



PLANTA DE RECICLAJE DE PLÁSTICO

Juan Pablo Garzón Caballero
Oscar González Peña
Jorge Enrique Galeano
William Flechas
Liliana Montenegro

1. GENERACIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS

1.1 . CARACTERÍSTICAS GENERALES

Tabla No. 1. Fuentes de residuos plásticos en la comunidad

FUENTE	Instalaciones, actividades o localización donde se generan
Doméstica	Viviendas aisladas y bloques de baja, mediana y elevada altura, etc., unifamiliares y multifamiliares.
Comercial	Tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas, hoteles, moteles, imprentas, gasolineras, talleres mecánicos, etc.
Institucional	Escuelas, hospitales, cárceles, centros gubernamentales.
Servicios municipales (excluyendo plantas de tratamiento)	Limpieza de calles, parques y playas, otras zonas de recreo.
Residuos Sólidos Urbanos	Todos los citados.
Industrial	Construcción, fabricación ligera y pesada, refinerías, plantas químicas, centrales térmicas, demolición.
Agrícolas	Cosecha de campo, árboles frutales, viñedos, ganadería intensiva, granjas, invernaderos, etc.



Tabla No. 2 Cantidad de Plástico que se bota en Bogotá y que se recupera.

Plástico	Porcentaje	Ton/ Año	Ton/Mes
Sin recuperar	75	30.000	2500
Recuperado	25	10.000	834
Total	100	40.000	3334

Doméstico y comercial

Los residuos sólidos domésticos, consisten en residuos sólidos orgánicos (combustibles) e inorgánicos (incombustibles) de zonas residenciales y de establecimientos comerciales. Típicamente la fracción orgánica de los residuos sólidos domésticos y comerciales está formada por materiales como residuos de comida, papel de todo tipo, cartón, plásticos de todos los tipos, textiles, goma, cuero, madera y residuos de jardín. La fracción inorgánica está formada por artículos como vidrio, cerámica, latas, aluminio, metales féreos, suciedad. Si los componentes de los residuos no se separan cuando se desechan, entonces la mezcla de estos residuos se conoce como residuos sólidos urbanos (RSU) *domésticos y comerciales no seleccionados*.

Los residuos que se descomponen rápidamente, especialmente en un clima templado, también se conocen como residuos putrefactibles. La fuente principal de residuos putrefactibles es la manipulación, la preparación, la cocción y la ingestión de comida. Frecuentemente, la descomposición conducirá al desarrollo de olores molestos y a la reproducción de moscas.

Los materiales plásticos encontrados en los residuos sólidos urbanos se sitúan dentro de las 7 categorías siguientes:

- Polietileno tereftalato (PET/1).
- Polietileno alta densidad (PE-HD/2).
- Policloruro de vinilo (PVC/3).
- Polietileno baja densidad (PE-LD/4).
- Polipropileno (PP/5). Poliestireno (PS/6).
- Otros materiales plásticos laminados (7).

El tipo de recipiente plástico puede identificarse por el número de código (de 1 a 7, ambos incluidos) moldeado al fondo del recipiente. *Plástico mezclado* es el término utilizado para la mezcla de tipos individuales de plásticos encontrados en los residuos sólidos urbanos.

Clases de plásticos:

- **Clasificación por composición química:**

Buscando este efecto, se han alterado los grupos CH₂ que unen las cadenas de los polímeros, por ejemplo sustituyendo pares de átomos de hidrogeno por otros átomos se obtienen diferentes :

- Los átomos de cloro dan el PVC
- Los radicales benceno den el PS



- Los radicales metilo dan el PP.
- **Clasificación por composición al calor:**
 - Termoestables: Plásticos que se mezclan y moldean en la forma deseada y luego se calientan para fijar su forma. (Nomenclatura 7)
 - Termoplásticos: Son materiales que pueden fundirse o reblandecerse en su forma polimérica a baja temperatura son quebradizos, pero al ir aumentando su temperatura y al llegar temperatura de transición. (Nomenclatura del 1 – 6).



PLASTICO (Termoestables)	Propiedades Generales	Apariencia	Combustibilidad	Propiedades fisiológicas	Aplicaciones mas comunes
Tereftalato de polietileno (PET): 1	<ul style="list-style-type: none"> Alta resistencia mecánica Alta rigidez Superficie dura, apta para dar brillo Buena estabilidad dimensional Magnificas propiedades tribologicas (fricción y desgaste) Buenas propiedades eléctricas y regulares propiedades dieléctricas Alta resistencia química Mas denso que el agua 	<ul style="list-style-type: none"> Transparente, verde o ámbar Presenta buen brillo superficial Las laminas son transportes Productos sin costuras 	<ul style="list-style-type: none"> Arde con hollín y llama amarillo-naranja, gotea y produce olor aromático dulce. Irritable al olfato 	Se considera fisiológicamente inertes.	<ul style="list-style-type: none"> Envases . Envases transparentes, para bebidas gaseosas, aceite, agua mineral, medicamentos, agroquímicos y detergentes líquidos. Electrodomésticos: Carcazas de planchas Laminas de PET : Cintas de vídeo y de audio, diskettes, laminas grabadas, laminas de aislamiento. Maquinaria : Piñones. Bujes, embragues, accesorios para la industria textil. Diversos : Bisagras, herrajes, palancas, asas, bandejas de restaurante autoservicio
Polietileno de alta densidad (PEAD) ó HDPE: 2	<ul style="list-style-type: none"> Alta resistencia química No absorbe humedad Buenas propiedades eléctricas especialmente en su resistencia dieléctrica Alta resistencia la impacto No se rompe al doblado Alta resistencia mecánica, rigidez y dureza 	<ul style="list-style-type: none"> Su coloración natural es blanca lechosa, opaca. Muy bajo brillo Se puede teñir en cualquier tono opaco. 	<ul style="list-style-type: none"> Arde con llama azulada, funde y gotea al arder Genera olor a parafina 	Inodoro, insípido e indiferente fisiológicamente. Esta autorizado su uso para alimentos	<ul style="list-style-type: none"> Envases y empaques: recipientes de uso domestico, bolsas plástica de gran resistencia, garrafas, tubos cosméticos. Electrotecnia: Aislamientos para cables de telecomunicaciones y alta tensión, cajas de distribución. Construcción : Tubería para agua potable, riego, desagüe, conducción de gas y calefacción. Transporte : Contenedores, cajas, estibas. Diversos : Juguetes, tanques de gasolina, filamentos y bandas tejidos, poncheras.
Cloruro de polivinilo (P.V.C) Rígido ó V: 3	<ul style="list-style-type: none"> Quebradizo a bajas temperaturas Transparente Buenas propiedades eléctricas para aplicación de voltaje y frecuencia bajas 	<ul style="list-style-type: none"> Puede fabricarse transparentes. Tiene color en transparente y en opaco 	<ul style="list-style-type: none"> Olor típico a ácido clorhídrico 	El contenido de monómero esta limitado < 1 ppm para envasado de alimentos	<ul style="list-style-type: none"> Envases y empaques: botellas para aceite y agua mineral, copas para yogur y similares, blisters y envases tipo laminado. Construcción : Tubería de presión, uniones, codos, canales, tuberías para desagüe, agua pluvial, gas y drenaje, perfiles huecos,



	<ul style="list-style-type: none"> • Autoextinguibles al retirarles la llama • Mas denso que el agu 	<ul style="list-style-type: none"> • Las botellas tienen costura y las señal del molde por soplado tienen semejanza a una sonrisa. 			<p>persianas, claraboyas, elementos de fachadas pisos. Válvulas, bombas depósitos para la industria química.</p> <ul style="list-style-type: none"> •Electrotecnia : Tubos aislantes, bandejas portacables, discos de música. •Diversos : tarjetas de crédito.
<p>Cloruro de polivinilo (P.V.C) flexible: 3</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Flexible ajustable en un amplio margen • Tenacidad muy dependiente de la temperatura. • Translucido a transparente. • Buenas propiedades eléctricas para aplicación de voltajes y frecuencia bajas • Resistente a químicos dependiendo de la formulación y la temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> • Transparen tes . • Coloreado en translucido u opaco. 	<ul style="list-style-type: none"> • Llama verde en presencia de cobre 	<p>Solo algunos plastificantes están autorizados para contacto con alimentos, juguetería y vestuario.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Construcción : Juntas de ventanas y puertas, suelo sintético, recubrimiento para pisos, mangueras de jardín, laminas para tejado. • Electrotecnia : Aislamientos para baja frecuencia, encamisado de cables, enchufes, cinta aislante. •Agricultura : Mangueras, laminas para los silos. •Diversos : Tapas de libros, artículos para oficina, balones, manteles, bandas transportadoras., cortinas, hules, laminas autoadhesivas, trajes de protección,, guantes de protección laboral.
<p>Polietileno De Baja Densidad (PEBD) ó LDPE: 4</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alta tenacidad • Alta resistencia al impacto • Alta flexibilidad. • Facilidad de proceso. • Buena transparencia. • Gran resistencia química. • Baja permeabilidad al agua. • Buenas propiedades eléctricas. • Flota en el agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Solo en láminas delgadas llega a ser casi transparente. • Coloreado en translúcido u opa- 	<ul style="list-style-type: none"> • Arde con llama azulada. • Funde, gotea y genera olor a parafina ni ardor. 	<p>Indiferente. En la mayoría de casos se ha autorizado su contacto con alimentos</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Envases y empaques: Bolsas para depositar los residuos, bolsas de leche, grandes sacos industriales, película destinada al envasamiento automático, película extensible, recipientes flexibles, cubetas para el hielo. •Electrotecnia: Aislamiento para cables de telecomunicaciones. •Construcción: Recubrimientos •Agricultura : Películas para Invernadero y otros cultivos •Diversos: Tapas flexibles, coextruidos con papel y aluminio, juguetería .
<p>Polipropileno</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Buena resistencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Su 	<ul style="list-style-type: none"> • Arde con 	<ul style="list-style-type: none"> • Inodoro, 	<ul style="list-style-type: none"> •Envases y empaques: Sacos de empaque,



<p>(PP) ó PP: 5</p>	<p>eléctrica.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Posee baja permeabilidad al agua. • Flota en el agua. • No se afecta por ataque de hongos o bacterias. • Fácilmente coloreado y buena resistencia a la fatiga. • Resistente al ataque químico. 	<p>tonalidad natural va desde ligeramente transparente hasta opaca.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puede teñir en muchos colores. 	<p>llama azulada</p> <ul style="list-style-type: none"> • Genera olor a parafina y aceite quemado. 	<p>insípido. Idóneo para muchos usos del sector alimenticio y farmacéutico. Inocuo.</p>	<p>botellas de cosméticos, drogas, agua mineral, salsas; empaques metalizados para confitería, película bionentada para cigarrillos snacks, sopas.</p> <ul style="list-style-type: none"> •Transporte: Garrafones, contenedores, costales de rafia, tapas. •Maquinaria y automoción: Conductos de calefacción y refrigeración., cajas de batería, ventiladores, parrillas . •Artículos domésticos: Vasos, platos, hieleras, contenedores de alimentos. •Electrodomésticos: Cafeteras, aspas de lavadora. •Construcción: Tubería •Diversos: Juguetes, fibras textiles, jeringas desechabais, muebles.
<p>Poliestireno PS ó PS: 6</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alta rigidez y dureza • Alta transparencia • Muy buenas propiedades eléctricas y dieléctricas. • Poca absorción de agua. • Superficie muy brillante • Fácil procesamiento. • Resistencia química limitada a productos orgánicos • Más denso que el agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Transparente con alto brillo superficial. • Coloreado en todos los tonos, en translucido y opaco. 	<ul style="list-style-type: none"> • Arde bien, con llama que genera humo denso, sin gotear. • Olor a Se usa en alimentos dependiendo de la concentración de volátiles. estireno. 	<ul style="list-style-type: none"> • No ofrece inconvenientes. 	<ul style="list-style-type: none"> •Industria del Envase: Envases de gran brillo superficial y transparencia, ej: Cosméticos, artículos de consumo, de escritorio, envase de alimentos en porciones, artículos de farmacia, cubiertas transparentes. •Artículos domésticos: Vasos, cubiertos y platos desechables; ganchos para ropa, recipientes para el hogar. •Diversos: Archivadores y contenedores para el hogar, estuches, jeringas desechables, juguetes, , peines, cepillos de dientes, marcos de gafas, bolígrafos, avisos publicitarios.
<p>Poliestireno expandido PS ó PS: 6</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Muy ligero de peso. • Alta resistencia al calor. • Tenacidad a la compresión. • Rígido. • Se deforman de manera 	<ul style="list-style-type: none"> • Forma de perlas expandibles de varios tamaños para la elaboración 	<ul style="list-style-type: none"> • En general es similar a la del plástico compacto • Gotea al arder 	<ul style="list-style-type: none"> • No ofrece inconvenientes. 	<ul style="list-style-type: none"> •Industria del Envase: Las láminas se utilizan para envases y láminas de aislamiento térmico. Ej: Recipientes para carnes, huevos y otros alimentos, neveras portátiles, contenedores de comidas rápidas, vajillas



	<p>permanente.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alta resistencia al calor. • Flota en el agua 	<p>de artículos de paredes muy gruesas y bajo peso.</p>			<p>desechables.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diversos: Artículos para la decoración, material didáctico, embalajes de electrodomésticos.
Otros (7):					
<p>ACRILONITRILO-BUTADIENO – ESTIRENO ABS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alta resistencia y rigidez mecánica • Dureza y resistencia al rayado • Alta estabilidad de forma al calor • Alta resistencia a cambios bruscos de temperatura. • Alta resistencia química • Alta resistencia al impacto • Poca absorción de agua • Debilidad a los efectos de la intemperie 		<p>POLICARBONATO PC</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alta transparencia • Buenas propiedades como aislante eléctrico. • Resistente a la intemperie • Resistencia química limitada • Requiere un procesamiento cuidadoso • No flota en el agua 	
<p>POLIAMINA – NYLON</p>	<p>No flota en el agua</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alta resistencia y rigidez • Muy buena estabilidad de forma • Resistencia al desgaste y a la fatiga • Buena resistencia química contra solventes, combustibles y lubricantes. • No flota en el agua 		<p>ESTIRENO-ACRILONITRILO SAN</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor rigidez y dureza • Mejor resistencia a cambios de temperatura • Mejor resistencia química contra aceites, grasas y aromáticos. • Mayor resistencia al agrietamiento por tensiones. • Menores propiedades eléctricas como aislante, • Mayor absorción de agua • No flota en el agua 	

Tabla No. 3 Características Generales de los Plásticos.



2. COMPOSICIÓN DEL PLÁSTICO EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Tabla No. 4 Datos típicos sobre la distribución de los residuos sólidos generados por las mayores industrias, excluyendo materiales reciclados.

Industrias	Plásticos en sus operaciones Rango (% peso)
Comida y productos asociados	0-5
Productos de fábricas de tejidos	3-10
Ropa y otros productos elaborados	0-2
Madera y productos de madera	0-2
Muebles, madera	0-2
Muebles metal	0-2
Papel y productos asociados	0-2
Impresión y edición	0-2
Productos químicos y productos relacionados	5-15
Refinería de petróleo e industrias relacionadas	10-20
Goma y diversos productos plásticos	10-20
Cuero y productos de cuero	0-2
Productos de piedra, arcilla y vidrio	0-2
Industrias primarias de metal	2-10
Productos fabricados de metal	0-2
Maquinaria (no eléctrica)	1-5
Eléctrica	2-5
Equipamiento de transporte	2-5
Instrumentos de utilización profesional y científica	5-10
Fabricación miscelánea	5-15

* Referencia del DAMA

2.1 MATERIALES HABITUALMENTE SEPARADOS DE LOS PLÁSTICOS

Los plásticos pueden ser clasificados en dos categorías generales: fragmentos limpios de calidad comercial y desechos usados. Los tipos de plásticos usados que mas frecuente son reciclados son el polietileno tereftalato (PET / 1), que se usa para la fabricación de botellas de bebidas no alcohólicas y el polietileno de alta densidad (PE - HD / 2), utilizado para recipientes de leche y agua y para botellas de detergentes.

Las características generales y usos de los plásticos pueden ver en la Tabla No. 4



3. CONSIDERACIONES

3.1 PARA LA RECOLECCIÓN DE LOS PLÁSTICOS.

Para la recolección y el funcionamiento de la planta, nos enfocaremos en dos campos:

a. Disposición de canecas.

Estas canecas se dispondrán en las fuentes domésticas, comerciales e algunas institucionales (tabla No. 1), donde se encuentra la mayor concentración de plástico que se bota en Bogotá.

Algunas características de esta caneca son:

- De color azul según Norma Técnica Icontec, característico para identificación del plástico.
- Logo de identificación de reciclaje en la parte superior de este.
- Diseñada de transparencia para identificar lo que se bota en su interior.

En el Anexo 5 van otras las características de una caneca.

b. Fundaciones de recicladores.

Con estas entidades se contratara para comprar el material una vez embalado, dependiendo al que se necesite.

3.2 Para el diseño

Los materiales compuestos de polímeros entrañan una mayor complejidad de diseño que los homopolímeros. La mayoría de los materiales compuestos varían el tiempo que están bajo carga, la velocidad de carga, pequeños cambios de temperatura, composición de matriz, forma de materia, configuración de refuerzo y método de fabricación. Estos materiales se pueden diseñar de forma que sean isótropos, cuasisótropos o anisótropos, según las necesidades de diseño, utilizando ordenadores para el diseño, ingeniería y la fabricación.

Para las consideraciones de diseño es necesario mirar las ventajas y desventajas del material del estudio el plástico, comparando sus propiedades con otro tipo de material en este caso el metal.



Tabla No. 5 Propiedades de los Plásticos

Tabla No. 5 – 1 Ventajas y desventajas

Favorables	Desfavorables
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ligereza 2. Mejore resistencia química y a la humedad 3. Mayor resistencia al impacto y la vibración 4. Transparencia a la translucidez 5. Tendencia a la absorción de la vibración y del sonido 6. Mayor resistencia a la abrasión y el desgaste 7. Auto lubricación 8. Mayor facilidad de fabricación 9. Capacidad de llevar integrado el calor 10. Tendencia a la reducción de los costos 11. Consolidación de piezas 12. Menor costo por pieza acabada 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menor resistencia 2. Expansión térmica mucho mas alta 3. Mayor susceptibilidad de fluencia, Flujo en frío y deformación bajo carga 4. Menor resistencia química 5. Mayor susceptibilidad a baja temperatura 6. Mayor blandura 7. Menor ductibilidad 8. Tendencia la cambio de dimensiones con absorción de humedad y disolventes 9. Inflamabilidad 10. A veces degradación por la radiación ultravioleta 11. Mayor costo por centímetro cúbico

Propiedades favorables y desfavorables:

1. Son flexibles
2. No son conductores eléctricos
3. Son aislantes térmicos
4. Se conforman por la aplicación de calor y presión

Tabla No. 5 –2 Excepciones

PROPIEDAD	PLÁSTICO
- Rigidez y mayor estabilidad de dimensiones	- Epoxidos, reforzados con vidrio, poliesteres y fenoicos, iguales que los aceros.
- Mayor relación resistencia masa	- Poliesteres orientados > que acero laminado en frío.
- Precio	- Nylon menor que latón, acetal menor que el zinc, acrílico menor que el acero inoxidable.
- Tenacidad a temperatura bajas	- Acrílico
- Combinaciones plástico metal, mayor aplicaciones	- Estratificado de metal vinilo, vinilo plomo, poliesteres metalizados, TFE cargado con cobre.
- Conductor eléctrico, térmico o magnético	- Plástico con cargas metálicas
- Combinaciones plástico metal, equilibrio deseado de propiedades	- Engranajes con punzón de hierro colado y dientes de Nylon, tren de engranaje con parte de acero y fenólico, soporte giratorios con ejes de metal y carcasa de Nylon o foro de TFE



Además de todo lo expuesto anteriormente existe consideraciones básicas como lo son:

1. Consideraciones sobre le material

a. Medio ambiente

- Resistencia a la corrosión: es la habilidad de un material para resistir el medio ambiente que lo rodea.
- Resistencia a la temperatura: Resistencia a la oxidación, expansión térmica, conductividad térmica, creep (deformación lenta y progresiva bajo esfuerzo y bajo temperatura constante.)

b. Características eléctricas:

- Resistencia electromagnética: Protección de interferencia electromagnéticas.
- Capacidad aislante

c. Características químicas:

- Resistencia química: habilidad de ser permeable, semipermeable o no permeable a sustancias químicas dependiendo de la composición molecular.

d. Factores mecánicos:

- Resistencia mecánica: habilidad de un material para resistir esfuerzos sin deteriorarse o romperse.
- Resistencia ala fluencia: separa el comportamiento elástico del plástico de un materia
- Resistencia a la tensión: índice de la calidad del materia
- Modulo de elasticidad: Índice de la resistencia de materiales a la deflexión
- Dureza : Índice de resistencia la desgaste del material a la abrasión.
- Resistencia al impacto: tendencia hacia la fractura.
- Tenacidad a la fractura: Habilidad del material para resistir y una fractura

e. Economía:

- Esta es la ultima fase para la selección de un material ya que muchas propiedades de los plásticos superan el inconveniente del precio.

2. Consideraciones sobre le diseño:

a. aspecto

- Consumidor: Este es el que califica el diseño, color, propiedades ópticas y acabado superficial.
- Moldeo: Antes de moldear la pieza, hay que meditar sobre su diseño para garantizar la mayor combinación de propiedades mecánicas. Eléctricas y teorices. Se busca un determinado grosor de la pared y del plástico.

b. Limitaciones de diseño: Se refiere alas herramientas y tratamiento de la producción del plástico, las cuales influyen bastante en las propiedades y la calidad de todos lo productos de plástico.

3. Consideraciones de producción

a. Procesos de fabricación

b. Contracción del material

- Causada por la perdida de disolventes, plastificantes y humedad durante el moldeo, junto con la reacción química de polimerización.

c. Tolerancias

d. Diseño del molde

- Íntimamente relacionado con la producción, esta el moldeo del producto y finalmente con el diseño del molde para producirlo.
- Pruebas de comportamiento



4. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS

4.1 Propiedades Físicas:

a. Peso específico y Contenido de Humedad:

Tabla No. 6 Dato típico sobre el peso específico y contenido en humedad para los plásticos.

	Peso Especifico (kg/m ³)		Contenido de Humedad (% en peso)	
	Rango	Típico	Rango	Típico
Plásticos (no compactados)	42 - 131	65	1 - 4	2
Compactados	178 - 415	300		

b. Tamaño de partícula y distribución del tamaño

Los datos típicos sobre la distribución del tamaño de los componentes individuales en los plásticos se presentan en la figura No. 1 (Anexo 1)

Tabla No. 7 Distribución típica del tamaño del plástico

Tamaño típico del Plástico, cm	
Rango	Típica
5 - 35	20

4.2 Propiedades Químicas:

a. Análisis Físico:

Se realizan los siguientes ensayos, para el análisis físico:

- Humedad (perdida de humedad cuando se calienta a 105 ° C durante una hora)
- Materia volátil (pérdida de peso adicional con la ignición a 950 °C en un crisol cubierto.)
- Carbono fijo (rechazo combustible dejado después de retirar la materia volátil.)
- Ceniza (peso del rechazo después de la incineración en un crisol abierto).



Tabla No. 8 Análisis próximo y datos energéticos típicos para algunos plásticos encontrados en los Residuos Sólidos domésticos, comerciales e industriales.

Plásticos	Análisis próximo, porcentaje en peso				Contenido energético, Kcal/kg		
	Humedad	Material volátil	Carbón Fijo	No combustible	Como recogidos	Seco	Seco y libre de cenizas
Plásticos (mezclados)	0,2	95,5	20	2,0	7,834	7,995	8,902

b. Punto de fusión de la ceniza: es la temperatura en la que la ceniza resultante de la incineración de residuos se transforma en sólido (escoria) por la fusión y la aglomeración. La temperatura típica de fusión para la formación de escoria de residuos de plásticos oscila entre 1100 ° C y 1200° C.

c. Análisis elemental de los componente del plástico.

El análisis normalmente implica la determinación del porcentaje de C (carbono), H (hidrogeno), O (oxígeno), N (nitrógeno), S (azufre) y cenizas.

Tabla No. 9 Datos típicos sobre el análisis elemental de los componentes combustibles en los plásticos.

Plásticos	Porcentaje en peso (base seca)						
	Carbono	Hidrógeno	Oxígeno	Nitrógeno	Azufre	Cenizas	Cloro
Plásticos (mezclados)	60.0	7,2	22,8	-	-	10,0	-
PET	68	17	14	0.2	0,1	0.7	-
PEAD	75.1	12.4	-	1.4	1.6	9.5	-
PEBD	85.2	14.2	-	0.1	0.1	0.4	-
P.V.C Rígido	45.2	5.6	1.6	0.1	0.1	2	45.4
P.V.C Flexible	53	10.6	3.2	0.1	0.1	3	30
P.P	70.3	21.7	6.6	0.1	0.2	1.1	-
P.S	87.1	8.4	4.0	0.2	-	0.3	



d. Contenido energético de los componentes de los residuos sólidos.

El contenido energético de los componentes orgánicos en los plásticos se puede determinar 1) utilizando una caldera a escala real como calorímetro, 2) utilizando una bomba calorimétrica de laboratorio, y 3) por cálculo, si se conoce la composición elemental.

Tabla No. 10 Valores típicos de rechazos inertes y contenidos energético de los plásticos.

Rechazos Inertes (%)		Energía, Kcal/Kg	
Rango	Típico	Rango	Típico
6 – 20	10	6667 – 8889	7778

Para base seca (ver anexo 3)

Energía, Kcal/ kg = 7014,23



5. PROCESO PARA LA RECUPERACIÓN

5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Nuestro equipo de trabajo ha identificado para la recuperación de plásticos, una recolección de 0.6 ton/h. Cálculos Anexo 2. Los cuales se recolectaran según aparte numero (3. 1).

A continuación se presenta el proceso de obtención de plástico reciclado a partir de los diferentes residuos plásticos que son utilizados en diferentes tareas diarias en los diversos sectores de la vida cotidiana, que después de ser utilizados, son dispuestos como material de desecho y vienen a parar en los diferentes rellenos sanitarios de la ciudad.

En este proceso es posible formar esta cantidad de productos que son desechados, en diversos productos de gran utilidad en diferentes campos de aplicación como la industria, el hogar, la agricultura, la construcción, etc.

El proceso de reciclaje de plásticos se divide en diferentes etapas:

1. Una etapa de recolección de la materia prima, que como ya se había comentado se realiza por medio de la distribución de las canecas en diferentes puntos estratégicos de la ciudad y por la obtención del material por medio de asociaciones de recicladores. Este material va a una bodega o centro de acopio destinado para el almacenamiento de este.
2. Una vez es almacenado el material, se continua con la clasificación manual del material por parte de diferentes operarios de la planta destinados para esta labor. Esta clasificación se hace por características del material (por medio del tacto) o codificación internacional que esta impreso en cada material y se separan el material que no sirve (piedras, polvo, etiquetas, etc.) esto significa un 2 % del peso total del material. El transporte del material se realiza por medio de una transportadora de banda o de cinta.
3. Este material se lleva el molino el cual es alimentado por medio de una tolva que se encuentra en la parte superior, en este proceso el material es reducido a un tamaño de partícula específico (1 cm) y además el molino tiene la característica de evaporar la cantidad de agua (esta en una proporción de 0.2 % del peso total) que viene en el material para evitar inconvenientes a la hora de ser mezclados y problemas de corrosión en el tornillo de la extrusora. Esta reducción de tamaño se realiza por cada clase de material por separado.
4. Es almacenado el material hasta que sea requerido para su posterior proceso, ya que se tienen que ser mezclados con unas proporciones especiales para el determinado material que se quiere elaborar.
5. Los materiales son escogidos por un porcentaje en peso y es dosificado en una tolva que alimenta a dos la extrusora, que permite derretir el material utilizando un tornillo de extrusión con el fin de homogeneizar la masa fundida, y luego la masa fundida es limpiada mediante una criba fina que separa las impurezas sólidas restantes.



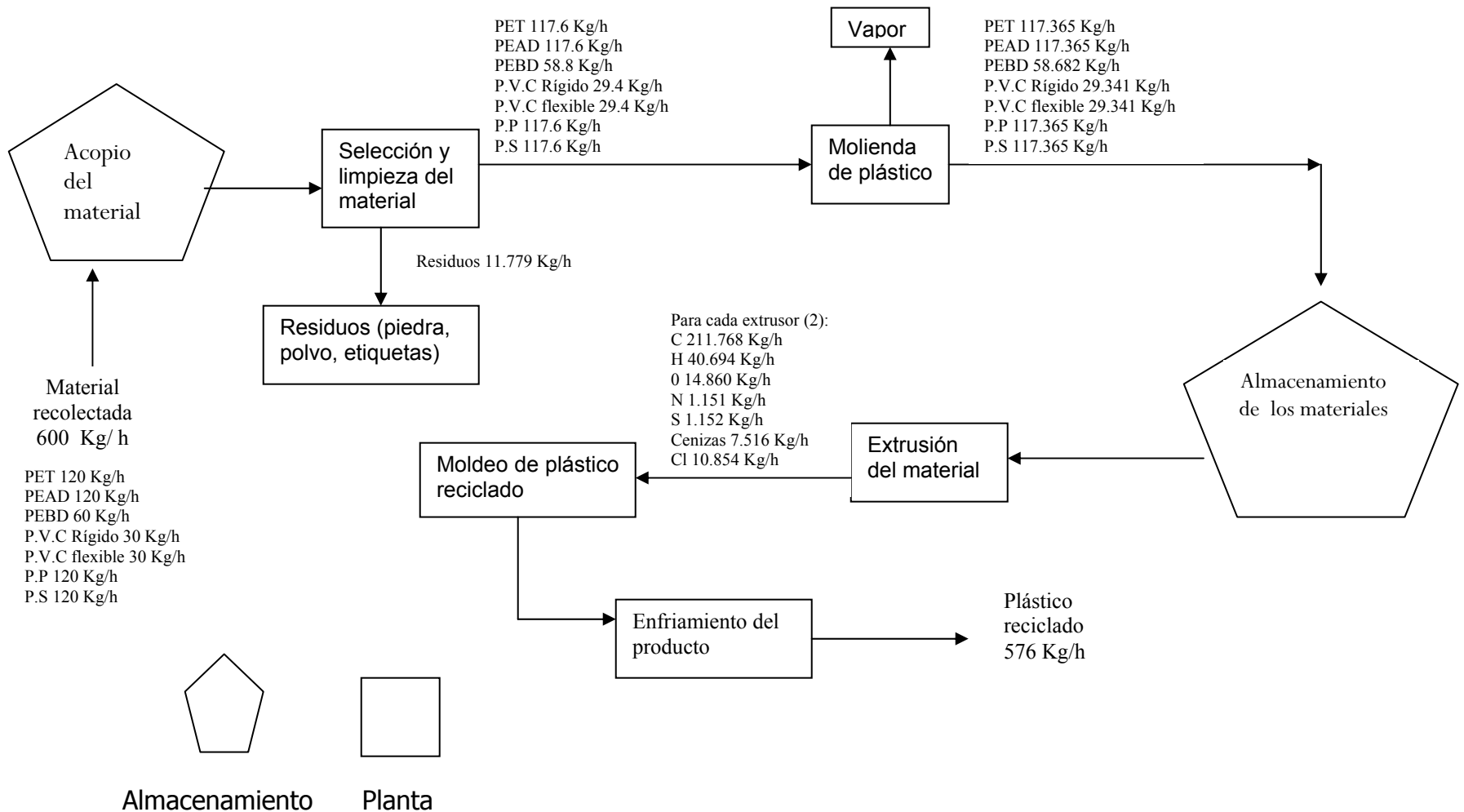
6. Después que la el material es fundido, esta masa pasa a través de una boquilla que tienen diferentes moldes con la especificación en cuanto a la forma del producto que se desea obtener y se enfría por el baño de agua.
7. El agua utilizada para el enfriamiento del producto, es llevada a una torre de enfriamiento, y allí es nuevamente recirculada al proceso para utilizarla como agua de enfriamiento para el producto que ha salido de la extrusora y posterior moldeado.
8. Ya obtenido los diferente piezas, se realizan los variados productos que tienen una gran variedad de usos y aplicaciones al nivel de la industria, el hogar y comercio. Entre los productos que se pueden obtener a partir de plástico reciclado están las mesas, camas, bolardos, sillas, casas, y todos los productos que puedan sustituir de una u otra forma la madera.



5.2 DIAGRAMA DE FLUJO

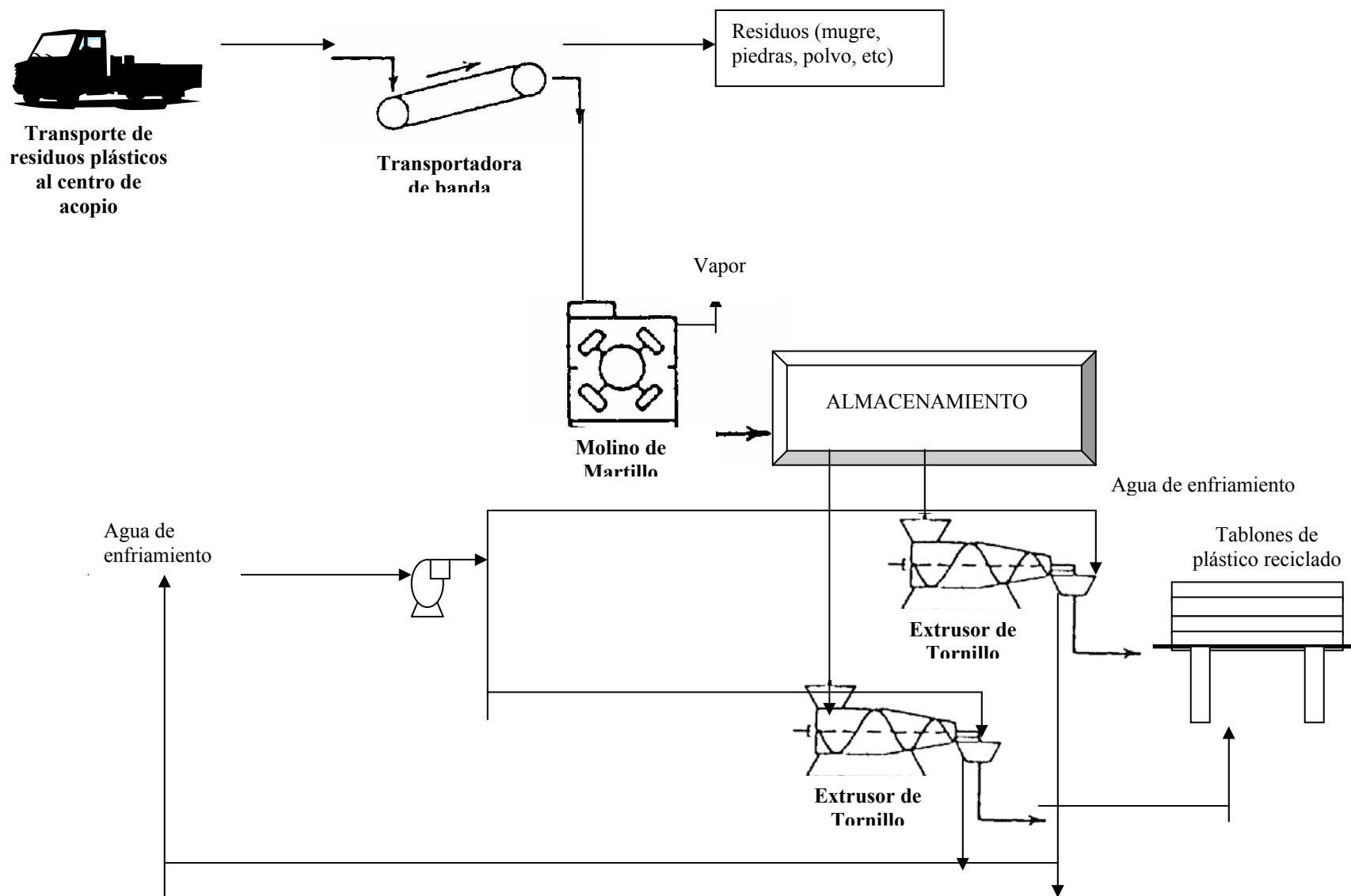
5.2.1 BLOQUES

UNIDAD DE BALANCE PROCESO DE RECICLAJE DE PLÁSTICO



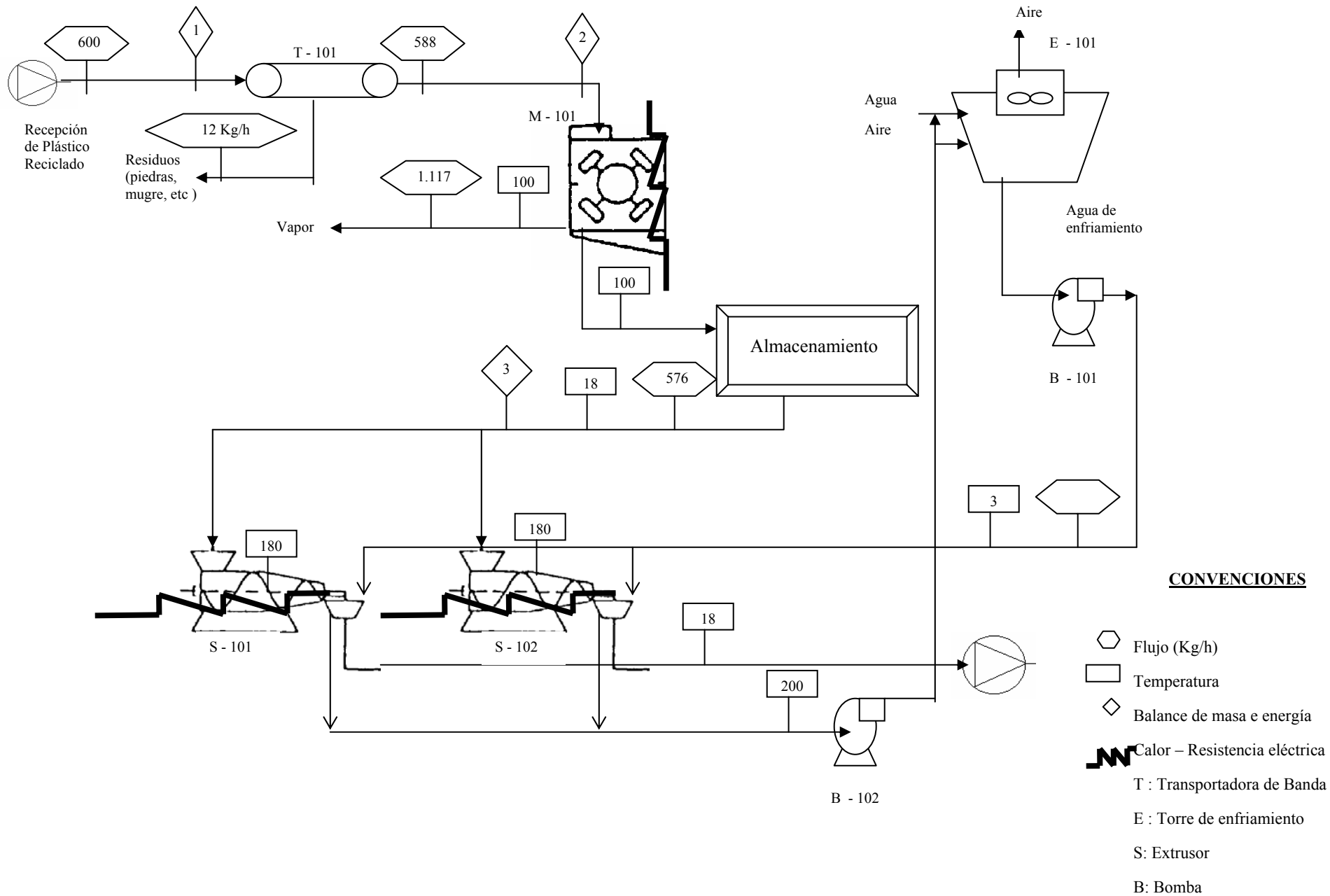


5.2.2 BÁSICO





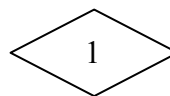
5.2.3 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO





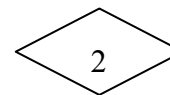
5.3 BALANCE DE MASA

Balance de Masa



Residuo Plástico	ENTRADA		SALIDA		
	%	Kg/h	%	Kg/h	Material no deseado
PET	20	120	20	117.6	2.4
PEAD	20	120	20	117.6	2.4
PEBD	10	60	10	58.8	1.2
P.V.C Rígido	5	30	5	29.4	0.6
P.V.C Flexible	5	30	5	29.4	0.6
P.P	20	120	20	117.6	2.4
P.S	20	120	20	117.6	2.4
TOTAL	100	600	100	588	12

BALANCE DE MASA



Este balance se realiza por cada componente, ya que en el molino se introduce el material por cada clase de plástico.

Balance para el PET

	ENTRADA + AGUA		SALIDA – SECO		AGUA
	%	Kg/h	%	Kg/h	Kg/h
C	67.9	79.808	68	79.808	-
H	17	20	17	19.952	0.047
O	14.1	17.6	14	16.431	0.188
N	0.2	0.235	0.2	0.235	-
S	0.1	0.117	0.1	0.117	-
Cenizas	0.7	0.822	0.7	0.822	-
Total	100	117.6	100	117.365	0.235



Balance para el PEAD

	ENTRADA + AGUA		SALIDA – SECO		AGUA
	%	Kg/h	%	Kg/h	Kg/h
C	74.95	88.141	75.1	88.141	-
H	12.41	14.6	12.4	14.53	0.047
O	0.16	0.188	-	-	0.188
N	1.4	1.643	0.4	1.643	-
S	1.6	1.878	0.6	1.878	-
Cenizas	9.48	11.19	9.5	11.19	-
Total	100	117.6	100	117.365	0.235

Balance para el PEBD

	ENTRADA + AGUA		SALIDA – SECO		AGUA
	%	Kg/h	%	Kg/h	Kg/h
C	85.03	49.997	85.2	49.997	-
H	14.21	8.356	14.2	8.332	0.024
O	0.16	0.094	-	-	0.094
N	0.1	0.059	0.1	0.059	-
S	0.1	0.059	0.1	0.059	-
Cenizas	0.4	0.235	0.4	0.235	-
Total	100	58.8	100	58.682	0.118

Balance para el P.V.C (Rígido)

	ENTRADA + AGUA		SALIDA – SECO		AGUA
	%	Kg/h	%	Kg/h	Kg/h
C	45.11	13.262	45.2	13.262	-
H	5.63	1.655	5.6	1.643	0.012
O	1.75	0.516	1.6	0.469	0.047
N	0.1	0.029	0.1	0.029	-
S	0.1	0.029	0.1	0.029	-
Cenizas	2	0.587	2	0.587	-
Cl	45.31	13.32	45.4	13.32	-
Total	100	29.4	100	29.34	0.059



Balance para el P.V.C (Flexible)

	ENTRADA + AGUA		SALIDA – SECO		AGUA
	%	Kg/h	%	Kg/h	Kg/h
C	52.89	15.551	53	15.551	-
H	10.62	3.122	10.6	3.110	0.012
O	3.36	0.986	3.2	0.939	0.047
N	0.1	0.029	0.1	0.029	-
S	0.1	0.029	0.1	0.029	-
Cenizas	2.99	0.880	3	0.880	-
Cl	29.94	8.802	30	8.802	-
Total	100	29.4	100	29.34	0.059

Balance para el P.P

	ENTRADA + AGUA		SALIDA – SECO		AGUA
	%	Kg/h	%	Kg/h	Kg/h
C	70.15	82.508	70.3	82.508	-
H	21.7	25.515	21.7	25.468	0.047
O	6.75	7.934	6.6	7.746	0.188
N	0.1	0.117	0.1	0.117	-
S	0.2	0.235	0.2	0.235	-
Cenizas	1.1	1.291	1.1	1.291	-
Total	100	117.6	100	117.365	0.235

Balance para el P.S

	ENTRADA + AGUA		SALIDA – SECO		AGUA
	%	Kg/h	%	Kg/h	Kg/h
C	86.93	102.225	87.1	102.225	-
H	8.42	9.906	8.4	9.859	0.047
O	4.15	4.883	4	4.695	0.188
N	0.2	0.235	0.2	0.235	-
S	-	-	-	-	-
Cenizas	0.3	0.352	0.3	0.352	-
Total	100	117.6	100	117.365	0.235



BALANCE DE MASA

Este balance se realiza en relación a una maquina extrusora, ya que las dos tienen las mismas características.

	ENTRADA														SALIDA	
	PET		PEAD		PEBD		P.V.C Rígido		P.V.C Flexible		P.P		P.S		Plástico Mezclado	
	%	Kg/h	%	Kg/h	%	Kg/h	%	Kg/h	%	Kg/h	%	Kg/h	%	Kg/h	%	Kg/h
C	68	39.168	75.1	43.258	85.2	24.538	45.2	6.509	53	7.632	70.3	40.493	87.1	50.170	73.53	211.768
H	17	9.792	12.4	7.142	14.2	4.090	5.6	0.806	10.6	1.526	21.7	12.500	8.4	4.838	14.14	40.694
O	14	8.064	-	-	-	-	1.6	0.230	3.2	0.462	6.6	3.800	4	2.304	5.16	14.860
N	0.2	0.115	1.4	0.806	0.1	0.029	0.1	0.014	0.1	0.014	0.1	0.058	0.2	0.115	0.4	1.151
S	0.1	0.058	1.6	0.922	0.1	0.029	0.1	0.014	0.1	0.014	0.2	0.115	-	-	0.4	1.152
Cenizas	0.7	0.403	9.5	5.472	0.4	0.114	2	0.288	3	0.432	1.1	0.634	0.3	0.176	2.6	7.516
CI	-	-	-	-	-	-	45.4	6.539	30	4.32	-	-	-	-	3.77	10.859
TOTAL	100	57.6	100	57.6	100	28.8	100	14.4	100	14.4	100	57.6	100	57.6	100	288



5.3 BALANCE DE ENERGÍA

	CALOR GANADO													
	PET		PEAD		PEBD		P.V.C		P.V.C Fle		P.P		P.S	
	H (kJ)	Moles (gr-mol)	H (kJ)	Moles (gr-mol)	H (kJ)	Moles (gr-mol)	H (kJ)	Moles (gr-mol)	H (kJ)	Moles (gr-mol)	H (kJ)	Moles (gr-mol)	H (kJ)	Moles (gr-mol)
C	19149,09	6650,67	21148,50	7345,08	11996,25	4166,41	3182,07	1105,16	3731,30	1295,92	19796,93	6875,67	24527,82	8518,75
H	29956,56	9976	21306,03	7265,00	12217,61	4166,00	2409,21	821,50	4560,34	1555,00	37344,93	12734,00	14456,72	4929,50
O	755,85	513,46	-	-	-	-	21,57	14,66	43,20	29,34	356,33	242,06	215,98	146,72
N	20,73	8,39	144,74	58,68	5,20	2,11	2,55	1,04	2,55	1,04	10,31	4,18	20,70	8,39
S	10,43	3,65	167,54	58,69	5,26	1,84	2,59	0,91	2,59	0,91	20,96	7,34	-	-
H2O	35,50	13,05	35,50	13,05	17,83	6,56	8,91	3,28	8,91	3,28	35,50	13,05	35,50	13,05
H2O (g)	3,11	13,05	3,11	13,05	6,20	6,56	12,39	3,28	12,39	3,28	3,11	13,05	3,11	13,05
TOTAL	49931,27		42766,81		24248,35		5639,29		8361,28		57529		39221,22	



6.2 EQUIPOS

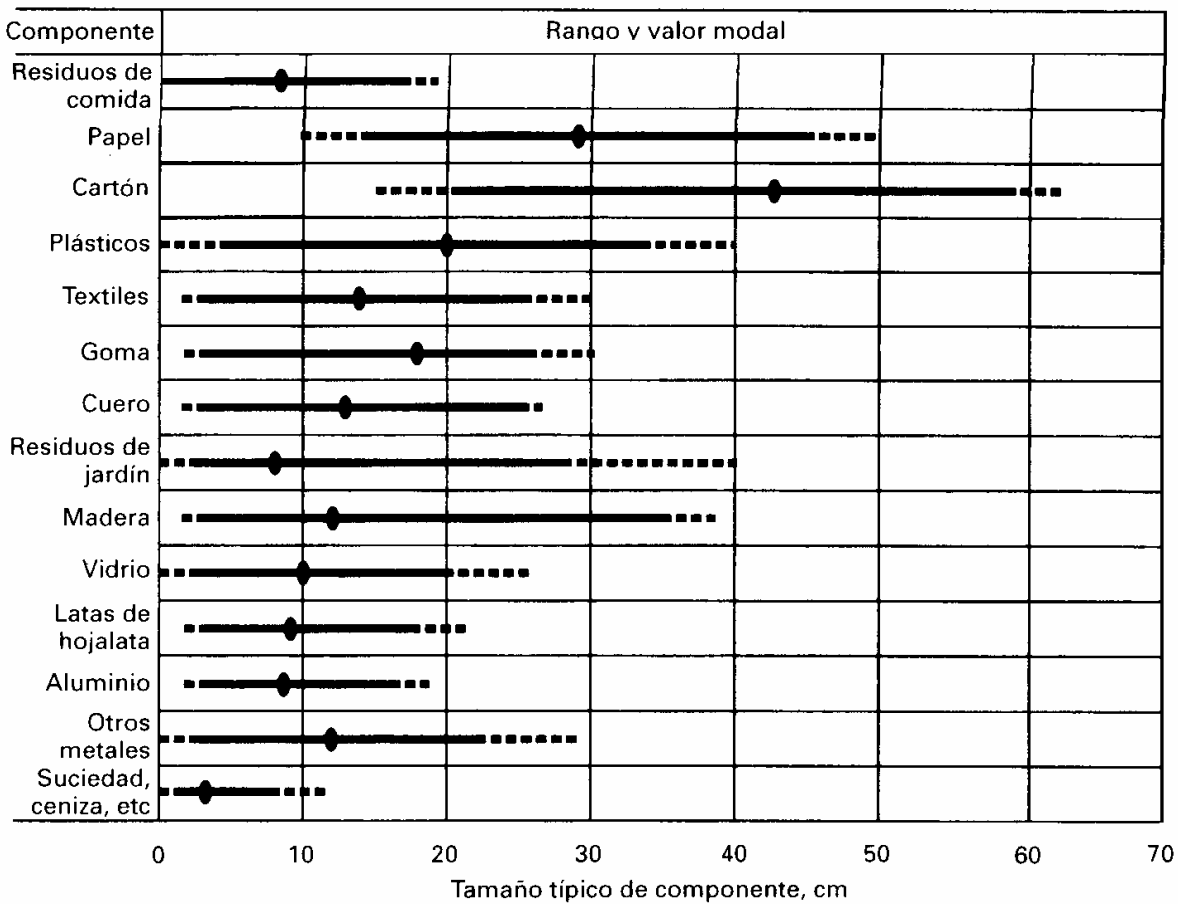
Tabla No. Especificaciones de los equipos.

Características	Equipos				
	Transportadora de banda	Características	Molino de martillos alta velocidad (cuchillas)		
Intervalo de tamaños de equipos comunes Diámetro o anchura, D (m) Longitud, L(m)	0,5 – 2 10 – 50	Relación de reducción de típica máxima, R	50 2		
Capacidad Máxima de sólidos (m ³ /s)	0,06	Características de eficiencia Intervalo de distribución de tamaño.	B		
Velocidad normal de transporte	0.1 – 0.3				
Compatibilidad Sólidos polvorosos Material en terrones Sólidos librosos	B A B	Compatibilidad Sólidos duros Materiales abrasivos			
Abrasivos Materiales Corrosivos Sólidos pegajosos y gomosos	D D D				
Ambiente controlado Transporte al vacío Transporte hacia arriba o hacia abajo en el plano inclinado	D E B				
Elevación vertical Versatilidad de trayectoria	X E				
Angulo de inclinación limitado Limite normal de temperatura (°C, acero al carbono)	30° 300				
Consumo relativo anual Consumo de potencia (kw)	Moderado 0.006 m L				



Anexo 1

Figura No. 1 Distribución del tamaño de los componentes encontrados en los Residuos Sólidos Urbanos Domésticos.





Anexo 2

Estimación de la cantidad a procesar en la Planta de Reciclaje de Plástico

Para el diseño de la Planta, tomamos una estimación del plástico sin recuperar del 3.84 %, para su recolección.

Datos:

Días Operados al mes = 20

Horas operadas al día = 8

¿ Ton/mes, plástico recogido = 2.500 Ton / mes (3.84 / 100) = **96 Ton/mes**

¿ Ton/día, para procesar = 96 Ton/mes*(1 mes / 20 días de operación)

¿ Ton/día, para procesar = **4.8 Ton/día**

¿ Ton/h, para procesar = 4.8 Ton/día * (1 día / 8 h de operación)

¿ Ton/h, para procesar = **0.6 Ton/h**

Anexo 3

Conversión de los valores típico del contenido energético en base seca

Kcal/Kg (base seca) = Kcal / Kg (Residuos desechados) (100 / (100 - % Humedad)

Kcal/Kg (base seca) = 7014,23 Kcal/kg (100 / (100 – 0,2)

Kcal/Kg (base seca) = 7014,23 Kcal/kg

Residuos desechados (Kcal /kg) = Energia (Kcal/kg) *Rechazo Inerte (%) / 100 %

Residuos desechados (Kcal /kg) = 7778 Kcal/kg *10% / 100 %

Residuos desechados (Kcal /kg) = 7000,2 Kcal/kg