en hacer penetrar en una estancia el aire del exterior con el objeto de expeler el aire viciado interior. La ventilación realiza una renovación del aire en el interior de los edificios, y ha de estar proyectada adecuadamente para cumplir tal propósito.

Los huecos, sistema empleado en ventilación cuyas medidas varían según el volumen de aire de la dependencia; cuando las dependencias son grandes se efectúa la ventilación mediante varios huecos.

La ventilación por huecos en las paredes (ventanas practicables) es más cómoda y muy práctica, por ello la más extendida. Es cómoda para su apertura y cierre, el espacio abierto es total logrando más rendimiento.

El aire se vicia mediante varios factores, como son: el consumo de oxígeno por la respiración, mediante combustiones (montacargas); esto se contrarresta mediante mayores dimensiones del local, especialmente en altura, y mediante la ventilación.



**Figura 5.59 Huecos para ventilación en instalaciones de naves industriales**

### **B. Volumen de aire que exige la ventilación**

Para evitar los remolinos de polvo y la formación de nubes en los locales industriales, es preciso que la ventilación sea estudiada de manera que renueve el aire del local sin dar lugar a la existencia de corriente de aire.

El volumen de aire que hay que renovar es difícil, y en ocasiones imposible de calcular exactamente. Si se elige cuidadosamente la construcción y situación de los conductos de entrada y salida de aire, así como la velocidad y dirección del mismo, se aumenta mucho el volumen de aire renovado por hora, llegando hasta más de 5 veces la capacidad del local.

**Cuadro 5.6 Caudal y volumen de aire en diferentes lugares**

<b>Situación</b>	<b>Dimensionamiento</b>
Para locales con número determinable de personas (escuelas, cines, etc.).	20 a 25 m <sup>3</sup> /hora (en invierno).

**Cuadro 5.6 Caudal y volumen de aire en diferentes lugares  
(Continuación)**

Para locales de desconocido número de personas.	40 a 50 m <sup>3</sup> /hora (en verano.
Habitaciones.	1 a 2 veces el volumen del local.
Comedores.	3 a 7 veces.
Guardarropas de fábricas.	2 a 3 veces.
Cuartos de baño y retretes.	5 veces.
Fábricas y locales: Depende de los productos, los gases y olores que desprendan, el número de operarios, etc.	5 veces el volumen del local.

Elaboración: José M. Ledo

El volumen de aire que entra o sale en los locales es, además, función de la diferencia de temperaturas entre el interior y exterior, de la existencia de viento y situación del edificio, de que el aire esté en calma, etc.

### **5.9.3 OBRA CIVIL**

Se ha realizado los planos con personal dedicado a este trabajo en el Departamento de Obras Públicas y Departamento de Planificación, donde se fijaron todas las especificaciones tanto de cálculo, fabricación y montaje de acuerdo a las facilidades que se pretendan tener en planta. Finalizando con la verificación y aprobación de los cálculos estructurales para un funcionamiento óptimo de la nave industrial.

De acuerdo a los requerimientos mecánicos del equipo y diagramas de flujo, se ha dimensionado y ubicado las unidades de trabajo. Estableciendo las especificaciones que reúnan las mejores características de funcionamiento global.

Igualmente los diseños arquitectónicos se los aprobó en el Departamento de Planificación, verificando su correcto funcionamiento según las normas establecida en el municipio para su futura construcción. (*ver Anexo O*)

#### **5.9.4 PROVEEDOR**

El presupuesto realizado fue en base a precios existentes en el Departamento de Obras Públicas de la municipalidad; además el desglose de todos los rubros ha sido revisado por personal técnico de dicho departamento, considerando precios unitarios de cada material vigente al mes de agosto de 2008. Incluyendo un valor adicional del 26% correspondiente a costos indirectos; de acuerdo al decreto existente, establecido por la Cámara de Concejo.

Sin embargo, existen rubros que no constan en el Departamento y por ello se ha elaborado cotizaciones según los detalles de cada requerimiento que fueron verificados previo a la elaboración final del presupuesto.

## **CAPÍTULO 6**

### **SEGURIDAD INDUSTRIAL**

#### **6.1 CRITERIOS DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

Las operaciones de mantenimiento tienen lugar frente a la constante amenaza de la ocurrencia de una falla o error en una maquinaria o equipo. Además permite optimizar el rendimiento de los componentes de los procesos dentro de la planta.

Se debe considerar que los enfoques del mantenimiento no son sólo técnico y económico, sino también el social, cuyo valor es incalculable y que debe tomarse en cuenta para darle importancia al mantenimiento en la industria.

Enumeramos los siguientes enfoques:

- **Enfoque técnico:** Conservar la infraestructura, equipamiento e instalaciones en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y confiable, para no interrumpir los procesos de la planta de reciclaje.
- **Enfoque económico:** Contribuir con los medios disponibles a sostener la conservación de la infraestructura física con los costos de operación más bajos posibles.
- **Enfoque social:** Evitar que una falla de las instalaciones ponga en riesgo la prestación adecuada de los servicios de salud.

##### **6.1.1 OBJETIVOS DE MANTENIMIENTO**

- Proteger la inversión, conservando y prolongando la vida útil de la infraestructura física de la planta con la finalidad de brindar un mejor servicio de calidad a los usuarios.
- Mejorar la capacidad operativa y dar un funcionamiento en forma permanente e ininterrumpida durante las horas del trabajo.
- Disminuir las tasas de deterioro de la infraestructura física, evitando elevados costos de operación y pérdidas de la inversión realizada.

## **6.1.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO**

### **6.1.2.1 Mantenimiento preventivo**

Este mantenimiento se lo realiza antes de que ocurra una falla o avería, es una actividad programada con inspecciones de seguridad, ajustes, análisis, limpieza, lubricación, calibración; las cuales pueden llevarse a cabo en forma periódica.

El mantenimiento preventivo permite detectar fallos repetitivos y disminuir los tiempos muertos para reparaciones, además el fabricante del equipo puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos.

Por otra parte, se lo puede realizar en un momento en que la planta no se está trabajando; asimismo se cuenta con una fecha programada con la finalidad de tener herramientas y repuestos necesario. Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente.

### **6.1.2.2 Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predictivo es un método para pronosticar una futura falla de un componente en una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse antes de su falla; minimizando así el tiempo muerto. Esta técnica tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos.

La implementación de este tipo de método requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal calificado; pues se necesita mediciones de parámetros de operación del equipo.

### **6.1.2.3 Mantenimiento correctivo**

Este mantenimiento también es conocido como “mantenimiento reactivo”, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema.

La aplicación de este tipo mantenimiento trae consigo consecuencias como: paradas no previstas en el proceso, disminuyendo las horas operativas. Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.

### **6.1.3 MANTENIMIENTO EN LA PLANTA**

Dentro de la planta de reciclaje se llevarán a cabo los criterios de los tres tipos de mantenimiento de acuerdo a la necesidad que se presente en cada lugar de trabajo.

Asimismo se dará recomendaciones de cómo dar un mantenimiento a las diferentes áreas de la planta (*ver Anexo P*).

## **6.2 CRITERIOS DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL**

Es indispensable considerar la prevención y control de riesgos que se dan en procesos de trabajo, pues se debe dar protección a los trabajadores, al medio ambiente y la contribución a un desarrollo seguro y sostenible.

Para hablar de una calidad laboral se debe controlar las condiciones dentro del lugar del trabajo para que no se conviertan en una amenaza para la seguridad y salud de los empleados.

Al establecer condiciones de seguridad es necesario establecer las características generales de los locales (espacios, pasillos, suelos, escaleras, etc.), instalaciones (eléctrica, de gases, de vapor, etc.), equipos de trabajo (máquinas, herramientas, de elevación, de manutención, etc.), almacenamiento y manipulación de cargas u otros objetos, de materiales y de productos inflamables o utilización de químicos peligrosos.

Por otra parte, se debe implantar condiciones ambientales seguras: exposición frente a agentes físicos (ruido, vibraciones, radiaciones, etc.), agentes químicos y otros factores dentro de la planta como ventilación industrial e iluminación.

### **6.2.1 SEGURIDAD EN EL TRABAJO**

Consiste en un conjunto de técnicas y procedimientos que tratan de eliminar o minimizar los riesgos que conducen a la materialización de accidentes o lesiones, incluidos los efectos agudos producidos por agentes o productos potencialmente peligrosos.

Cuando se habla de seguridad industrial se amplía el concepto, al integrar en los objetivos de prevención y protección a toda persona que pudiera verse

afectada por la actividad industrial; tanto en lo que respecta a su integridad física y su salud, como a la integridad de sus bienes y al medio ambiente.

### **6.2.2 HIGIENE INDUSTRIAL**

La higiene industrial, como técnica no médica de prevención ante los riesgos laborales relativos a la posibilidad de sufrir alteraciones en la salud por una exposición a agentes físicos, químicos y biológicos de carácter esencialmente preventivo con procedimientos técnicos mediante la siguiente secuencia:

1. **Identificación** de los diferentes agentes de riesgo.
2. **Medición**, en casos cuando exista exposición ante agentes peligrosos o nocivos para la salud (concentración/intensidad y tiempo de exposición).
3. **Valoración del riesgo de exposición**, comparando las dosis de exposición con los valores de referencia según los criterios establecidos en normas vigentes.
4. **Corrección** de la situación.
5. **Controles periódicos** de la eficacia de las medidas preventivas adoptadas frente a la exposición de riesgos industriales.

## **6.3 DISPOSICIÓN Y USO DE NORMAS INDUSTRIALES**

### **6.3.1 EDIFICIOS E INSTALACIONES**

#### **6.3.1.1 Pisos y pasillos**

La consideración más importante para pisos y pasillos no es cómo están contruidos, sino cómo se les da mantenimiento. Las normas de limpieza requieren que las áreas “se mantengan limpias, ordenadas y en condiciones sanitarias aptas”.

Los pasillos son importantes y las normas respectivas especifican que los que son permanentes deben mantenerse despejados de obstrucciones peligrosas y tener señales apropiadas.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Basado en la NORMA INEN CPE INEN 5, Parte 8:1986, Sección IV

La norma de señalización de pasillos de la OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) ha dejado su propia marca en la industria. El término “apropiadamente señalizado” significaba el principio con negro o blanco o combinaciones de blanco y negro para pasillos. Pero finalmente se estableció que la elección del color es de poca importancia, lo primordial es que los pasillos estén bien señalizados.

#### **6.3.1.2 Salidas**

Como las salidas son puertas que dan al exterior, desde el punto de seguridad se consideran medios de escape, especialmente en caso de incendio. Estas consideraciones son exactas pero incompletas, pues se debe ampliar el concepto con el término general de *medios de escape*, que comprenden:

1. La ruta de acceso a la salida.
2. La ruta en sí.
3. La ruta de evacuación de la salida.

#### **6.3.1.3 Iluminación**

La iluminación o la falta de ella, puede ser un riesgo de seguridad, pero no está reglamentada la mínima iluminación segura, excepto en las áreas especializadas. Todo letrero de salida debe estar bien iluminado con una fuente de luz confiable, con un valor no menor a cinco lúmenes por pie cuadrado sobre la superficie iluminada. Esto no significa que un letrero por ejemplo el de salida, debe estar iluminado desde adentro, de modo que una alternativa es luz artificial externa. Tampoco hay nada de malo en confiar en la iluminación natural (luz del sol) si incide en el letrero de salida con no menos de cinco lúmenes por pie cuadrado. Ahora bien, la iluminación natural es un problema si tiene acceso al área los trabajadores del segundo o el tercer turno. Dicho sea de paso, cinco lúmenes por pie cuadrado no es mucha iluminación y normalmente la mayor parte de las áreas de las plantas están iluminadas por niveles de luz más elevados.

## **6.3.2 CONTROL AMBIENTAL Y RUIDO**

### **6.3.2.1 Ventilación**

Puede ser la solución de ingeniería más obvia al problema de los contaminantes del aire, pero antes de aplicarla se debe reconocer que hay otras formas de tratar el problema que pueden ser incluso mejores.

La OSHA tiene una norma que se ocupa del tema, pero debe subrayarse que la ventilación es un aspecto muy técnico.

### **6.3.2.2 Ruido industrial**

La exposición al ruido es otro problema de salud, ya que una exposición crónica causa serios daños. Una sola exposición aguda puede causar daño permanente, y en este sentido, el ruido es un problema de seguridad, pero las exposiciones a tales ruidos son muy raras. Igual que con otros riesgos para la salud, el ruido tiene un umbral límite, y las exposiciones se miden en términos de promedios ponderados por tiempo (PPT).

#### **Decibeles**

Es difícil hablar con sensatez de un intervalo tan grande de presiones audibles, y especialmente difícil establecer normas. La situación se complica aún más por la disminución de la capacidad del oído humano de detectar diferencias de presión conforme los sonidos se hacen más fuertes. Para tratar estos problemas, se ha diseñado una unidad de medida llamada *decibel* (dB), que mide la intensidad de la presión del sonido.

Fuentes de ruido	Nivel sonoro (dB)	Esfuerzo requerido para hablar
Perforadora neumática (a 1.5 metros)	115	<u>Casi imposible</u> comunicarse
Sierra de cadena (junto al oído)	110	<u>Muy difícil</u> comunicarse
Banda de rock and roll de adolescentes		
Máquina remachadora		
Máquina clavadora		
Área de vibración de fundición		
Cepillo de madera		
Prensa troqueladora		
Martillo de forja		
Malacate neumático de aire: 4000 lb	105	<u>Gritar</u> con manos ahuecadas entre boca y oído de la otra persona
Revolvedor de 15 × 7.5 cm, pequeñas fundiciones	100	<u>Gritar</u> a 15 cm
Máquina atornilladora automática	95	<u>Gritar</u> a 30 cm
Forjado de tuercas	90	Voz normal a 15 cm, gritar a 60 cm
Cuarto de calderas		
Soldadora de arco	85	Voz normal a 30 cm, gritar a 1.2 m
Máquina fresadora (a 1.2 metros)		
Taladro neumático	80	Voz normal a 45 cm, gritar a 1.8 m
Interior de un automóvil (a 80 kph)	75	Voz normal a 60 cm, gritar a 2.4 m

**Figura 6.1 Niveles del ruido en decibeles de sonidos familiares (Fuente: NIOSH)**

En la *Occupational Safety and Health Act* (OSHA, Ley de Seguridad y Salud Ocupacional) se definen ciertas condiciones como seguras o peligrosas. Además, se ha empezado a reconocer que el ruido es un contaminante y una molestia para el oído.

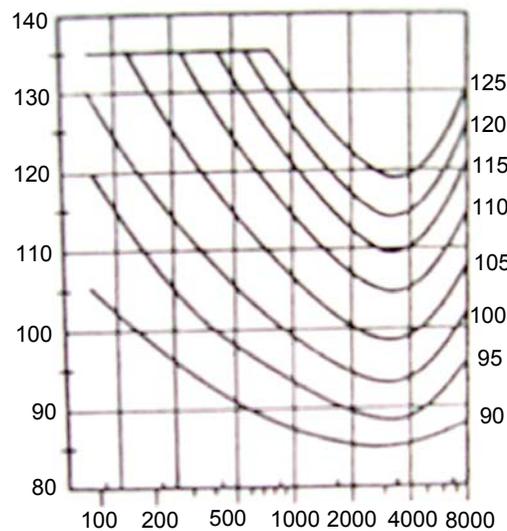
En la actualidad se han definido los niveles del ruido en el medio ambiente y hay ciertas pruebas de que el ruido puede ocasionar padecimientos como ansiedad y desórdenes cardiacos. Se requiere protección contra el ruido cuando los niveles de ruido del sonido exceden de los indicados en la *Tabla 6.1* cuando se miden en la escala A con respuesta lenta en un medidor estándar de nivel del sonido (excepto en el caso de alarmas, etc., según lo dispone la OSHA).

**Tabla 6.1 Exposiciones permisibles del ruido**

<b>Horas por día, h</b>	<b>Nivel del sonido, dBA, respuesta lenta</b>
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1 ½	102
1	105
1/2	110
¼ o menos	115

Fuente: MARKS, Manual del Ingeniero Mecánico, Tomo II

La conversión de los niveles de análisis de niveles sonoros normales a niveles de ponderación A, se lo puede hacer con la *Figura 6.2*.



Contornos equivalentes de nivel del sonido. Los niveles de presión del sonido normal se puede convertir al nivel equivalente de ponderación A al trazarlos en esta gráfica y observar el nivel de sonido con ponderación A que corresponda al punto de máxima penetración en los contornos de nivel del sonido. Este nivel equivalente de sonido con ponderación A, que puede diferir del nivel real de sonido con ponderación A del ruido, se emplea para determinar los límites de exposición.

**Figura 6.2 Tabla de conversión de niveles de ruido**

Cuando el ruido ambiental es mayor que el especificado en esa ley, hay que suministrar protección. Además de los niveles, también interviene los tiempos de exposición ver *Tabla 6.1*.

Cuando se sobrepasan los 90 dBA, la OSHA también exige “tener un programa continuo y eficaz de protección para la audición”; es decir que conste de revisiones de la audición de las personas, pruebas audiométricas, monitoreo de ruido, calibración del equipo, capacitación, señales de advertencia en áreas ruidosas.

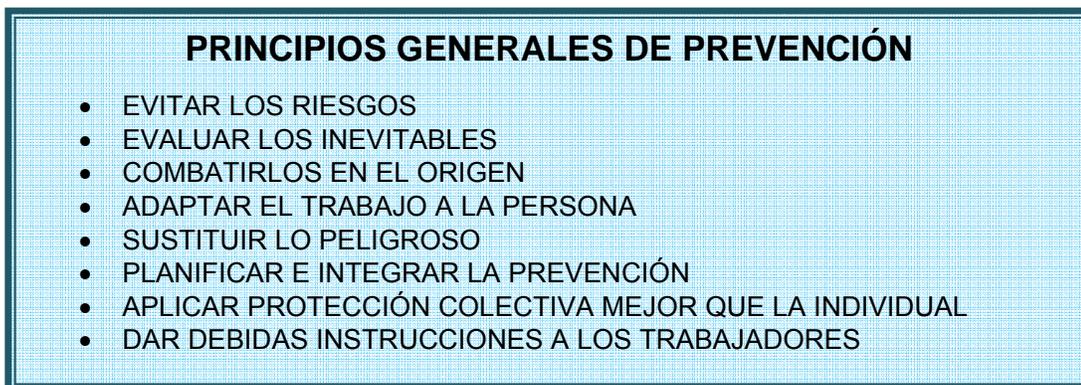
## **6.4 PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES**

Para establecer cómo prevenir riesgos se debe analizar todas las medidas adoptadas o previstas, en todas las fases de actividad de la planta (incluida la concepción, diseño y proyecto de procesos, lugares de trabajo, instalaciones, dispositivos, procedimientos, etc.) dirigidas a evitar o minimizar los riesgos laborales o derivados del trabajo.

### **PRINCIPIOS DE PREVENCIÓN**

En la *Figura 6.3* se enuncian los principios generales de prevención de los riesgos laborales, en un cierto orden de prioridad, con la primera exigencia de evitarlos y en caso de no ser esto posible, combatirlos en el origen.

Es vital planificar la prevención de riesgos, el diseño de los puestos de trabajo, la elección de los equipos de trabajo, la organización y métodos de las tareas a desarrollar. El trabajo se adaptará a la persona y se procurará sustituir lo peligroso por lo que no lo sea o lo sea en menor medida.



**Figura 6.3 Principios de prevención**

## 6.5 PELIGROS DE ELECTRICIDAD

Este aspecto se basa de la publicación OSHA 3075, Controlling Electrical Hazards, en el cual se establece los principales riesgos eléctricos.

### 6.5.1 DESCARGA ELÉCTRICA

La electricidad debe viajar en un circuito cerrado a través de un material denominado conductor. Cuando el cuerpo es parte de este circuito, la corriente eléctrica pasa a través del cuerpo de un punto a otro, y se produce una descarga.

La severidad de la descarga recibida por una persona está dada, por lo general, en función de la cantidad de corriente que fluye a través del cuerpo, del camino de la corriente entre los puntos de contacto del cuerpo con el circuito y la duración del contacto. Otros factores que pueden afectar son la frecuencia (Hz) de la corriente, la fase de la frecuencia cardiaca y la salud general de la persona. No existen niveles absolutos de corriente que provoquen la misma sensación en todas las personas. En el *Cuadro 6.1* se explica el efecto general de una corriente de 60 ciclos que dure 1 segundo y que pase de la mano al pie (una ruta común). Nótese que la corriente que supere el rango de los 5 a los 30 miliamperes puede provocar la pérdida del control del músculo y evitar que la persona se libere de manera voluntaria del contacto con la energía. Esto puede provocar una duración más prolongada de la exposición, lo cual daría como resultado una lesión severa o incluso la muerte.

**Cuadro 6.1 Efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano**

Corriente	Reacción
1 miliamper	Nivel de percepción. Sólo un leve cosquilleo.
5 miliamperes	Se siente una leve descarga; no es dolorosa pero sí perturbadora. La persona promedio puede escapar. Sin embargo las reacciones violentas involuntarias a las descargas en este rango pueden conducir a lesiones.
6-25 miliamperes (muj.); 9-30	Descarga dolorosa; se pierde el control muscular. Se denomina corriente congelante o rango "de escape".*

**Cuadro 6.2 Efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano  
(Continuación)**

miliamperes (homb.)	
50-150 miliamperes	Dolor extremo, ataque respiratorio, contracciones musculares severas*. El individuo no puede escapar. Es posible que sobrevenga la muerte.
1000-4.3 amperes**	Fibrilación ventricular (cesa la reacción rítmica de bombeo del corazón). Tiene lugar la contracción muscular y daño los nervios. Es muy probable que sobrevenga la muerte.
10+ amperes	Ataque cardiaco, quemaduras severas y probable muerte.
<p><i>*Si los músculos extensores se excitan con la descarga, la persona puede ser arrojada del circuito.</i></p> <p><i>**Cuando las duraciones de la descarga involucran tiempos prolongados de exposición (5 seg o más), y cuando sólo se consideran corrientes mínimas límite de fibrilación, con frecuencia se calculan valores teóricos de <math>1/10</math> de los valores exhibidos de fibrilación.</i></p>	

Fuente: OSHA Publication 3075, Controlling Electrical Hazards

### **6.5.2 CORRECCIÓN DE PELIGROS ELÉCTRICOS**

Por lo general, el equipamiento poco seguro es el que provoca los accidentes eléctricos y otras causas pueden ser las condiciones ambientales poco seguras o las prácticas laborales riesgosas. Los peligros eléctricos pueden minimizarse a través del uso de aislamiento, protección, conexión a tierra, protecciones mecánicas y prácticas seguras de trabajo por parte de los empleados.

El aislamiento involucra la cobertura de los conductores eléctricos (o conductores potenciales) con un material que posea un alto grado de resistencia a los flujos de corriente eléctrica. El vidrio, la mica, la goma y el plástico son algunos buenos aisladores. Los requisitos generales de OSHA consisten en que los conductores del circuito sean aislados con un material apropiado para soportar el voltaje y las condiciones imperantes (temperatura, humedad, contaminantes, etc.) a fin de evitar contactos accidentales.

Las instalaciones eléctricas en interiores de más de 600 volts que estén al alcance de personas sin la capacitación técnica necesaria, deben mantenerse en áreas con cerraduras controladas o en una caja de metal.

La conexión a tierra es a menudo una medida secundaria que brinda una trayectoria de baja resistencia a tierra de modo que cualquier voltaje excesivo

utilizará esta trayectoria y no el cuerpo como ruta para completar el circuito. Este mecanismo reduce la posibilidad de que una persona reciba una descarga a través de contacto con piezas electrificadas de manera inadecuada, tales como la carcasa de una herramienta eléctrica de mano. La *tierra de servicio* o *tierra del sistema* consiste en un cable conectado a tierra al transformador y a la entrada del servicio del edificio para evitar daños a las máquinas, a las herramientas y a la aislación. La *tierra del equipo* brinda un camino a tierra desde una herramienta o máquina específicas y protege al trabajador.

Las protecciones mecánicas interrumpen de forma automática o limitan la corriente eléctrica cuando tiene lugar una falla en la conexión a tierra, una sobrecarga o un cortocircuito. Los fusibles e interruptores monitorean la cantidad de corriente que se encuentra en un circuito y lo abren cuando el flujo de corriente es excesivo. Sirven, en primer lugar, para evitar o reducir el daño directo a los conductores y al equipamiento. Sin embargo, poco hacen para proteger a los operadores directos de la descarga. Los interruptores de accidentes en el circuito de tierra están diseñados para cortar la corriente eléctrica cuando hay fuga de corriente (debido a un cortocircuito, por ejemplo) en el circuito que puede resultar peligroso para los operadores.

## **6.6 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS**

Las normas de protección contra incendios industriales, al tratarse de OSHA, consistían al principio en poco más de ocuparse de extinguidores, de su selección, emplazamiento, señalamientos, inspección y mantenimiento; es decir toda su actividad se centraba alrededor de los extinguidores. Hoy, el campo de la protección industrial contra incendios es mucho más complejo y comprende alternativas como planes de acción de emergencia, prevención de incendios, sistemas de señalamiento de alarma, sistemas extintores fijos y sistemas de extinción de incendios por rociadura automática.

En Ecuador existen leyes que regulan un correcto sistema de prevención contra incendios, según el Registro Oficial No. 114 del jueves 2 de abril del 2009 que expide el “REGLAMENTO DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS”.

Es fácil simplificar la protección contra incendios y referirse sólo a la extinción de fuegos, pero en realidad abarca tres campos:

### **6.6.1 PREVENCIÓN DE INCENDIOS**

La mejor manera de tratar los incendios es impedir que ocurran, la eficacia en prevención de los incendios requiere imaginar las posibles fuentes. Cada instalación es diferente y requiere de un análisis individual de las fuentes potenciales de incendio.

Una causa importante de incendios es el sobrecalentamiento de los cojinetes o maquinaria y procesos calientes. Algunas de estas causas se evitan adoptando un buen programa de mantenimiento preventivo, que al mismo tiempo que disminuye la posibilidad de incendios, alarga la vida del equipo.

### **6.6.2 EVACUACIÓN DE EMERGENCIA**

Se pueden utilizar alarmas de humo y otros dispositivos de detección para activar el sistema de alarma. Sin embargo, estas no son obligatorias en las industrias.

Si se emplean sistemas de detección automática, se debe tener cuidado de dar mantenimiento y protección al equipo. La mayor parte de los sistemas de detección son instrumentos delicados y no soportarán el rigor del entorno industrial. Las condiciones que hay que considerar son el polvo, las atmósferas corrosivas, la exposición a la intemperie, el calor proveniente de los procesos y el daño mecánico.

### **6.6.3 BRIGADAS CONTRA INCENDIO**

Se elegirá la mejor estrategia en la cual los empleados estén organizados en brigadas para combatir el fuego. Pero debe examinarse con todo cuidado, porque en la lucha por proteger la propiedad, las brigadas pueden ser un peligro para los empleados.

Si la planta opta por que las brigadas de extinción se encarguen de incendios estructurales en interiores, les debe proveer de respiradores y ropa de protección: zapatos o botas protectoras, abrigos resistentes al fuego, guantes y protección para la cabeza, ojos y cara.

#### 6.6.4 EXTINGUIDORES CONTRA INCENDIO

Los incendios pueden extinguirse mediante:

1. La eliminación o aislamiento del combustible respecto al oxidante (por lo general, el aire).
2. Un incremento en el volumen de gas inerte en el oxidante.
3. La sofocación o el enfriamiento del calor del combustible.
4. La inhibición de la reacción en cadena de la combustión.

Para extinguir incendios debe emplearse el tipo adecuado de dispositivo de extinción (con relación a la clase y dimensiones del incendio). Sólo quienes estén entrenados en su uso deberían intentar combatir incendios ya que el uso no apropiado podría dar como resultado lesiones o un incremento en el peligro de incendio. Los extintores manuales de incendios son efectivos sólo durante las etapas iniciales y, por lo tanto, deberían estar accesibles de manera inmediata al personal capacitado. Es decir, es importante que todos los empleados de quienes se espera que operen los extintores de incendio estén capacitados para hacer buen uso de ellos.

Los extinguidores contra incendio todavía siguen siendo el mejor método de controlar al momento un incendio muy localizado, antes de que se extienda con consecuencias desastrosas.

El campo de protección contra incendios clasifica a los incendios en cuatro tipos. La aplicación de un medio extintor equivocado a un incendio puede hacer más daño que bien.

**Cuadro 6.2 Cuatro clases de fuegos y medios de extinción adecuados**

<b>Clase de fuego</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ejemplo de medio extintor</b>	<b>Máximo recorrido autorizado por la OSHA hasta el extinguidor más cercano</b>
A	Papel, madera y algunos materiales de hule y plástico	Espuma, flujo con carga, producto químico seco, agua	22,86 metros

**Cuadro 6.3 Cuatro clases de fuegos y medios de extinción adecuados (Continuación)**

B	Líquidos inflamables o combustibles, grasas y materiales similares, algunos materiales de hule y plástico	Bromotrifluorometano, bióxido de carbono, producto químico seco, espuma, flujo con carga	15,24 metros
C	Equipo eléctrico energizado	Bromotrifluorometano, bióxido de carbono, producto químico seco	No especificada; distribuir "con base en un patrón apropiado para riesgos clase A o clase B"
D	Metales combustibles como magnesio, titanio, circonio, sodio, litio y potasio	Polvos especiales, arena	22,86 metros

Fuente: SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD, C. Ray Asfahl

La clave para determinar si un extinguidor es apropiado para determinado riesgo de incendio es verificar la marca de aprobación sobre el extinguidor mismo. Algunos extinguidores están aprobados para más de una clase de fuego. Por lo regular, estos extinguidores para usos múltiples emplean un medio químico seco; sin embargo, a veces alteran o arruinan equipo costoso, como computadoras. Los extinguidores de espuma o de agua también son más baratos para los incendios más comunes de clase A.

Una instalación se ve bien equipada y protegida cuando los extinguidores están colocados en todo lugar de trabajo, listos para tomarlos en una emergencia. Pero en realidad es que pocos empleados saben cómo utilizarlos, y algunos se asustarían de usarlo si supieran cómo. Esto es evidente en casi toda la industria, por ello se debe enseñar a usar a todos los trabajadores estos dispositivos.

## 6.7 CAPACITACIÓN DE PERSONAL

OSHA incita a los empleadores a que conviertan la capacitación en materia de seguridad como una parte esencial de la nueva orientación a los empleados y una buena práctica industrial. Las normas de OSHA requieren una capacitación específica en muchos tipos de trabajos peligrosos. Todo programa efectivo y amplio de capacitación dará como resultado una mayor eficiencia, un ausentismo reducido y una disminución en los costos de compensación de los trabajadores.

Para ser efectivos, los programas de seguridad deben involucrar tanto a la administración como a los trabajadores. Una cita del OSHA *Safety and Health Guide for the Health Guide for the Meatpacking Industry* ilustra:

*“El compromiso de todo empleador respecto de un ambiente seguro y sano es esencial en la reducción de las lesiones y enfermedades relacionadas con el lugar de trabajo. Este compromiso puede demostrarse a través de la preocupación personal por la seguridad y la salud del empleado, al colocar estos temas en un lugar prioritario y al dar buenos ejemplos. Además, los empleadores deben tomar todas las medidas que sean necesarias luego de una inspección o accidente. Deben asegurarse de que existan los canales apropiados de comunicación entre los trabajadores y los supervisores para permitir la fluidez de la información y la retroalimentación sobre asuntos relativos a la seguridad y la salud, así como al rendimiento de éstas. Además, las inspecciones periódicas ayudarán aún más a evitar los peligros al certificar que se respetan las prácticas de trabajo seguro, y que se identifican y corrigen, en la manera apropiada, las condiciones o procedimientos poco seguros. Estas inspecciones se realizarán como complemento de los controles cotidianos de seguridad que son deber rutinario de los supervisores. Dado que los trabajadores también son responsables de su seguridad y de su salud, es en extremo importante que también se comprometan con ellas en el lugar de trabajo. Los trabajadores deben informar de inmediato a su supervisor o a su empleador de cualquier peligro que exista en él o de las condiciones, equipamiento y procedimientos que podrían ser peligrosos. Los trabajadores deben también entender de qué se trata el programa de seguridad y salud, por qué es importante para ellos y la forma en que afecta su trabajo”.*

## 6.8 SEGURIDAD PERSONAL LABORAL

La protección personal incluye más que solamente ropa especial, lentes, cascos, tapones para los oídos, etc.; para proteger el cuerpo del peligro. Es indispensable realizar capacitación de salud y seguridad ocupacional para asegurar que el personal realice operaciones de emergencia adecuadas, que reducen los impactos negativos para la salud y la seguridad. Se consideran esenciales las siguientes áreas de conocimiento y experiencia:

1. **Apreciación de las propiedades** (por ejemplo, corrosividad, toxicidad, reactividad) de las sustancias peligrosas, niveles de riesgo significativo que requiere medidas de protección;
2. **Conciencia de los indicadores de advertencia** oportuna del peligro/riesgo, y la habilidad de reconocer las situaciones potencialmente peligrosas;
3. **Familiaridad con los controles** técnicos a fin de evitar las situaciones peligrosas y fallos operativos;
4. **Familiaridad con las capacidades y limitaciones de la instalación**, para afrontar las emergencias peligrosas: sistemas de ventilación, plomería, paralización, dispositivos de contención y procedimientos de respuesta de emergencia, contenidas en los planes apropiados de salud y seguridad;
5. **Conocimiento del uso y mantenimiento del equipo de emergencia**, así como el monitoreo del equipo rutinario de seguridad;
6. Cursos de repaso y ejercicios regulares que simulan emergencias y los procedimientos apropiados de respuesta de emergencia.
7. **Autoridad para actuar**, decididamente, según los planes de salud y seguridad, durante las situaciones potencialmente peligrosas, o durante las emergencias, especialmente, en las que no estén disponibles los supervisores, o éstos sean víctimas de la emergencia.

Las mejoras de salud y seguridad en el trabajo nunca se dan por terminado, siempre existe la necesidad de proveer protección personal contra riesgos que

no hayan sido eliminados por completo, así como de los primeros auxilios cuando ocurre un accidente.

El problema de proveer equipo de protección personal parece simple y fácil de comprender. Pero es una simplicidad ilusoria, además la posición de la OSHA es que el patrono es responsable. Por otra parte el equipo de seguridad hay que escogerlo bien, de modo que corresponda al riesgo.

OSHA requiere que todos los empleadores evalúen el lugar de trabajo a fin de determinar si hay peligro o si puede ocurrir con cierta probabilidad, de forma que se necesite el uso del PPE (Personal Protective Equipment). Si existen estos peligros, se deben seleccionar y obligar el uso del PPE que protegerá a los trabajadores. Además verificar, con un certificación escrita, que el lugar de trabajo ha sido evaluado y que se ha seleccionado al PPE necesario. Los trabajadores deben estar capacitados en su correcto uso y cuidado.

Las normas OSHA requieren que los empleadores proporcionen un PPE y que los empleados utilicen este equipo cuando haya una “razonable probabilidad” de que su uso evite las lesiones.

### **6.8.1 PROTECCIÓN PARA LOS OÍDOS**

El factor más importante en la selección del protector de oídos es su capacidad de reducir el nivel de decibeles de exposición. Sin embargo, la selección puede ser algo complicada. La economía siempre es un factor, y si todo lo que se necesita es una eficacia limitada, se puede optar por dispositivos más económicos. La comodidad del empleado es un factor de mucha importancia como la economía, y va más allá del simple objetivo de complacer al trabajador: atañe el grado de protección que recibirá. Si los trabajadores encuentran incómodo o vergonzoso ponerse un protector de oídos, aprovecharán toda excusa para no usarlo. Así tenemos las siguientes alternativas:

#### *1) Tapones para los oídos*

El tipo de protección más popular son los económicos tapones de hule, plásticos o espuma. Los tapones son prácticos en el sentido que son de fácil limpieza y reutilizables. Los trabajadores los prefieren porque no son tan

visibles como las orejeras u otros dispositivos de uso externo. Pero en estas ventajas hay un inconveniente: los trabajadores serán más negligentes respecto a su uso puesto que el supervisor no se da cuenta de inmediato si los están utilizando. La atenuación del ruido con tapones bien ajustados es bastante buena.

## 2) Orejeras acústicas

Las orejeras son más grandes, más costosas y más notorias que los tapones de oído, pero tienen propiedades de atenuación considerablemente mejores. La capacidad de atenuación depende del diseño, que en las orejeras es variable. Aunque algunos trabajadores se oponen a utilizar las orejeras por visibles, otros las prefieren diciendo que son más cómodas que los tapones.

### 6.8.2 PROTECCIÓN DE OJOS Y ROSTRO

En la actualidad se ha ampliado el uso de lentes de seguridad y existen diferentes estilos, para muchos de estos se establece la regla de que deben utilizarse en toda la planta.

Los lentes de seguridad industrial deben pasar pruebas muy rigurosas para cumplir con las normas ANSI. El peligro es que los trabajadores no respetan la política de lentes de seguridad y su uso no será uniforme. En consecuencia, puede haber lesiones oculares. A continuación se expone un cuadro que ilustra los riesgos y el tipo de protector a utilizar:

**Cuadro 6.3 Riesgos y tipo de protector**

RIESGOS	TIPOS DE PROTECTOR
Objetos volantes (impactos fuertes)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anteojos de tipo copa con viseras laterales</li> <li>2. Anteojos de tipo copa</li> </ol>
Partículas volantes polvo o viento	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anteojos de tipo caja</li> <li>2. Anteojos de tipo espejuelos con viseras laterales</li> <li>3. Anteojos de copa</li> <li>4. Visera de capa o espejuelos sin</li> </ol>

**Cuadro 6.3 Riesgos y tipo de protector (Continuación)**

	viseras laterales(donde no existen polvos y el riesgo será únicamente de frente)
Gases emanaciones neblina y líquidos peligrosos	1. Anteojos a pruebas salpicaduras y líquidos 2. Anteojos a prueba de gas 3. Caretas
Resplandor o deslumbramiento donde solamente se requiere una reducción ligera de la luz visible	1. Anteojos tipo espejuelos con lentes-filtros 2. Anteojos tipo copa lentes-filtros
Energía radiante peligrosa cuando se requiere una reducción moderada de luz visible	1. Anteojos tipo espejuelos con lente-filtro 2. Anteojos tipo copa con lentes-filtros 3. Caretas de soldadores
Energía radiante peligrosa cuando se requiere una reducción grande de luz visible	1. Careta de soldadores 2. Viseras portátiles para soldadores 3. Debe considerarse la necesidad de filtros

Fuente: GÓMEZ Mera, Roberto. Manual de Seguridad e Higiene del Trabajo

### 6.8.3 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

La protección respiratoria consiste en más que repartir respiradores a los trabajadores que están expuestos a riesgos. La protección eficaz exige que se implante un programa bien planeado que incluya una selección adecuada de respiradores.

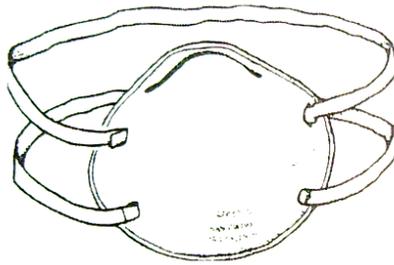
Los dispositivos purificadores de aire son baratos, no son complicados de operar y son capaces de manejar el agente contaminante al que el usuario estará expuesto. Así tenemos:

#### 1) Máscara para polvo

El respirador más popular de todos es también el que peor se usa. Destinada sólo a las partículas (sólidos suspendidos), la máscara de polvo no está aprobada para la mayor parte de los riesgos de pintura y soldadura, aunque a

menudo se usa inadecuadamente en estas situaciones. Una de las limitaciones principales de la máscara para polvo es su ajuste. Incluso los modelos de mejor ajuste tienen fugas de impurezas de aproximadamente 20 por ciento. Una regla empírica es que la aprobación es válida para partículas no más tóxicas que el plomo.

A pesar de sus desventajas, la máscara para polvo es popular porque es barata, higiénica y puede desecharse después de usarla. Su bajo costo y disponibilidad general la hacen atractiva para su adquisición en la farmacia y para uso personal. Así, que es preciso educar a los empleados sobre las limitaciones de la máscara para polvo.



**Figura 6.4** Máscara de polvo desechable

## 2) Cuarto de máscara

Algunas veces llamada media máscara tipo B, tiene todo el aspecto de la media máscara, excepto que la barbilla no se la coloca adentro. El cuarto de máscara es mejor que la máscara para polvo, pero también está aprobada sólo para los polvos no más tóxicos que al plomo.



**Figura 6.5** Cuarto de máscara

### 3) Media máscara

Se ajusta por debajo de la barbilla y hasta el puente de la nariz. Esta máscara debe tener cuatro puntos de suspensión, dos a cada lado de la máscara, conectados con hules o elásticos alrededor de la cabeza.



**Figura 6.6 Media máscara**

#### **6.8.4 CALZADO PERSONAL**

El calzado de seguridad es más costoso que los cascos de protección, porque se gasta más rápido y cuesta más por pieza. Los empleados pueden comprar su propio calzado con atractivos descuentos en algunos establecimientos, y esto fomenta su uso. Viene en una amplia variedad de estilos atractivos, y la resistencia de los empleados a usarlo es ya cosa del pasado.

Aunque las normas nacionales aplicables son explícitas sobre el diseño y la fabricación del calzado de seguridad, al igual que con todos los demás equipos de protección personal, la decisión de dónde se deben utilizar recae en el usuario.

Un lugar donde se necesita calzado de seguridad es sobre y alrededor de las plataformas de carga y descarga.

#### **6.8.5 ROPA PROTECTORA Y RIESGOS CUTÁNEOS**

Las enfermedades cutáneas, especialmente la dermatitis por contacto con irritantes, representan un porcentaje considerable de todas las enfermedades laborales informadas. Es por ello que se debe estar alerta a las diversas fuentes de riesgos cutáneos como solventes u otra clase de productos.

Es importante el uso de guantes largos, pues muchos trabajadores se les ha irritado más las manos que los brazos descubiertos, simplemente porque los guantes dejaron entrar líquido y se convirtieron en depósitos de inmersión.

Una de las protecciones personal más sencilla es la limpieza e higiene del trabajador. Los empleados acuciosos para lavarse las manos y el cuerpo con frecuencia disfrutan de menor incidencia de enfermedades cutáneas.

## 6.9 ELECCIÓN DE ELEMENTOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA LA PLANTA

### 6.9.1 EDIFICIOS E INSTALACIONES

Las instalaciones de la planta deberán estar siempre limpias y sobretodo los pasillos deberán estar libres de cualquier clase de obstáculo. Además presentarán las señales de seguridad de acuerdo a la necesidad en el área de trabajo.

Es pertinente mencionar que cuando la planta entre en operación se dará una inducción de seguridad industrial y personal a los empleados, pues así se evitarán accidentes y sabrán cómo actuar en caso de una emergencia.

Los pisos dentro de la planta y pasillos que conduzcan hacia las salidas serán señalizados con una línea cebra color amarillo que indique el área por donde los empleados deben circular. Asimismo los equipos serán marcados a su alrededor con un cuadro amarillo que indica la zona de seguridad de este. (ver Anexo O)

Los letreros que dan la información de algún riesgo serán colocados alrededor de la planta y que sean visibles desde cualquier punto.

**Cuadro 6.4 Señales de seguridad industrial<sup>12</sup>**

Letrero	Ubicación	Descripción
	Áreas internas de la planta	Evita que se produzcan incendios, asimismo evita que haya humo contaminando el aire.

<sup>12</sup> Basado en la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 439:1984

**Cuadro 6.4 Señales de seguridad industrial (Continuación)**

 <p>PROHIBIDO EL PASO A PERSONAL NO AUTORIZADO</p>	<p>Puertas de acceso a oficinas y bodegas</p>	<p>Controla el acceso de personal a diferentes áreas.</p>
	<p>Maquinaria con funcionamiento eléctrico</p>	<p>Alerta de riesgos eléctricos logrando que los operarios tomen precauciones.</p>
	<p>Puertas de acceso a bodegas donde se almacenen químicos</p>	<p>Alerta a personas que ingresen y se acerquen recipientes con químicos.</p>
	<p>Salida de la planta y zona de descarga</p>	<p>Logra que las personas estén alertas cuando se encuentre en zonas donde se muevan vehículos.</p>
	<p>Interior de la planta</p>	<p>Obliga el uso de protección respiratoria, evitando problemas de salud.</p>
	<p>Zona de trituración y separación</p>	<p>Obliga el uso de protección ocular, evitando problemas de salud.</p>
	<p>Zona de procesado de basura</p>	<p>Obliga el uso de guantes, evitando problemas cutáneos.</p>
	<p>Zona de máquinas y equipos ruidosos</p>	<p>Obliga el uso de protección auditiva, evitando problemas de salud.</p>

**Cuadro 6.4 Señales de seguridad industrial (Continuación)**

	Interior de la planta	Obliga el uso de ropa y calzado de protección personal.
	Interior de la planta	Ayuda a que el personal mantenga limpia y en orden su área de trabajo.
	Interior de la planta	Ayuda a evacuar en caso de algún incidente.
	Interior y exterior de la planta	Ayuda a encontrar un sitio seguro de evacuación y mantiene a salvo al personal.
	Interior de la planta	Informa la ubicación de un botiquín de primeros auxilios.

Elaboración: Fernanda Maldonado, Andrés Garzón

Para la iluminación dentro de la planta se eligieron lámparas fluorescentes, la cual brinda una iluminación segura y reglamentada.

### 6.9.2 CONTROL AMBIENTAL Y RUIDO

Debido a que dentro de la planta se manejará desechos sólidos es necesario establecer un control ambiental en cuanto a la contaminación del aire en el entorno. Por ello, alrededor de la nave industrial se construirán aletas que permitan la circulación del aire; ya que el relleno sanitario está ubicado en una zona cálida donde es constante la proliferación de malos olores.



**Figura 6.7 Persianas para ventilación**

Otro aspecto a considerar es el control de ruido industrial, por esta razón se eligieron máquinas y equipos que no produzcan vibraciones y que generen el menor ruido posibles. Sin embargo, es necesario que los trabajadores lleven protección auditiva para evitar daños en los oídos que se ocasionarían por la exposición diaria.

### **6.9.3 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS**

Para evitar que un incendio ocurra es necesario determinar las posibles fuentes, asimismo indicar a los empleados cómo actuar durante este hecho. Por ello, se realizarán charlas para conocer el manejo de extinguidores y saber cómo evacuar en una emergencia.

En caso de presentarse un suceso como una ignición se encenderá una sirena y luz intermitente, la cual será colocada en la supervisión y será activada cuando la situación la amerite.

Dentro de la planta se instalarán extinguidores en cada columna de cada pórtico, los cuales serán colocados a un metro de altura aproximadamente ya que deben ser fáciles de atrapar. Se adquirirán extinguidores que cumplan sirvan para sofocar fuego de materiales que se manejan dentro de la planta como se indicó en el *Cuadro 6.2*.

#### ***ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EXTINGUIDORES:***

- Tipo: C.
- Capacidad: 20 libras.
- Medio extintor: polvo químico seco ABC.

- Para productos como: papel, madera, algunos materiales de hule y plástico, líquidos inflamables o combustibles, grasas y materiales similares, equipo eléctrico energizado, etc.

Cabe recalcar que estos serán utilizados cuando el fuego recién se inicie o sea un incendio aislado y fácil de controlar, caso contrario se procederá a una evacuación para evitar la pérdida de vidas humanas.

Es vital precautelar la salud de los trabajadores por eso es necesario establecer un área de evacuación fuera de la planta, la cual será destinada para la reunión de todo el personal en caso de un incendio o alguna otra emergencia. Este sitio será marcado con un círculo en un lugar abierto donde no exista riesgo alguno.

Se nombrará a una persona como brigadista, este será quien se cerciore de que todo el personal sea reunido en la “ZONA DE SEGURIDAD”. También se realizarán simulacros de seguridad para que todo el personal conozca cómo actuar. (ver Anexo O)

Asimismo se colocarán letreros que indiquen la ubicación de extinguidores y botones de alarma que alerten al personal.

**Cuadro 6.5 Señales de seguridad industrial para un incendio**

Letrero	Ubicación	Descripción
	Áreas internas de la planta	Ayuda a ubicar el lugar exacto de un extinguidor. Debe colocarse en la parte superior de este.
	Áreas internas de la planta	Indica que hacer a una persona en caso de incendio o emergencia.

Elaboración: Fernanda Maldonado, Andrés Garzón

#### 6.9.4 SEGURIDAD PERSONAL LABORAL

Para que los trabajadores se puedan desempeñar de forma óptima dentro de la planta, se dotará con equipos de seguridad personal reduciendo así el nivel de riesgo (*ver Cuadro 6.6*).

Es importante mencionar que el supervisor de la planta será el responsable de controlar que todo el personal lleve correctamente la ropa e implementos de seguridad. Pues esto reduce los riesgos en la salud de los empleados.

**Cuadro 6.6 Dispositivos de seguridad personal laboral**

TIPO DE PROTECCION	DISPOSITIVO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS
Auditiva	Tapones para oídos	Tapones de espuma.
Rostro y ojos	Gafas de seguridad	Gafas industriales que cumplan con las normas ANSI
Respiratoria	Cuarto de máscara	Máscara con doble tirante
Calzado	Botas de punta de acero	Obligatorio punta de acero, modelo a criterio del empleado
Ropa y riesgos cutáneos	Overol	Material no inflamable, manga hasta la muñeca, bolsillos posteriores y uno frontal superior.
	Guantes	Impermeables de fácil movilidad, manga larga

Elaboración: Fernanda Maldonado, Andrés Garzón

# CAPÍTULO 7

## ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

### 7.1 ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

#### 7.1.1 COSTOS DE INVERSIÓN

Los costos de inversión se calculan considerando el diseño más óptimo para la planta de reciclaje. Por ello, es necesario plantear alternativas de varios distribuidores de la maquinaria requerida, con el fin de establecer la solución más económica y más adecuada.

El *Cuadro 7.1* muestra los diferentes tipos de costos que se han considerado para el diseño de un plan piloto de manejo de desechos sólidos.

**Cuadro 7.1 Costos de inversión para la planta de reciclaje**

TEMA	RUBRO	OBSERVACIONES
Infraestructura	Terreno de ubicación	Se construirá en el nuevo relleno sanitario.
	Vías de acceso	Las vías deben aguantar el peso de camiones, recolectores y maquinaria pesada.
	Nave industrial	Se requiere de una estructura que tenga las dimensiones apropiadas para la integración de la maquinaria y para un correcto funcionamiento del plan piloto.
	Tolvas	Destinadas para el ingreso del material.
	Electricidad	Se necesita luz trifásica para algunas maquinarias
	Agua	Se requiere acceso al agua (agua superficial, agua entubada) para el lavado de vidrio y plástico.
	Sitio de pre-clasificación	Se debe construir un piso de hormigón y un galpón con techo y cerramientos laterales.
	Infraestructura auxiliar	Baños, duchas, bodegas, oficinas, cisterna.

Equipamiento	Criba tambor	Para separación primaria.
	Banda transportadora	Para separación secundaria.
	Picador de plástico	Para un procesamiento del plástico.
	Lavadora de plástico	Para un procesamiento del plástico.
	Sierra cinta	Para mejor manejo de los desechos.
	Cortadora de cuellos de botellas	Para antes de un procesamiento de trituración.
	Prensa	Se necesita de una prensa hidráulica para hacer las pacas.
	Puente grúa manual	Para levantar y transportar bultos o desechos sueltos
	Balanza	Balanza manual para el peso de materiales que están egresando.
	Herramientas	Artículos indispensables para la planta.
Vehículos	Coches para material recuperable	Para transporte interno de la planta.
	Carritos manuales para desperdicios	Para transporte interno y externo de la planta.
Seguridad industrial	Señalización	Se necesita colocar señales de seguridad de acuerdo a las necesidades según la actividad que se realice en el lugar.
	Extintores	Para controlar y sofocar un incendio.

Elaboración: Fernanda Maldonado, Andrés Garzón

### 7.1.2 COSTOS OPERATIVOS

Los costos operativos más importantes se muestran en el *Cuadro 7.2* los cuales son indispensables para puesta en marcha del plan piloto de manejo de desechos sólidos.

Este análisis permite interpretar y comparar datos operacionales de la planta, es decir medir el progreso comparando resultados.

**Cuadro 7.2 Costos de operación para la planta de reciclaje**

<b>Tema</b>	<b>Rubro</b>	<b>Detalle</b>
Costos fijos mensuales	Agua	Para lavadoras y para el uso personal de los trabajadores
	Electricidad	Para maquinaria eléctrica
Materiales de uso	Alambre	Para amarrar bultos
	Grasa	Para engrasar elementos mecánicos de la maquinaria
	Aceite	Para la prensa hidráulica
	Lápices, esferos, pintura	Registrar y marcar
	Clavos, tornillos etc.	Materiales necesarios para realizar reparaciones menores de la maquinaria
Vestidos y prendas de seguridad	Overoles	Cuando trabajan obreros, se recomienda equiparles con un juego de vestidos por año.
	Guantes	
	Zapatos o botas	
	Tapones para oídos	Para procesos donde exista exposición al ruido
	Mascarillas	Para las tareas donde hay alta generación de polvo
	Visores	Son necesarios para procesos de trituración de vidrio y criba tambor para proteger contra trozos de vidrio etc.
Repuestos	Repuestos de maquinaria	Reemplazo de componentes dañados o usados de la maquinaria
	Nuevas herramientas	Reemplazo de herramientas dañadas o usadas
Gastos imprevistos	Por ejemplo, contratación de un mecánico para una reparación mayor, adquisiciones o cambios urgentes, reparación de daños en la infraestructura etc.	

Fuente: EVA ROBEN, Manual de Reciclaje

### 7.1.3 ESTIMACIÓN DE COSTOS

#### A. INFRAESTRUCTURA

No.	DETALLE	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
1	Terreno de ubicación	0,00	0,00
2	Vías de acceso	0,00	0,00
3	Nave industrial	167061,14	167061,14
5	Electricidad	18631,39	18631,39
		<b>TOTAL</b>	<b>185692,53</b>

Elaboración: Fernanda Maldonado, Andrés Garzón

#### B. EQUIPAMIENTO

No.	DETALLE	PROVEEDOR	CANT.	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
1	Tolva de conexión	INDUMEI	1	2880	2880,00
2	Criba trommel	MACUSA	1	23500,00	23500,00
3	Banda de clasificación manual horizontal	MACUSA	1	12200,00	12200,00
4	Banda de clasificación manual inclinada	MACUSA	1	12200,00	12200,00
5	Coches para material recuperable	MACUSA	27	830,00	22410,00
6	Carritos manuales para desperdicios	MACUSA	6	1000,00	6000,00
7	Picador de vidrio	MACUSA	1	4350,00	4350,00
8	Lavadora de plástico	MACUSA	1	6450,00	6450,00
9	Sierra cinta	MACUSA	1	2500,00	2500,00
11	Prensa hidráulica	MACUSA	1	10560,00	10560,00
12	Puente grúa manual	1 ton	1	5350,00	5350,00
				<b>TOTAL</b>	<b>108400,00</b>

Elaboración: Fernanda Maldonado, Andrés Garzón

### C. SEGURIDAD INDUSTRIAL

No.	DETALLE		DIMENSIONES (cm)	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
1	En caso de fuego	Extintor capacidad 20 libras		8	75,00	600,00
2		Señalética reflectiva de extintor		7	8,00	56,00
3		Gabinete completo de manguera		1	260,00	260,00
4		Sistema de sprinklers		1	300,00	300,00
5		Detector de humo		7	20,00	140,00
6		Sistema de iluminación de emergencia		1	200,00	200,00
7	Rótulos	Prohibido fumar	30 x 30	8	9,00	72,00
8		Prohibido el paso a personal no autorizado	30 x 20	4	6,00	24,00
9		Riesgos químicos	20 x 20	1	5,00	5,00
10		Riesgo eléctrico	20 x 20	5	5,00	25,00
11		Alerta de salida de camiones	60 x 30	3	12,00	36,00
12		Uso obligatorio de MASCARILLA	30 x 20	5	6,00	30,00
13		Uso obligatorio de GAFAS	30 x 20	5	6,00	30,00
14		Uso obligatorio de GUANTES	30 x 20	5	6,00	30,00
15		Uso obligatorio de PROTECCION AUDITIVA	30 x 20	5	6,00	30,00
16		Uso obligatorio de ROPA PROTECTORA Y BOTAS	30 x 20	5	6,00	30,00
17		Mantenga la limpieza	30 x 20	1	6,00	6,00
18		Salida de emergencia	30 x 20	2	6,00	12,00
19		Punto de encuentro	40 x 30	1	10,00	10,00
20		Botiquín	30 x 20	1	6,00	6,00
21		Extintor de fuego	22 x 22	7	5,00	35,00

22		En caso de fuego toque la alarma	20 x 15	1	4,00	4,00
23		Alarma de incendio	25 x 25	1	5,00	5,00
24		Salida	30 x 15	3	5,00	15,00
25		Vía de Evacuación	30 x 20	8	6,00	48,00
26		Baños	40 x 10	2	5,00	10,00
27		Informativos	40 x 10	2	5,00	10,00
28		Supervisión	40 x 10	1	5,00	5,00
29	Primeros auxilios	Botiquín acero inoxidable	60 x 30 x 12	1	39,66	39,66
30	Pintura	Pasos cebras amarillos	galón	1	20,00	20,00
31	Luminarias					0,00
					<b>TOTAL</b>	<b>2093,66</b>

Elaboración: Fernanda Maldonado, Andrés Garzón

#### D. ROPA DE PROTECCIÓN PERSONAL

No.	DETALLE	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	TOTAL (\$)
1	Overoles	30	45,76	1372,80
2	Máscaras respirador con filtro	30	4,64	139,20
3	Guantes	30	2,97	89,10
4	Tapones auditivos	30	3,86	115,80
5	Gafas de protección	30	3,26	97,80
6	Calzado punta de acero	30	46,89	1406,70
			<b>TOTAL</b>	<b>3221,40</b>

Elaboración: Fernanda Maldonado, Andrés Garzón

#### E. COSTOS DE INVERSIÓN

Infraestructura	185692,53
Equipamiento	108400,00
Seguridad industrial	2093,66
Ropa de protección personal	3221,40
<b>TOTAL</b>	<b>299407,59</b>

Elaboración: Fernanda Maldonado, Andrés Garzón

#### F. COSTOS OPERATIVOS

Herramientas y materiales de uso	1500,00
Repuestos	5420,00
<b>TOTAL</b>	<b>6920,00</b>

Elaboración: Fernanda Maldonado, Andrés Garzón

#### G. INVERSION TOTAL

Costos de inversión	299407,59
Costos operativos	6920,00
Gastos imprevistos	15306,98
<b>TOTAL</b>	<b>321643,97</b>

Elaboración: Fernanda Maldonado, Andrés Garzón

La creación de una nueva planta de reciclaje presenta una alta inversión, pese a que no se requiere la adquisición de tecnologías nuevas. Pues en la ciudad de Ibarra al estar funcionando el programa de reciclaje “La Blanquita”, no se cuenta con una infraestructura adecuada para realizar este tipo de trabajos; por ello, la necesidad de buscar un diseño apropiado para implementarlo en el manejo integral de desechos sólidos.

Sin embargo, por la experiencia de otros municipios de Ecuador se ha determinado que este tipo de proyectos no generan ganancias en períodos cortos de tiempo, sino más bien está orientado a una contribución social y ambiental.

El beneficio más importante del reciclaje es para el medio ambiente, puesto que los desechos son aprovechados como materia prima en industrias que compran el material procesado, permitiendo el ahorro de energía y materia prima.

Este estudio no está enfocado a un análisis de rentabilidad; pero a través del dimensionamiento se puede llegar a conocer rubros aproximados de inversión, los cuales servirán para determinar un valor aproximado dentro del presupuesto del año 2009 del Plan Integral de Manejo de Desechos Sólidos Urbanos, que se pretende implantar en la ciudad de Ibarra.

Dichos valores se han detallado mediante proformas solicitadas a diferentes proveedores de cada uno de los componentes mencionados en la *Tabla 7.8*.

Además, algunos costos de la construcción de la nave industrial se lo han realizado en el Departamento de Obras Públicas; debido que el Municipio dispone de contratistas para su edificación.

## **7.2 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE GESTIÓN**

### **7.2.1 PRIVADA**

En la ciudad de Ibarra existen varias empresas privadas que se dedican desde la recolección del material inorgánico hasta su posterior clasificación y venta. Lamentablemente este tipo de compañías recicladoras no cuentan ni con instalaciones adecuadas, menos aun con medidas de seguridad que protejan al trabajador.

Las empresas recicladoras al ser privadas venden sus productos directamente a grandes procesadores de material reciclado, pero los sueldos que perciben las personas que realizan los trabajos para estas empresas no cumplen con las leyes actuales de contratos laborales. Las personas que realizan la recolección por la calle son de escasos recursos económicos, por tanto la única fuente de ingresos diarios son los pagos que reciben en el centro de acopio, dependiendo de la cantidad de material al peso que entregan. En algunos casos existe una explotación a infantes realizando este tipo de actividades.

### **7.2.2 PÚBLICA**

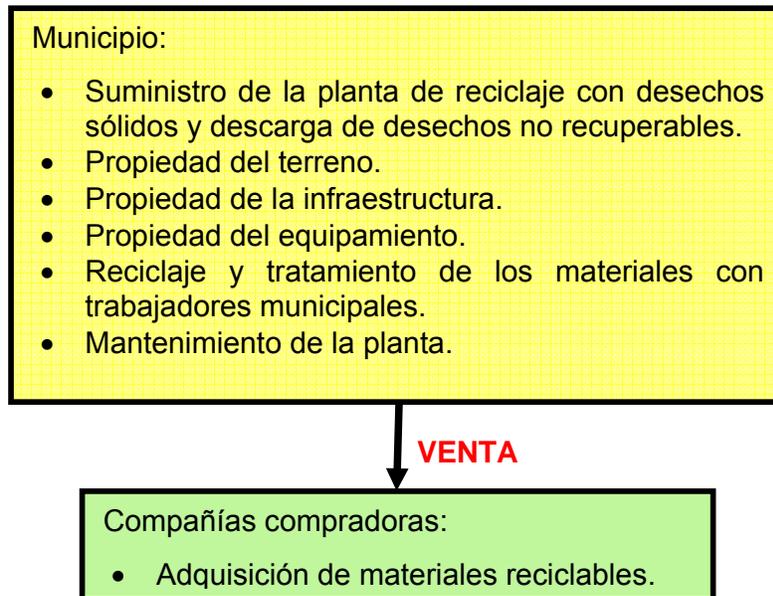
La vinculación del Municipio hacia estos proyectos deben ser orientados a buscar soluciones de tipo social, que beneficien tanto a la institución como a los recicladores individuales.

El mejoramiento de la administración de los servicios públicos deben ser integrales y se deben analizar las ordenanzas establecidas, para controlar el manejo de residuos sólidos, y hacer cumplir de manera obligatoria los aspectos legales de ámbito municipal. Como se cita textualmente en el capítulo VII Art.20 “La Municipalidad será responsable que los residuos sólidos sean finalmente tratados y/o depositados técnicamente, en el relleno sanitario u otra forma permitida”.

Existen diferentes tipos de modelos, estos dependen principalmente de la autoridad de administración pública (municipio) o privada (empresa privada o cooperativa de recicladores).

Se recomienda seguir con el modelo actual de funcionamiento en el programa de reciclaje; pues es importante dar continuidad y mejorar todos los componentes de administración municipal para el tratamiento de desechos.

Garantizando un buen servicio y coordinación de todos los elementos del manejo de desechos de manera óptima. Sin embargo, su desventaja es que este modelo es muy dependiente de la voluntad política y de cambios en la administración.



**Figura 7.1 Modelo organizacional municipal de una planta de reciclaje**

Se puede incorporar a moradores de la zona actual del relleno sanitarios en su mayoría de escasos recursos económicos. La experiencia en otras municipalidades demuestra que al integrar mujeres el trabajo se vuelve más eficiente, por su responsabilidad, buen cuidado del material, maquinaria y trabajo limpio.

### **7.2.3 PÚBLICA - PRIVADA**

Existen buenas experiencias con el manejo de plantas de reciclaje en ciudades como Loja y Machachi, en donde el municipio arrienda las instalaciones adecuadas para dar tratamientos de los residuos inorgánicos a los recicladores, los cuales conforman una cooperativa, y administran la venta del material directamente hacia las compañías compradoras.

El modelo es viable en municipios donde tienen concesionados los servicios de aseo y donde existe una cantidad considerable de mano de obra disponible para conformar cooperativas de trabajadores para administrar directamente el procesamiento de los residuos.

Debido a los altos gastos operativos de mano de obra, resultaría perjudicial para la Municipalidad gestionar varios contratos dentro de la administración pública, por tanto se prefiere concesionar los servicios y percibir alquiler de

arrendamiento de las instalaciones previstas para realizar los trabajos del procesamiento.

Se debe establecer un acuerdo entre los involucrados para que puedan vincularse en el trabajo dentro de la planta de reciclaje, brindando buenas condiciones de trabajo, evitando conflictos, tensiones y descontentos.

Con ellos se instaurará los derechos, responsabilidades y los papeles que desempeñarán así por ejemplo:

- Horario de apertura de la planta de reciclaje.
- Distribución del trabajo entre los recicladores.
- Organización de los trabajos comunitarios (trabajos auxiliares como la limpieza, el embalaje, peso y registro del material recogido).
- Sistema de pago (frecuencia de pago, criterios de pago, etc.).
- Seguridad del material almacenado.



**Figura 7.2 Modelo organizacional pública- privada de una planta de reciclaje**



## **CAPÍTULO 8**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **8.1 CONCLUSIONES**

1. El diseño del plan piloto para la construcción del área de captación, separación, trituración y compactación de desechos inorgánicos en el relleno sanitario de la ciudad de Ibarra; es una necesidad inmediata ya que permitirá disminuir la cantidad de residuos que llegan a la disposición final (relleno sanitario).
2. Con procedimientos de cuarteo se determinó la cantidad porcentual de residuos que llega diariamente al relleno sanitario, con los cuales se logró dimensionar el flujo de materiales inorgánicos y así definir especificaciones técnicas de maquinaria e infraestructura.
3. A través de la investigación realizada para conocer los porcentajes de desechos generados en la ciudad de Ibarra, se comprobó que ciertos estudios no cuentan con procedimientos de muestreo técnicos.
4. El proyecto incluye diseños de ingeniería de la planta, en la cual se recuperarán un promedio de quince toneladas diarias, con ampliación de procesamiento a treinta y cinco toneladas diarias de residuos sólidos

inorgánicos aprovechables; mediante la utilización de maquinaria, herramientas y equipos necesarios para la instalación.

5. Seleccionamos alternativas de maquinaria nacional las cuales cumplen con los parámetros de diseño del plan piloto de manejo de desechos sólidos; además, apoyar a la industria local que se encuentra capacitada para alcanzar buenos niveles de fabricación.
6. Con la implementación del plan piloto de reciclaje en el nuevo relleno sanitario se podrá incentivar la práctica del aprovechamiento de los desechos sólidos como factor de desarrollo y organización de la ciudad afectada. Además fomentar prácticas que beneficien social, ambiental y económicamente a Ibarra.
7. Al poner en marcha este plan se generaría empleo para habitantes de comunidades cercanas, además participaría en el desarrollo de otras plantas de reciclaje y crearía un espacio a la ingeniería en términos de diseño de maquinaria para tratamiento de desechos sólidos orgánicos e inorgánicos.
8. Este proyecto servirá de modelo de investigación y educación en la búsqueda de soluciones alternativas al problema que representa el inadecuado manejo de la basura y su disposición final actual.

## 8.2 RECOMENDACIONES

1. El Departamento de Salud y Medio Ambiente debe gestionar apoyo oficial, en recursos, voluntades y aliados ante las autoridades de la municipalidad y así lograr la pronta construcción del área de captación, separación, trituración y compactación de desechos inorgánicos en el relleno sanitario de la ciudad de Ibarra, así solucionar problemas con respecto al plan de manejo de residuos sólidos urbanos,
2. Realizar estudios técnicos para caracterizar a los residuos generados en la ciudad de Ibarra y determinar con precisión la clasificación de los materiales, además integrar la recolección diferenciada desde los domicilios, de manera que permita a la planta un trabajo adecuado con materiales exclusivamente inorgánicos; y lograr un mejor desempeño en los procesos realizados por mano de obra y maquinaria.
3. Gestionar con empresas dedicadas al manejo de residuos sólidos, a fin de cumplir con estudios técnicos que requiere la municipalidad; como se menciona en las ordenanzas establecidas para clasificarlos según su peso, humedad, composición, etc.
4. Se requerirá que se actualice los costos de construcción para las instalaciones de la planta; que fueron aprobados en los Departamentos de

Planificación y Obras Públicas, así como también las cotizaciones de fabricación de la maquinaria.

5. Con el propósito de contribuir a la economía de la provincia se debe invitar a la contratación de industria manufacturera local, a través de la construcción de maquinaria para el tratamiento de residuos sólidos.
6. Se recomienda crear fuentes de información para la comunidad ibarreña; y así, poder instruir a los ciudadanos buenas prácticas de reciclaje que contribuyan a la conservación del medio ambiente.
7. Conviene implementar maquinaria de industria nacional, con ello se incentivaría a los pequeños empresarios a crear nuevos diseños para procesamiento de desechos orgánicos e inorgánicos.
8. Se debe difundir este tipo de estudios a otros municipios, pues así dispondrán de una guía que les ayude en el manejo de desechos sólidos y en su disposición final.

# **ANEXOS**

## **Anexo A**

Resumen de ventas programa de reciclaje “La Blanquita”

## **Anexo B**

Gráfica de resumen de ventas programa de reciclaje “La Blanquita” enero – diciembre

## **Anexo C**

C1. Composición de los desechos sólidos urbanos de la ciudad de Ibarra	1/5
C2. Gráfica de cantidad porcentual de residuos sólidos urbanos de la ciudad de Ibarra	2/5
C3. Cuadro detallado de composición de desechos sólidos urbanos de la ciudad de Ibarra	3/5
C4. Gráfica de cantidad porcentual de residuos sólidos inorgánicos urbanos de la ciudad de Ibarra	4/5
C5. Cuadro detallado de porcentajes de separación	5/5

## **Anexo D**

Plano topográfico de ubicación del nuevo relleno sanitario con respecto a la ciudad de Ibarra

## **Anexo E**

Plano topográfico del nuevo relleno sanitario

## **Anexo F**

Plano de zonificaciones del nuevo relleno sanitario

## **Anexo G**

Fuentes de abastecimiento eléctrico

## **Anexo H**

H1. Cuadro de cantidad porcentual derivados de papel	1/6
H2. Cuadro de cantidad porcentual derivados de cartón	2/6
H3. Cuadro de cantidad porcentual derivados de plástico	3/6
H4. Cuadro de cantidad porcentual de vidrio	4/6
H5. Cuadro de cantidad porcentual de metal	5/6
H6. Cuadro de cantidad porcentual materiales varios	6/6

## Anexo I

I1. Hoja de registro de ingreso al relleno	1/2
I2. Hoja de registro de producción de la planta	2/2

## **Anexo J**

J1. Tipos y ejemplos de materiales reciclables	1/2
J2. Cuadro de materiales existentes en el reciclado	2/2

## **Anexo K**

Matriz de calificación de equipos

## **Anexo L**

Dimensionamiento de coches para material recuperable y no recuperable

## **Anexo M**

Matriz de calificación de características físicas de la nave industrial

## **Anexo N**

N1. Dimensionamiento eléctrico	1/3
N1. Dimensionamiento eléctrico (Continuación)	2/3
N2. Carta de inspección y presupuesto	3/3

## Anexo O

O1. Planta arquitectónica y de cubierta	1/8
O2. Plano de fachadas de la planta	2/8
O3. Plano de instalaciones hidro-sanitarias y eléctricas	3/8
O4. Plano de implantación general	4/8
O5. Plano estructural y cimentación de planta baja	5/8
O6. Plano estructural y cimentación de primer piso	6/8
O7. Plano de cisterna	7/8
O8. Plano de seguridad industrial	8/8

## **Anexo P**

Manual de mantenimiento y seguridad industrial de la planta de reciclaje

## **Anexo Q**

Carta de satisfacción del trabajo realizado