

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA
UNAN FAREM MATAGALPA**

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS, TECNOLOGIA Y SALUD



**Trabajo Monográfico
Para
Optar al Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas**

Evaluación del Proceso de Reciclaje de Polímeros Matagalpa 2012

Sustentante:

Omar Alí Blandón Cruz

Tutor:

Ing. Iván Martín Montenegro

Matagalpa, Enero de 2013

Índice

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	ii
Resumen.....	iii
Valoración del Tutor.....	iv
I. Introducción.....	1
II. Antecedentes.....	3
III. Justificación.....	4
IV. Planteamiento del Problema.....	5
V. Objetivos.....	7
5.1. Objetivo General.....	7
5.2. Objetivos Específicos.....	7
VI. Hipótesis.....	8
VII. Marco Teórico.....	9
7.1. Conceptualización Básica.....	9
7.1.1. Definición de polímero y plástico:.....	9
7.1.2. Termoplásticos:.....	9
7.1.3. Termoestables:.....	10
7.1.4. Elastómeros:.....	11
7.1.5. Aditivos:.....	11
7.1.6. Plastificantes:.....	12
7.1.7. Colorantes:.....	12
7.1.8. Antiestáticos:.....	12
7.1.9. Plásticos:.....	13
7.1.10. Desechos Sólidos.....	13

7.2. Tipos de Degradaciones de Polímeros.	14
7.2.1. Degradación térmica:	14
7.2.2. Degradación oxidativa:	14
7.2.3. Degradación por radiaciones:.....	15
7.2.4. Degradación por sustancias químicas:.....	15
7.2.5. Biodegradación:.....	15
7.3. Clasificación de los Polímeros.	16
7.3.1. Según su Origen los Polímeros se Clasifican en:.....	16
7.3.2. Según su Mecanismo de Polimerización:	16
7.3.3. Clasificación de Carothers:.....	17
7.3.4. Clasificación de Flory:.....	17
7.3.5. Clasificación Según su Composición Química:	18
7.3.6. Clasificación Según sus Aplicaciones:	18
7.3.7. Clasificación Según su Comportamiento ante la Temperatura:.....	19
7.4. Polímeros Más Comunes:	20
7.4.1. Polietileno:	20
7.4.2. Propiedades Físicas	21
7.4.3. Propiedades Químicas	21
7.4.4. Clasificación	22
7.4.5. Polipropileno:.....	22
7.4.6. Propiedades físicas	24
7.4.7. Propiedades químicas	24
7.4.8. Poliestireno:.....	24
7.4.9. Propiedades Físicas y Químicas:	25
7.4.10. Poliuretano	27

7.4.11.	Propiedades Principales:.....	28
7.4.12.	Policloruro de Vinilo o PVC	29
7.4.13.	Propiedades Generales:.....	29
7.4.14.	Tereftalato de Polietileno (PET).	30
7.4.15.	Propiedades Generales:.....	30
7.4.16.	Polimetilmetacrilato	31
7.4.17.	Propiedades Generales:.....	32
7.5.	Proceso de Reciclaje de Polímeros.	33
7.5.1.	Reciclado Mecánico.	33
7.5.2.	Reciclado Mecánico	34
7.5.3.	Recolección de Desechos Plásticos:.....	35
7.5.4.	Selección:.....	35
7.5.5.	Separación y Limpieza:	36
7.5.6.	Trituración:.....	37
7.5.7.	Lavado y Secado:.....	37
7.5.8.	Extrusión:.....	38
7.5.9.	Reciclado Químico.	40
7.5.10.	Procesos de despolimerización.....	42
7.5.11.	Reciclado Térmico.....	45
7.6.	Tipos de Moldeo.....	47
7.6.1.	Moldeo por Extrusión:.....	47
7.6.2.	Moldeo por Inyección:	49
7.6.3.	Moldeo por Soplado:	50
7.6.4.	Moldeo por Laminado:.....	52
7.7.	Compatibilidad de Polímeros:	53

VIII. Diseño Metodológico.....	55
IX. Análisis y Resultados.	56
9.1. Polímero Más Común en los Desechos Sólidos del Casco Urbano de Matagalpa.....	56
9.2. Determinación del Proceso de Reciclaje más Adecuado para el Tipo de Polímero más Común en los Desechos del Casco Urbano de la Ciudad de Matagalpa.....	65
9.2.1. Determinación del Polímero más Común.	65
9.2.2. Identificación de los Plásticos.....	65
9.2.3. Identificación por medio del sello numérico o logotipo.	66
9.2.4. Identificación visual o táctil.	67
9.2.5. Identificación por su destino.	68
9.2.6. Identificación por sus propiedades.	69
9.2.7. Identificación por su peso específico.....	70
9.2.8. Identificación por medio del ensayo a la llama.	70
9.2.9. Identificación por medio de su dureza.	71
9.3. Propuesta de Proceso de Reciclaje para los Desechos Plásticos del Casco Urbano de la Ciudad de Matagalpa.	72
X. Conclusiones.....	75
XI. Bibliografía	77
XII. Anexos.	78

Dedicatoria.

Señor Dios mío te doy gracias por permitirme culminar una etapa más de mi vida, por haberme puesto y llevado de la mano en este camino que ahora finaliza, te pido me llenes de fortaleza y convicción para afrontar y vencer los nuevos retos y las nuevas metas a alcanzar; sobre todo lléname de sabiduría y humildad, y permíteme conocer tu grandeza a la medida de mis sueños.

Dedico este trabajo:

A mi Padre una vez más me siento orgulloso de haber crecido bajo su sombra y sus enseñanzas, cada vez que pienso como un ingeniero siento que su pensamiento y su visión están en mí, el haberme enseñado a siempre mirar más allá del horizonte cercano será algo que seguramente algún día enseñaré a mis hijos y con mucho orgullo les diré que lo aprendí de usted.

A mi Madre han pasado ya 27 años desde la primera vez que nos vimos y hoy me detengo a pensar en todo el amor y la dedicación que me ha brindado; las lágrimas, las sonrisas pero sobre todo sus sabios y prudentes consejos con los cuales me ha hecho crecer y ahora forman parte de mí, sin su dirección detrás de cada decisión que he tomado no estaría el día de hoy escribiendo esto.

Padres míos les agradezco por formar lo que ahora soy, por incluir en mi vida lo mejor de cada uno de ustedes y a Dios por permitirme ser su hijo.

A David amado hermano gracias por siempre cuidar de mi.

A Karina amada hermana la vida es un complejo juego de decisiones a tomar, siempre clama a Dios por sabiduría y nunca dejes de escuchar a nuestra madre.

A la memoria de Julio Blandón Vega.

Recordado abuelito, gracias por creer en mí, aun cuando era un niño.

Agradecimiento.

Agradezco a mi tutor: **Ingeniero Iván Martín Montenegro** por su dirección, sus enseñanzas y amistad la cual espero que perdure en el tiempo.

A los profesores:

Pedro Cruz Flores

Oscar Coronado

Juan José Romero

Por compartir y ser parte de mi proceso de culminación de estudios.

Agradezco a los profesores:

Natalia Golovina

Elmer Mosher

Ramón Zeledón

Marlon Ruiz

Víctor Gutiérrez

Maritza Reyes

Pedro Gutiérrez

Virginia López

Antonio Rodríguez

Por siempre estar para apoyarme en mis inquietudes, brindarme su amistad, consejos y apoyo durante todos estos años pero sobre todo por creer en mí, profesores muchas gracias por todo.

A Kristel Pérez mucho más que una amiga, alguien muy especial gracias por apoyarme en cada proyecto nuevo y siempre estar ahí, en cada consulta y con una respuesta para mí.

A todos los profesores que a lo largo de mi vida como estudiante de Ingeniería Industrial formaron con sus enseñanzas y consejos lo que ahora soy.

A todos ustedes muchas gracias.

Omar Alí Blandón Cruz.

Resumen

La siguiente monografía detalla el proceso de reciclaje de polímeros realizado en el casco urbano de la ciudad de Matagalpa en el año 2012, con el propósito de evaluar el proceso en esa localidad y lograr identificar el polímero más común entre los desechos sólidos todo esto con el fin de poder proponer el método más adecuado para su reciclaje.

Con esta investigación se espera poder mostrar la importancia, beneficios y cambios ambientales, sociales y económicos que este proceso generaría en el casco urbano de la ciudad de Matagalpa y a la población en sí.

A demás se hace referencia a los tipos de polímeros más comunes, su descripción, propiedades y uso; también se describen los diferentes procesos de los distintos métodos de reciclaje y la aplicación de los antes mencionados en la conformación de diversos elementos compuestos por polímeros para diversas áreas desde el hogar hasta la industria.

A través de esta investigación se concluyó, que el proceso de reciclaje en el casco urbano de Matagalpa es incompleto, ya que solo se realiza la recolección además se determinó que el polímero más representativo en los desechos sólidos es el Polietileno Tereftalato y el método más indicado para su reciclaje es el reciclaje mecánico.

Valoración del Tutor

A la medida de la grandeza de tus sueños así conocerás a tu Dios.

Si haces planes para un año, siembra arroz; Si los haces para diez siembra árboles y si los haces para toda una vida edúcate.

I. Introducción.

El presente documento es un trabajo monográfico de investigación el cual abordará la evaluación del proceso de reciclaje de polímeros en la actualidad en el casco urbano de la ciudad de Matagalpa, sus diversas clasificaciones y métodos.

Con esta investigación se pretende determinar cuáles son los tipos de polímeros más comunes en los desechos plásticos de la ciudad de Matagalpa, las diferencias entre los distintos tipos, métodos, etapas del reciclaje y su procesamiento. Con el fin de poder obtener suficientes elementos de juicio para recomendar un tratamiento y proceso de reciclaje adecuado de estos desechos, tanto en su etapa de síntesis así como en su etapa de desecho; Originados por el uso domiciliar e industrial de herramientas, utensilios, empaques y contenedores en base a polímeros.

Actualmente no se conoce ningún antecedente de investigación científica, practica o de secuencia de proceso en territorio nacional, pero si en Latinoamérica, las cuales sirvieron de apoyo para esta investigación. La contaminación ambiental y general que producen los desechos plásticos está afectando el ecosistema del casco urbano de la ciudad de Matagalpa lo que no solo perjudica al medio ambiente, si no también genera un perjuicio social y económico.

Hoy en día están emergiendo nuevas tecnologías que podrían reducir nuestra producción de plásticos tradicionales al diseñar nuevos plásticos de fácil procesamiento para su reutilización (reciclaje), los modernos y diversos tipos de reciclaje de plásticos derivados del petróleo (Polímeros); Son una nueva y potente alternativa de vanguardia para reducir la contaminación y daño ambiental ocasionado por la inmensa cantidad de desechos y contaminantes que estos ocasionan. Esta investigación fue de carácter cualitativo con algunos elementos cuantitativos además de una fase descriptiva y exploratoria para poder determinar el tipo de polímero de mayor desecho o recolección en la ciudad y aplicar el correcto método de reciclaje a este, ayudando así a reducir el daño ambiental y a la salud ocasionado por estos desechos además de generar

fuentes de empleo, ingresos económicos y una conciencia colectiva en pro de un ambiente limpio y de reutilización.

Es importante hacer referencia que debido al uso de ciertos tipos de empaques o envases plásticos es más costosa la preparación y limpieza de estos hasta un nivel higiénicamente seguros para rehusarlos, que el propio proceso de reciclaje. Se espera que esta investigación se de gran utilidad para futuros investigadores, el gobierno municipal o empresarios que quieran iniciarse en esta labor como un rubro económico a explotar además de ayudar a la preservación de nuestro medio ambiente.

II. Antecedentes.

A finales de 1998 El científico Dr.Rolf Halden (Rolf Halden, PhD, MS; Director The Bio design Institute, Environmental Security; Professor Ira A. Fulton Schools of Engineering, School of Sustainable Engineering and the Built Environment Rolf.Halden@asu.edu); de la Universidad Estatal de Arizona completó un abarcador estudio para investigar cuáles son las consecuencias negativas de los plásticos en el medio ambiente y en el ser humano. El estudio demuestra que los plásticos sí tienen un impacto a largo plazo en las personas y en la ecología global. Según el estudio; Los componentes químicos de los plásticos ya están corriendo por nuestras venas, en las de los animales y alterando la composición química del suelo. Una simple prueba de sangre u orina o de suelo encontrará decenas de compuestos derivados del plásticos en cantidades diminutas.

En el año 2004 la universidad nacional de ingeniería UNI de Nicaragua, en conjunto con la universidad del país vasco UPV en Bilbao, España. Publicaron un estudio acerca del reciclado de los residuos plásticos en la revista Iberoamericana de polímeros en donde hacen referencia al crecimiento casi desmedido del consumo de plástico y las tecnologías que se pueden utilizar en el reciclaje de estos desechos y sus beneficios.

En el año 2008 la revista INVI de la Universidad de Chile en su versión impresa 0718-1299 publico una investigación realizada por Rosana Gaggino en donde demuestra el uso de ladrillos y placas prefabricadas a base de plásticos reciclados aptos para la construcción.

Todas estas investigaciones y empresas exitosas dan la pauta para realizar el análisis del proceso de reciclaje de polímeros en el casco urbano de la ciudad de Matagalpa con el fin de no solo reducir el impacto ambiental negativo que genera el desecho de utensilios plásticos sino también generar un beneficio económico de esta actividad además de una fuente de empleo a la población.

III. Justificación.

La contaminación al Ecosistema del casco urbano de la ciudad de Matagalpa ocasionada por los desechos plásticos en la actualidad es alarmante, es muy común observar praderas, calles y carreteras de acceso a la ciudad repletas de desechos plásticos, la cual no es recolectada o tratada; que a su vez genera grandes daños a los componentes del suelo y a la salud humana.

El decir que la probabilidad de reducir la fuente u origen de los desechos de cualquier tipo de producto que se relacione con polímeros es hasta este momento casi nula, ya que estos se encuentran en la gran mayoría de los utensilios, herramientas, accesorios y bienes que utilizamos cada día, y su demanda cada vez es mayor por los bajos costos de su producción, obtención, versatilidad y sobre todo su maleabilidad. La recolección de plásticos ha sido una actividad casi nula pero existente desde el año 2000 en la ciudad de Matagalpa, fue hasta inicios del año 2011 que ésta se hizo más notoria cuando en nuestro país se inició un boom por la recolección de este tipo materiales enfocándose mayormente en la recolección de PET (Tereftalato de Polietileno), ejemplo de estos son las botellas utilizadas para las bebidas descartables, gatorade, gaseosas, entre otros.

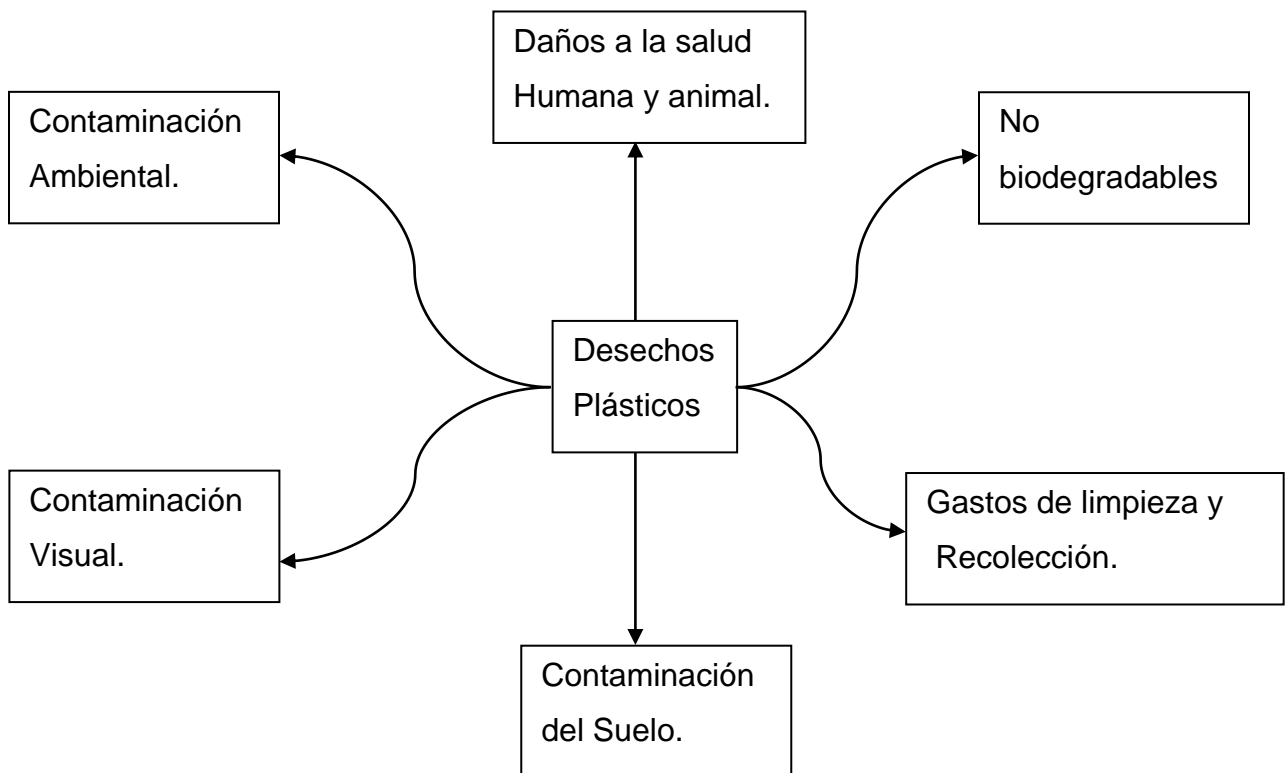
Con el reciclaje de polímeros se pretende contribuir a la limpieza del casco urbano de la ciudad de Matagalpa y esto a su vez fomentará en las nuevas generaciones el crecer en un ambiente limpio de desechos plásticos. Esta investigación servirá como una base conceptual acerca de los procesos de reciclaje y polímeros ampliando y profundizando los conocimientos de los lectores y del investigador, científicamente aportará la conceptualización necesaria para el inicio del desarrollo de un futuro programa de reciclaje de polímeros este aplicado a su vez como una estrategia de gestión integral en el manejo y reutilización de desechos plásticos beneficiara los ecosistemas locales en sus diversos componentes: suelo, paisaje, aire, flora y fauna; además de generar más empleos, mayores ingresos y un entorno más limpio para la ciudad y sus habitantes beneficiando a la ciudad de manera integral.

IV. Planteamiento del Problema.

El aumento de la cantidad de desechos plásticos en el casco urbano de la ciudad de Matagalpa en el año 2012, es una situación preocupante ya que éstos generan una serie de problemas que afectan diferentes áreas en la localidad, desde contaminación ambiental, daños a la salud, daños culturales y económicos. (ALMAT, 2012).

En la actualidad no tenemos una estrategia en cuanto al qué hacer con los desechos plásticos; Puestos de recolección a lo largo de la ciudad se encargan de acopiar botellas de PET (Tereftalato de Polietileno), el cual es enviado al extranjero (Guatemala) para su reciclaje.

Principales problemas ocasionados por los desechos plásticos.



Fuente: Autoría Propia.

Se calcula que un nicaragüense promedio habitante en Managua (Capital de la República de Nicaragua) genera aproximadamente 0.70 kg de residuos sólidos, en comparación con los pobladores del resto del país que generan 0.50 Kg. (Matagalpa) de desechos sólidos por día. (Asamblea Nacional de la República, Iniciativa de Ley 20116895) (Jóvenes Ambientalistas, 2010).

En base a lo anteriormente expuesto se estima que la generación total de residuos sólidos a nivel nacional alcanza hasta 3500 toneladas al día lo que equivale a 1.2 millones de toneladas anuales, a nivel local (Casco urbano de la ciudad de Matagalpa) se estima de: 40,14 toneladas al día que equivale a 14,653 toneladas anuales de desechos sólidos varios, según el portal de la Fundación Vida Sostenible (<http://www.vidasostenible.org>, Octubre, 2012.) de todos esos desechos sólidos del 20 al 30 por ciento son provenientes de algún tipo de polímero. Lo cual equivaldría a un rango de 8.03 Ton/día a 12.04 Ton/día o de 2931 Ton/año a 4395 Ton/año

Se encuentra en vigencia una política nacional sobre gestión integral de residuos sólidos la cual tiene rango de Decreto Ejecutivo. 47 2005. Cuya ejecución es vigilada por el MARENA, política que es desconocida por un gran número de los nicaragüenses y peor aún no puesta en práctica. La gran mayoría de las personas del casco urbano de la ciudad de Matagalpa confunden la recolección con el reciclaje además de no conocer a ciencia cierta cuál es el proceso de reciclaje para desechos plásticos.

Esta investigación pretende dar a conocer a la población y a los lectores generales ¿cuáles son los tipos de polímeros de mayor recolección en el casco urbano de la ciudad de Matagalpa?, ¿cuál es el mejor método de reciclaje para ellos y que se puede alcanzar con este proceso?

V. Objetivos.

5.1. Objetivo General.

- Evaluar el proceso de reciclaje de polímeros en el casco urbano de la ciudad de Matagalpa en el año 2012.

5.2. Objetivos Específicos.

- Describir el proceso de reciclaje de polímeros más adecuado.
- Identificar los polímeros más comunes en los desechos sólidos del casco urbano de la ciudad de Matagalpa.
- Proponer el proceso de reciclaje adecuado para el tipo de polímero identificado en la ciudad de Matagalpa.

VI. Hipótesis.

El Proceso de reciclaje de Polímeros en la ciudad de Matagalpa en 2012 es incompleto.

VII. Marco Teórico.

7.1. Conceptualización Básica.

7.1.1. *Definición de polímero y plástico:*

Etimológicamente la palabra polímero proviene de las raíces griegas: poli = muchos y meros = partes, es decir se trata de una sustancia conformada por la repetición de la misma unidad química. A esta unidad química la llamamos MONÓMERO. Si representamos con la letra "A" a esta unidad monomérica, entonces el polímero se representaría por:

-A-

Por ejemplo, el etileno ($\text{CH}_2 = \text{CH}_2$) al polimerizarse forma el polietileno (USAID, 2000).

El Autor hace referencia al origen de la definición “polímeros”, su origen lingüístico y su origen químico brindando una breve explicación que varios monómeros forman un polímero.

Los Polímeros están formados de una serie de Monómeros pueden ser un par de monómeros, decenas, cientos o miles. Un monómero es una molécula de pequeña masa molecular que unida a otros monómeros, por medio de enlaces químicos, generalmente covalentes, forman macromoléculas llamadas polímeros. La palabra monómero procede del griego mono- "uno" y mero "parte". La unión de pocos monómeros, generalmente menos de 10, forman los oligómeros, que pueden ser dímeros, trímeros, tetrámeros, pentámeros.

7.1.2. *Termoplásticos:*

Los termoplásticos están constituidos por cadenas de polímeros lineales o ramificados y que se funden o reblandecen a una cierta temperatura o rango de temperaturas. Pueden mostrar una estructura completamente desordenada de sus cadenas y

entonces los denominamos amorfos, o pueden tener ciertas zonas en las cuales las moléculas tienen una organización geoméricamente ordenada, y entonces los llamamos semicristalinos. (*Plastic Waste Management Institute, 2004*).

Los Polímeros termoplásticos son plásticos que al someterse a cierta temperatura su forma puede variar (física y molecular). Un ejemplo común de ellos son los plásticos termo-encogibles utilizados en la industria alimenticia para empaclar alimentos.

Los termoplásticos se pueden utilizar para la contención de líquidos o materiales que presenten variaciones de temperatura y requieran estabilidad en su contención o ligeras deformaciones.

7.1.3. Termoestables:

Los polímeros termoestables forman estructuras tridimensionales muy complejas, que no llegan a fundir bajo la acción de la temperatura, pero pueden llegar a degradarse a temperaturas elevadas. Son los polímeros que tienen las resistencias mecánicas más elevadas y en general también mayores resistencias químicas.

(*Plastic Waste Management Institute, 2004*).

Los Polímeros “termo-estables” son plásticos que al ser expuestos a diversas temperaturas su comportamiento es estable, no afecta su estructura molecular de una manera drástica brindándole un mejor comportamiento ante las diferentes demandas de acción, en diferentes condiciones de acción.

Según el Autor los Polímeros “termo-estables” son un tipo de polímero el cual puede someterse a diferentes condiciones y variantes de temperatura, además de solicitudes de contención, aislamiento, mecánicas, y de resistencia. Esto debido a su estructura molecular que le brinda una especial resistencia física y química.

7.1.4. Elastómeros:

Los elastómeros o cauchos son un caso particular de los materiales termoestables, pero que tienen sus enlaces tridimensionales más débiles. Poseen una gran elasticidad, pudiendo estirarse hasta 6 ó 7 veces su longitud original, sin romperse.

(Plastic Waste Management Institute, 2004).

Los Polímeros “elastómeros” son el tipo de Polímero que se encuentran comúnmente en las llantas de vehículos, en los neumáticos de los mismos, en los globos de fiesta, entre otros. Es decir estos son aquellos plásticos capaces de comportarse de manera estable ante fuerzas de estiramiento sean causadas por compresión, tensión o flexión.

Los “elastómeros” son polímeros que se utilizan para piezas plásticas que requieran cambiar levemente su forma sin deformarse completamente.

7.1.5. Aditivos:

Los aditivos son sustancias, generalmente orgánicas, pero también pueden ser inorgánicas; que se mezclan con los polímeros para mejorar sus propiedades físicas (por ejemplo plastificantes) o químicas (por ejemplo estabilizantes).

(Wada, 2011).

Los “aditivos” son sustancias que se mezclan de manera mecánica o química con los polímeros para variar su forma, textura, color entre otros un ejemplo de aditivo común son los pigmentos (orgánicos o inorgánicos) utilizados para darle un color específico.

Los aditivos son compuestos químicos de que sirven para que un compuesto se mezcle más fácilmente con otro.

7.1.6. Plastificantes:

Los plastificantes son materiales orgánicos pesados que al incorporarse a los polímeros, destruyen parcialmente las interacciones entre las cadenas responsables de la cohesión mecánica, con lo cual se transforma al material inicialmente rígido en flexible. (Wada, 2011).

Los “plastificantes” se utilizan para reducir la rigidez del polímero aportando un mejor comportamiento ante esfuerzos de flexo-compresión.

Los “plastificantes” se utilizan para reducir la rigidez en la aleación dando lugar a un material más flexible.

7.1.7. Colorantes:

Para dar una coloración particular al material, se utilizan colorantes solubles en el polímero y pigmentos insolubles que se encuentran dispersados en el seno del mismo. En los procesos de fabricación industrial, se suele utilizar frecuentemente una mezcla concentrada de pigmentos y colorantes para incorporarla luego al conjunto de la materia plástica a ser procesada. (Wada, 2011).

Los “colorantes” son utilizados para darle diversos colores al polímero y realizar transformaciones físico – químicas en él, las cuales benefician su comportamiento y apariencia, es decir un vaso plástico con un color específico será más llamativo para un sector comercial y al cambiar el color de ese mismo vaso se alcanzaría otros sectores antes no alcanzados.

Los “colorantes” se utilizan para modificar el color del producto final.

7.1.8. Antiestáticos:

Estas sustancias permiten limitar la acumulación de cargas eléctricas en la superficie del polímero. Se suelen utilizar aroinas, ésteres y fosfatos. (Wada, 2011).

Los “anti estáticos” son compuestos utilizados para controlar las cargas estáticas que se pueden producir en la superficie del polímero debido a su entorno o fricción. Un ejemplo común es el revestimiento interno de las cisternas de combustible.

Los “anti estáticos” son materiales que se incluyen en la mezcla para evitar que el material genere descargas eléctricas a los usuarios por cargas estáticas.

7.1.9. Plásticos:

Se denomina plástico a la resina –natural o sintética- que poseen las macromoléculas orgánicas y en estado de una determinada temperatura, muestra estado de fluidez y viscosidad que le dan la propiedad de moldearse o adaptarse a las distintas formas y aplicaciones. Sin embargo, en términos más generales se refiere a las resinas sintéticas formadas por cadenas de monómeros (polímeros) y los productos obtenidos con este material. (*Goodship, 2007*).

Los “plásticos” son de origen natural o sintético; natural como el caucho y el sintético por medio de procesos químicos. Estos poseen ciertas propiedades físicas que permiten su fácil adaptación a cualquier solicitud física que se pueda someter.

Los plásticos son materiales que se pueden encontrar en la naturaleza como el caucho o se pueden obtener mediante procesos químicos como los polímeros.

7.1.10. Desechos Sólidos.

Se define como desecho sólido todo material resultante de un proceso de fabricación, transformación, utilización, consumo o limpieza, cuando su poseedor o productor lo destina al abandono. También se define como el producto de desecho sólido, líquido y gaseoso generado en actividades de producción y consumo, que ya no poseen valor económico por la falta de tecnología adecuada que permita su aprovechamiento o por la inexistencia de un mercado para los posibles productos a recuperar (*OCDE, 2003*).

Los “desechos sólidos” son mayormente los residuos no utilizables de actividades de producción o de consumo cotidiano en procesos de producción o en uso particular.

Los “desechos sólidos” son todos los tipos de desechos que se pueden generar del uso de diferentes artefactos u utensilios.

7.2. Tipos de Degradaciones de Polímeros.

7.2.1. Degradación térmica:

Es el fenómeno cuando se los polímeros se descomponen por efecto de la temperatura. Por ejemplo el Polimetilmetacrilato puede descomponerse hasta llegar a sus monómeros, el Policloruro de vinilo (PVC) puede producir ácido clorhídrico (por eso se le agregan aditivos), etc. (Wada, 2011).

La “degradación térmica” es cuando el polímero se ve afectado física y químicamente por los efectos de la temperatura.

Degradación térmica es cuando el plástico se va deteriorando por estar expuesto a cambios de temperatura o a una temperatura en específico.

7.2.2. Degradación oxidativa:

Debido a la acción del oxígeno y del ozono algunos polímeros pueden fragilizarse, por ejemplo los cauchos. (Cambridge University, 2010).

La “degradación oxidativa” es el proceso en el cual el polímero es afectado física y químicamente por los efectos del oxígeno y ozono, un fenómeno muy parecido a la corrosión (oxidación).

La degradación oxidativa es cuando el material se degrada al estar en contacto con el oxígeno.

7.2.3. Degradación por radiaciones:

La radiación ultravioleta puede degradar a los polímeros, así por ejemplo, los polietilenos son más resistentes a las radiaciones que el polipropileno.

(Cambridge University, 2010).

La “degradación por radiación” es el proceso por el cual el polímero es afectado por diversos tipos de radiación podría ser la radiación por los rayos del sol, o por algún tipo de exposición a ensayos nucleares, salas de rayos x entre otros.

La degradación por radiación es cuando el material se degrada por estar expuesto a radiación sea de rayos UV o de otra índole.

7.2.4. Degradación por sustancias químicas:

Existen ciertas sustancias químicas como los ácidos y las bases que pueden atacar los polímeros y descomponerlos.

(Cambridge University, 2010).

La “degradación por sustancias químicas” es el proceso por el cual el polímero es afectado la exposición a sustancias químicas degradando física y químicamente al polímero.

Este tipo de degradación es el polímero vuelve a su estado inicial al exponerse a ciertos químicos.

7.2.5. Biodegradación:

Ciertos microorganismos también pueden atacar a los polímeros, en algunos casos permite que el polímero se descomponga, evitando así que permanezca en la naturaleza por mucho tiempo como agente contaminante.

(Cambridge University, 2010).

La "BIODEGRADACION" es un proceso de degradación biológico el cual degrada al polímero sin necesidad de agentes químicos artificiales.

La biodegradación es cuando un material se descompone de manera natural.

7.3. Clasificación de los Polímeros.

7.3.1. Según su Origen los Polímeros se Clasifican en:

Polímeros Naturales: Tales como las proteínas, los ácidos nucleicos, los polisacáridos (como la celulosa y la quitina), el hule o caucho natural, la lignina entre otros.

Polímeros Semi - Sintéticos: Son los que se obtienen por transformación de polímeros naturales. Por ejemplo, la nitrocelulosa, el caucho vulcanizado.

Polímeros Sintéticos: Son Polímeros que se obtienen de manera artificial generalmente en forma industrial a partir del monómero base que se somete a un proceso de polimerización por ejemplo: el nylon, el poliestireno, el policloruro de vinilo o PVC, entre otros. (Goodship, 2007)

El autor refiere a que los polímeros se pueden clasificar según su origen o síntesis.

La clasificación de los polímeros según su origen se da en naturales o sintéticos según su origen.

7.3.2. Según su Mecanismo de Polimerización:

La clasificación de los polímeros según su Mecanismo de Polimerización se propuso por primera vez en 1929 por Wallace Hume Carothers, Doctor en química, inventor y líder de la Química Orgánica en la gran compañía de productos químicos farmacéuticos Norteamérica "DU PONT"; En 1953 el Doctor Paul J. Flory compañero de trabajo de

Carothers reconsidera la teoría de clasificación de los Polímeros propuesta por su compañero años atrás, esta vez tomando en cuenta el comportamiento de la cinética de la reacción dando lugar a dos clasificaciones según la polimerización la clasificación de Carothers y la clasificación de Flory. (Dimitris , 2012)

Según el autor se puede clasificar los polímeros según como fue sintetizado.

Los polímeros se pueden clasificar también por el método o proceso utilizado para su obtención.

7.3.3. Clasificación de Carothers:

Polímeros de Condensación: Estos son lo que en el proceso de polimerización dicha reacción da lugar a la conformación de una molécula de baja masa molecular, por ejemplo el agua.

Polímeros de Adición: En este proceso de Polimerización no existe la conformación de la molécula de baja masa molecular, aquí la reacción es generada por un catalizador que separa las uniones originales en los monómeros que luego se unirán con otros debido a los electrones libres de la previa separación uniéndose de manera sucesiva hasta que la reacción es completada.

7.3.4. Clasificación de Flory:

Polímeros conformados por reacción en cadena: En este tipo de reacción se requiere de un agente iniciador el cual inicia la polimerización, el iniciador reacciona con una molécula de monómero dando origen a la presencia de un radical libre que reacciona con otro monómero y así sucesivamente.

Polímeros conformados por reacción en etapas: En este tipo de reacción el peso molecular del polímero aumenta lentamente y en etapas. Debido a la desaparición de los monómeros y la aparición generalmente de oligómeros que estos reaccionan entre sí formando múltiples enlaces dando lugar a especies de tipo polimérico.

7.3.5. Clasificación Según su Composición Química:

Los Polímeros se pueden clasificar según su composición química en 4 grupos:

Polímeros Orgánicos: Son aquellos que se encuentran comúnmente en la naturaleza y su cadena principal se basa en átomos de carbono.

Polímeros Orgánicos Vinílicos: Son aquellos que la cadena molecular principal está formada exclusivamente por átomos de carbono.

Polímeros Orgánicos No Vinílicos: Son aquellos que en la cadena molecular principal además de átomos de carbono existen átomos de oxígeno o nitrógeno.

Polímeros Inorgánicos: Son los que son basados en compuestos no orgánicos como el azufre y el silicio. (Dimitris , 2012)

Los polímeros según el autor pueden clasificarse por su estructura química fundamental.

Por la estructura química que presenta cada polímero se puede distinguir y clasificar.

7.3.6. Clasificación Según sus Aplicaciones:

Según el uso final del Polímero o a la aplicación que este será sometido se pueden clasificar en 5 grupos: (Impee, 2010)

Elastómeros: Son Polímeros de comportamiento elástico que se deforman fácilmente sin que se rompan sus enlaces o se altere su estructura molecular. Estos poseen un bajo módulo de elasticidad y una gran extensibilidad lo que les permite deformarse al ser sometidos a esfuerzos y recuperar su forma inicial al terminar la sollicitación.

Plásticos: Son polímeros que ante sollicitaciones de esfuerzos se deforman de manera irreversible.

Fibras: Son Polímeros que presentan un alto módulo de elasticidad pero muy baja extensibilidad, lo que permite confeccionar tejidos cuyas dimensiones se mantienen estables.

Recubrimientos: Son Polímeros normalmente en estado líquido, que se adhieren fácilmente a la superficie de otros materiales para protegerlos o darles propiedades especiales.

Adhesivos: Son Polímeros generalmente en estado líquido que combinan una alta adhesión y una alta cohesión, lo que permite unir dos o más cuerpos.

Según el autor para cierto tipo de requerimiento sea químico o físico se utiliza un tipo de polímero generalmente, de esta manera conociendo su aplicación es muy posible poder clasificarlo.

Los polímeros según sus diferentes aplicaciones se pueden diferenciar y clasificar.

7.3.7. Clasificación Según su Comportamiento ante la Temperatura:

Termoplásticos: Estos son polímeros los cuales su estructura molecular presenta muy pocos o ningún enlace entrecruzado; lo que les permite cambiar de estado al ser sometido a diferentes gradientes de temperatura y volver sin ninguna alteración a su condición inicial luego de la variación de temperatura.

Termoestables: Estos son polímeros los cuales su estructura molecular presenta muchos enlaces entrecruzados, lo cual al ser sometidos a gradientes de temperatura no presentan cambios de estado físico, éstos más bien presentan alteraciones químicas que se utilizan para modificarlos químicamente o crear nuevas aleaciones o enlaces.

Elastómeros: Son Polímeros de comportamiento elástico que se deforman fácilmente sin que se rompan sus enlaces o se altere su estructura molecular. (de Winter, 1993)

Dentro de estas clasificaciones podemos dividir los polímeros en: Polímeros comunes y Polímeros de Ingeniería; Los primeros llamados así debido a su común uso en diferentes tipos de utensilios, empaques y recipientes, los segundos llamados así por su diseño especial para satisfacer requerimientos de uso especiales.

Según el autor los polímeros según su comportamiento molecular ante las variaciones de temperatura pueden agruparse o clasificarse.

Los polímeros se comportan de manera diferente ante las variaciones a la temperatura según su comportamiento se pueden clasificar.

7.4. Polímeros Más Comunes:

En la actualidad existen una gran cantidad de polímeros o aleaciones poliméricas las cuales serían muy difíciles de enumerar, con los avances en estudios de la ciencia como la Ingeniería en Materiales Avanzados y Ciencia de los Materiales cada vez aparecen diferentes tipos de materiales los cuales incluyen algún tipo de polímero. En la Ingeniería existen una serie de polímeros que se podrían denominar “comunes” pero a su vez estos no son comunes en el uso cotidiano y en la composición química de los utensilios plásticos que comúnmente usamos.

Los polímeros más comunes son los siguientes:

7.4.1. Polietileno:

El polietileno o polieteno (abreviado PE) es el plástico más común. La producción anual es de aproximadamente 80 millones de toneladas métricas. Su uso principal es el de embalajes (bolsas de plástico, láminas y películas de plástico, geomembranas, contenedores incluyendo botellas, etc.) Muchos tipos de polietileno son conocidos, pero

casi siempre presenta la fórmula química $(C_2H_4)_n H_2$. El PE es generalmente una mezcla de compuestos orgánicos similares que difieren en el valor de n. (de Winter, 1993)

Según el autor el polietileno es el más común de los polímeros y de más fácil síntesis u obtención.

El polietileno (PE) es el polímero usado generalmente para las bolsas plásticas.

7.4.2. Propiedades Físicas

El polietileno es un polímero termoplástico que consiste en largas cadenas de hidrocarburos. Dependiendo de la cristalinidad y el peso molecular, un punto de fusión y de transición vítrea puede o no ser observables. La temperatura a la que esto ocurre varía fuertemente con el tipo de polietileno. Para calidades comerciales comunes de polietileno de media y alta densidad, el punto de fusión está típicamente en el rango de 120 a 130°C (248 a 266°F). El punto de fusión promedio polietileno de baja densidad comercial es típicamente 105 a 115°C (221 a 239°F).

7.4.3. Propiedades Químicas

La mayoría de los grados de polietilenos de baja, media y alta densidad tienen una excelente resistencia química, lo que significa que no es atacado por ácidos fuertes o bases fuertes. También es resistente a los oxidantes suaves y agentes reductores.

El polietileno se quema lentamente con una llama azul que tiene una punta de color amarillo y desprende un olor a parafina. El material continúa ardiendo con la eliminación de la fuente de llama y produce un goteo. El polietileno (aparte del polietileno reticulado) generalmente se puede disolver a temperaturas elevadas en hidrocarburos aromáticos tales como tolueno o xileno, o en disolventes clorados tales como tricloroetano o triclorobenceno.

7.4.4. Clasificación

El polietileno se clasifica en varias categorías basadas sobre todo en su densidad y ramificación. Sus propiedades mecánicas dependen en gran medida de variables tales como la extensión y el tipo de ramificación, la estructura cristalina y el peso molecular. Con respecto a los volúmenes vendidos, los grados de polietileno más importantes son el PEAD, LLDPE y PEBD.

A continuación se nombran los polietilenos más conocidos:

- Polietileno de ultra alto peso molecular.
- Polietileno de ultra bajo peso molecular.
- Polietileno de alto peso molecular.
- Polietileno de alta densidad.
- Polietileno de alta densidad reticulado.
- Polietileno reticulado.
- Polietileno de media densidad.
- Polietileno de baja densidad lineal.
- Polietileno de baja densidad.
- Polietileno de muy baja densidad.
- Polietileno clorado.

7.4.5. Polipropileno:

El polipropileno es un material inerte que posee ciertas características que permiten su reciclaje sin un mayor impacto ambiental. Se trata de un termoplástico semicristalino que se origina a partir de la polimerización de propileno frente a un catalizador estéreo específico. Este material es utilizado para un sin número de productos termoplásticos, los que a su vez, cuentan con las más diversas aplicaciones. (Wada, 2011.)

La Polimerización del propileno, la base para la producción de polipropileno, fue descubierta en 1954 por el italiano Giulio Natta. Este procedimiento se efectuó por primera vez utilizando catalizadores selectivos, obteniendo un polímero cristalino debido a la alienación de las moléculas de propileno monómero.

Este material fue dado a conocer al mercado el mismo año de su descubrimiento debido a su alto rendimiento de reacción, permitiendo su casi inmediata explotación en el ámbito industrial, la que se produjo en 1957 gracias a la compañía italiana Montecatini. (Wada, 2011.)

En nuestros días, el polipropileno, es uno de los termoplásticos más vendidos alrededor del mundo, y se estima que la demanda anual es de unas 40 millones de toneladas. La alta demanda de este material guarda relación con sus propiedades, entre las que se encuentran su gran versatilidad y resistencia química, así como también su baja densidad, su alta dureza, rigidez y resistencia al calor. (Dimitris , 2012)

Debido a todas estas propiedades el polipropileno se ha posicionado entre uno de los favoritos de la industria, desplazando los lugares que antes eran ocupados por el vidrio, diferentes metales, e incluso materiales tan nobles como la madera. Sin embargo, ha desplazado también a otros polímeros de alta demanda como lo son el ABS y el PVC.

La producción de polipropileno, en estos días, está a cargo de compañías petrolíferas de todo el mundo, quienes lo producen de forma directa, o bien, indirecta a través de filiales.

Según el autor el polipropileno (PP) es un polímero termoplástico versátil y muy utilizado.

El polipropileno es utilizado en empaques de comida, o termos para conservar alimentos.

7.4.6. Propiedades físicas

La densidad del polipropileno, está comprendida entre 0.90 y 0.93 gr/cm³. Por ser tan baja permite la fabricación de productos ligeros.

Es un material más rígido que la mayoría de los termoplásticos. Una carga de 25.5 kg/cm² aplicada durante 24 horas no produce deformación apreciable a temperatura ambiente y resiste hasta los 70 grados C.

Posee una gran capacidad de recuperación elástica.

- Tiene una excelente compatibilidad con el medio.
- Es un material fácil de reciclar
- Posee alta resistencia al impacto.

7.4.7. Propiedades químicas

- Tiene naturaleza apolar, y por esto posee gran resistencia a agentes químicos.
- Presenta poca absorción de agua, por lo tanto no presenta mucha humedad.
- Tiene gran resistencia a soluciones de detergentes comerciales.
- El polipropileno como los polietilenos tiene una buena resistencia química pero una resistencia débil a los rayos UV (salvo estabilización o protección previa).

7.4.8. Poliestireno:

El poliestireno (PS) es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno. Existen cuatro tipos principales: el PS cristal, que es transparente, rígido y quebradizo; el poliestireno de alto impacto, resistente y opaco, el poliestireno expandido, muy ligero, y el poliestireno extrusionado, similar al expandido pero más denso e impermeable. Las aplicaciones principales del PS choque y el PS cristal son la fabricación de envases mediante extrusión- termo formado, y de objetos diversos mediante moldeo por inyección. Las formas expandidas y extruida se emplean principalmente como aislantes térmicos en construcción. (Wada, 2011.)

Según el autor el poliestireno es un polímero versátil y muy utilizado para diversas aplicaciones desde contenedores hasta elementos estructurales de muebles.

El poliestireno es utilizado para vasos descartables y para la obtención de poroplast.

7.4.9. Propiedades Físicas y Químicas:

- **Aislante térmico**

La conductividad térmica (λ) de los productos de poliestireno extruido depende básicamente del gas de espumación utilizado. La conductividad que se obtiene varía entre 0.029 y 0.036 W/m·K.

Más importante que la conductividad térmica es el espesor del producto, que determina la resistencia térmica (RD), la capacidad para oponerse al paso del calor.

$$R_D = d / \lambda \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Donde

"d" corresponde al espesor de XPS

" λ " corresponde a la conductividad térmica declarada

- **Absorción de agua**

La estructura celular cerrada del XPS permite que sea un producto cuya absorción de agua por inmersión total de larga duración sea inferior a un 0.7%.

En una cubierta invertida se produce el efecto de la difusión de agua, en este caso, la absorción de agua por difusión del XPS es inferior al 3%.

- **Resistencia a compresión**

Esta característica es una de las que se utiliza para determinar el grado de aptitud de un producto para soportar cargas. En la medida de la resistencia a compresión se trata de aplicar una fuerza que provoque una deformación de un 10% del producto a ensayar. La resistencia a compresión estándar del XPS es de 300 Kpa, aunque pueden conseguirse productos con resistencias de 500 y 700 Kpa.

- ***Fluencia en compresión***

Esta característica se utiliza para determinar la idoneidad de un producto para soportar cargas de muy larga duración sin fatiga. Para productos de XPS de 300 Kpa de resistencia a compresión alcanza valores alrededor de 125 kpa para cargas de 50 años de duración con deformaciones inferiores al 2%.

- ***Reacción al fuego***

La reacción al fuego indica la contribución del producto en caso de incendio a: desprendimiento de energía, formación de humos, formación de gotas.

El poliestireno extruido incorpora ignífigos que le aportan resistencia al fuego, resultando en un producto de Euro clase E, auto extingible sin presencia de gotas ardiendo que evita la propagación de llamas en caso de incendio.

- ***Estabilidad dimensional***

Al acondicionar los productos de poliestireno extruido durante 48 h. a 70 °C, incluso a 48 h. a 70 °C y 90% de humedad, los cambios relativos en la longitud, anchura y espesor no deben exceder del 5%.

- ***Deformación bajo condiciones específicas de carga a compresión y temperatura***

Indica la capacidad del XPS de soportar simultáneamente la acción de cargas y temperaturas. La deformación debe ser inferior a 5% tras 168 h. a 70 °C y 40 Kpa.

- ***Congelación descongelación***

Es un indicador de la durabilidad del XPS en condiciones extremas de exposición.

Se expresa mediante el nivel 2 que implica una pérdida de resistencia a compresión < 10% y un aumento de absorción de agua < 1% después de 300 ciclos de hielo deshielo.

- ***Tracción perpendicular a las caras***

La resistencia del poliestireno extruido cuando se somete a una fuerza de tracción perpendicular a las caras es superior a 200 Kpa.

- ***Transmisión de vapor de agua***

El factor de resistencia a la difusión del vapor de agua indica la magnitud de la resistencia del producto al vapor de agua con relación a una capa de aire estacionario del mismo espesor a la misma temperatura y para productos de XPS alcanza valores superiores a 150.

7.4.10. Poliuretano

El poliuretano es un agente químico, ampliamente utilizado en diversos procesos industriales. Fue en 1937, cuando el químico alemán, Otto Bayer, logró la primera sintetización del poliuretano. Momento en el cual, Europa entera, estaba caminando a la Segunda Guerra Mundial. Por lo que, el proceso de fabricación mismo del poliuretano, fue bastante lento. Aún así, su fabricación a nivel industrial, comenzó en los inicios de la década de los 40'. (de Winter, 1993)

Hoy en día, el poliuretano, es muy usado en fabricación de pinturas sintéticas, destacándose, la de los automóviles. Las cuales logran una alta adherencia al metal y gran resistencia a la inclemencia del tiempo. Ya sea en verano o en invierno. Asimismo, el poliuretano, en la actualidad, también es utilizado en la fabricación de espumas. Incluso en la fabricación de paneles aislantes, para cámaras frigoríficas. Logrando un muy buen aislamiento del frío. Proceso que requiere de la inyección de agua, en el poliuretano. Lo que provoca que el material, se infle literalmente. Pero la gracia en su utilización como aislante, es que a diferencia de las esponjas normales, las cuales presentan poros abiertos, el poliuretano logra un acabado sin poros. Sin aquella cualidad, sería inútil su utilización en el campo de la refrigeración industrial.

Otro punto a favor del poliuretano, es que resiste muy bien el impacto de solventes químicos. Con lo cual, puede ser utilizado en una amplia gama de procesos productivos.

De la misma manera, contiene una flexibilidad mayor, a la de otros agentes similares. Con la característica especial, que al ser contornado, retorna a su forma original.

Según el autor el poliuretano es un polímero generalmente líquido utilizado en procesos industriales.

El poliuretano se utiliza generalmente para pinturas automotrices o recubrimientos de piezas.

7.4.11. Propiedades Principales:

- Posee un coeficiente de transmisión de calor muy bajo, mejor que el de los aislantes tradicionales, lo cual permite usar espesores mucho menores en aislaciones equivalentes.
- Mediante equipos apropiados se realiza su aplicación "in situ" lo cual permite una rápida ejecución de la obra consiguiéndose una capa de aislación continua, sin juntas ni puentes térmicos.
- Su duración, debidamente protegida, es indefinida.
- Tiene una excelente adherencia a los materiales normalmente usados en la construcción sin necesidad de adherentes de ninguna especie.
- Tiene una alta resistencia a la absorción de agua.
- Muy buena estabilidad dimensional entre rangos de temperatura desde -200°C a 100°C .
- Refuerza y protege a la superficie aislada.
- Dificulta el crecimiento de hongos y bacterias.
- Tiene muy buena resistencia al ataque de ácidos, álcalis, agua dulce y salada, hidrocarburos, etc.

7.4.12. Policloruro de Vinilo o PVC

El Policloruro de vinilo es el material conocido habitualmente como **PVC**. Es un polímero obtenido de dos materias primas naturales: el cloruro de sodio o sal común, y petróleo o gas natural. El Policloruro de Vinilo (PVC) es un moderno, importante y conocido miembro de la familia de los termoplásticos. Es un polímero obtenido de dos materias primas naturales cloruro de sodio o sal común (NaCl) (57%) y petróleo o gas natural (43%), siendo por lo tanto menos dependiente de recursos no renovables que otros plásticos. (Dimitris , 2012)

Es uno de los polímeros más estudiados y utilizados por el hombre para su desarrollo y confort, dado que por su amplia versatilidad es utilizado en áreas tan diversas como la construcción, energía, salud, preservación de alimentos y artículos de uso diario, entre otros.

Se presenta como un material blanco que comienza a reblandecer alrededor de los 80 °C y se descompone sobre 140 °C. Es un polímero por adición y además una resina que resulta de la polimerización del cloruro de vinilo o cloroetano. Tiene una muy buena resistencia eléctrica y a la llama.

Según el autor el PVC es un termoplástico menos dependiente de recursos no renovables como otros plásticos y también es un termoplástico.

El PVC se utiliza generalmente en tuberías para líquidos y también para líneas eléctricas.

7.4.13. Propiedades Generales:

- Gran resistencia a ataques químicos.
- No apto para disolventes.
- Buenas propiedades mecánicas.
- No absorbe el agua.
- Resistencia a la compresión.

7.4.14. Tereftalato de Polietileno (PET).

El Tereftalato de Polietileno, Politereftalato de Etileno, Polietilentereftalato o Polietileno Tereftalato (más conocido por sus siglas en inglés PET) es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles. Químicamente el PET es un polímero que se obtiene mediante una reacción de poli condensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol. Pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres.

Es un polímero termoplástico lineal, con un alto grado de cristalinidad. Como todos los termoplásticos puede ser procesado mediante extrusión, inyección, soplado de preforma y termo conformado. (Dimitris , 2012)

Para evitar el crecimiento excesivo de las esferulitas y lamelas de cristales, este material debe ser rápidamente enfriado, con esto se logra una mayor transparencia, la razón de su transparencia al enfriarse rápido consiste en que los cristales no alcanzan a desarrollarse completamente y su tamaño no interfieren con la trayectoria de la longitud de onda de la luz visible, de acuerdo con la teoría cuántica.

Según el autor el PET es un polímero sintético lineal termoplástico.

El PET se utiliza generalmente para la conformación de preformas para bebidas embotelladas.

7.4.15. Propiedades Generales:

- Alta transparencia, aunque admite cargas de colorantes.
- Alta resistencia al desgaste y corrosión.
- Muy buen coeficiente de deslizamiento.
- Buena resistencia química y térmica.
- Muy buena barrera a CO₂, aceptable barrera a O₂ y humedad.
- Compatible con otros materiales barrera que mejoran en su conjunto la calidad barrera de los envases y por lo tanto permiten su uso en mercados específicos.
- Reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica.

- Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios.

7.4.16. Polimetilmetacrilato

El polimetilmetacrilato o acrílico es también conocido por sus siglas PMMA se obtiene de la polimerización del metacrilato de metilo y la presentación más frecuente que se encuentra en la industria del plástico es en gránulos o en láminas más conocido como Plexiglás. Es el mejor de los plásticos en cuanto a su resistencia a la intemperie, transparencia y resistencia al rayado. Fue descubierto en Alemania y su utilización médica se remonta a 1936. (Dimitris , 2012)

Las aplicaciones del PMMA son múltiples, entre otras señalización, expositores, protecciones en maquinaria, mamparas separadoras decorativas y de protección, acuarios y piscinas, obras de arte, etc. Las ventajas de este material son muchas pero las que lo diferencian del vidrio son: bajo peso, mejor transparencia, inferior fragilidad. De los demás plásticos se diferencia especialmente por su mejor transparencia, su fácil moldeo y su posible reparación en caso de cualquier raya superficial. La posibilidad de obtener fibras continuas de gran longitud mediante un proceso de fabricación relativamente barato hace junto con su elevada transparencia que sea un material muy empleado para la fabricación de fibra óptica. Últimamente encontramos muchos diseños, colores y acabados en las planchas que abren un mundo de posibilidades para su uso en arquitectura y decoración, sectores en los que cada vez se emplea más frecuentemente.

El PMMA no es tóxico si está totalmente polimerizado. Su componente el MMA (monómero de metacrilato de metilo) si lo es en fase líquida.

Según el autor el PMMA es un polímero para altas exigencias de esfuerzos.

El PMMA se utiliza para láminas de escotillas o ventanas y para la conformación de plexiglás.

7.4.17. Propiedades Generales:

- Transparencia de alrededor del 93 %. El más transparente de los plásticos.
- Alta resistencia al impacto, de unas diez a veinte veces la del vidrio.
- Resistente a la intemperie y a los rayos ultravioleta. No hay un envejecimiento apreciable en diez años de exposición exterior.
- Excelente aislante térmico y acústico.
- Ligero en comparación con el vidrio (aproximadamente la mitad), con una densidad de unos 1190 kg/m³ es sólo un poco más pesado que el agua.
- De dureza similar a la del aluminio: se raya fácilmente con cualquier objeto metálico, como un clip. El metacrilato se repara muy fácilmente con una pasta de pulir.
- De fácil combustión, no se apaga al ser retirado del fuego. Sus gases tienen olor afrutado y crepita al arder. No produce ningún gas tóxico al arder por lo que lo podemos considerar un producto muy seguro para elementos próximos a las personas al igual que la madera.
- Gran facilidad de mecanización y moldeo.
- Se comercializa en planchas rectangulares de entre 2 y 120 mm de espesor. Existe con varios grados de resistencia (en unas doce calidades diferentes) y numerosos colores. Se protege su superficie con un film de polietileno para evitar que se raye al manipularlo.
- Se puede mecanizar en frío pero no doblar. (serrado, esmerilado, acuchillado pulido, etc.). Para doblarlo hay que aplicar calor local o calentar toda la pieza. Esto último es un proceso industrial complejo que requiere moldes y maquinaria especializada.
- El metacrilato presenta gran resistencia al ataque de muchos compuestos pero es atacado por otros, entre ellos: Acetato de etilo, acetona, ácido acético, ácido sulfúrico, alcohol amílico, benzol, butanol, diclorometano, triclorometano (cloroformo), tolueno.

7.5. Proceso de Reciclaje de Polímeros.

En la actualidad los plásticos se presentan en casi todas las actividades que realizamos en cada uno de los aspectos del diario que hacer desde envases para bebidas hasta muebles de hogar u oficina sin mencionar los electrodomésticos o aparatos tecnológicos. Es decir que existe un número casi incontable de productos plásticos en el mercado dirigido a todo tipo de sectores.

El reciclado de plástico puede realizarse por medio de tres métodos diferentes:

Reciclado Mecánico.

Reciclado Químico.

Reciclado Térmico.

7.5.1. Reciclado Mecánico.

El reciclado mecánico consiste básicamente en descomponer mediante procesos mecánicos el plástico hasta volverlo a una forma muy similar a su forma inicial como materia prima, éste también se denomina como el primer tipo de reciclado por el que se debe de procesar componentes plásticos destinados al reciclaje sea meramente mecánico o químico, éste se utiliza generalmente con mucho éxito en el reciclaje de PET y PVC. (*Goodship, 2007*).

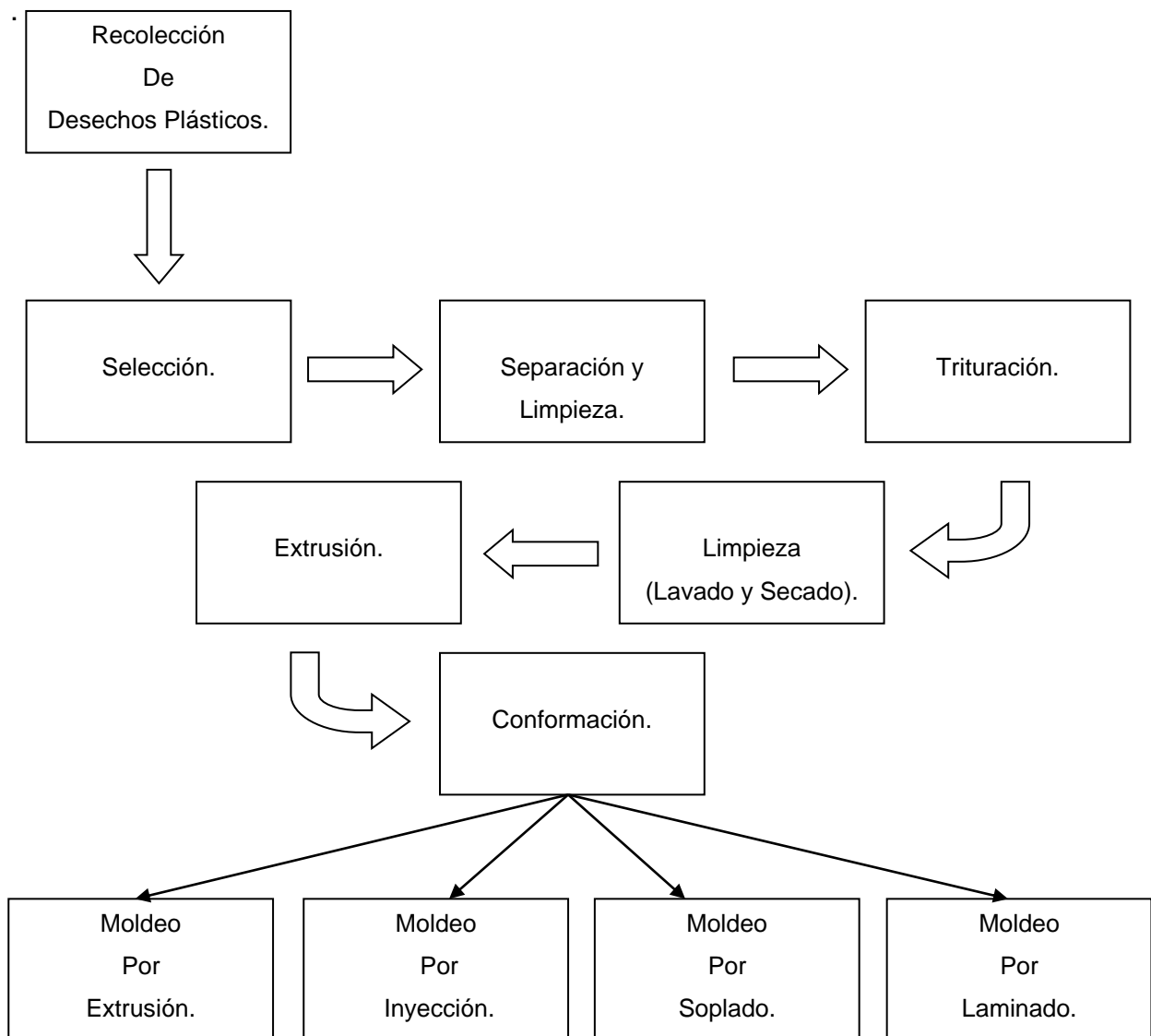
Este proceso se divide en varias etapas:

- Selección.
- Separación y Limpieza.
- Trituración.
- Lavado y Secado.
- Separación.
- Extrusión.
- Conformación.

El “reciclado mecánico” es el conjunto de operaciones mecánicas que se realizan para reciclar el plástico estas pueden ser: lavado, corte, compactación, trituración entre otros.

El autor refiere que el reciclado mecánico es el tipo de reciclaje en el cual no intervienen agentes químicos, solo se trata a través de esfuerzos mecánicos.

7.5.2. Reciclado Mecánico



Fuente: Autoría Propia.







7.5.3. **Recolección de Desechos Plásticos:**

La recolección del desecho plástico es el eslabón inicial para cada uno de los métodos de reciclaje, existe una variante en esta etapa según el método a desarrollar si el reciclado es mecánico la recolección de desechos plásticos generalmente es de residuos de utensilios plásticos desechados, botellas, juguetes etc.

7.5.4. **Selección:**

Es la etapa donde los plásticos se seleccionan según su forma, origen y clasificación química; para fines de una mejor selección se realiza generalmente a mano asistido mecánicamente el supervisor se guía por el sello de clasificación de cada pieza.

Cuadro de Sellos de Clasificación de Plásticos:

Cuadro de identificación						
						
PET	PEAD	PVC	PEBD	PP	PS	OTROS

1. Polietileno Tereftalato (PET)
2. Polietileno de alta densidad (PEAD)
3. Policloruro de vinilo (PVC)
4. Polietileno de baja densidad (PEBD)
5. Polipropileno (PP)
6. Poliestireno (PS) (ABS, HIPS, Expandido)
7. Otros (Poliamida, Policarbonato, Resinas antitérmicas)

Fuente: El plástico y sus posibilidades de reciclaje, 2002.

7.5.5. Separación y Limpieza:

Una vez seleccionado el material se separa para su respectivo proceso de limpieza es decir se remueven etiquetas, tapones, calcomanías y se agrupan según su tamaño o según las operaciones previas a realizar para su debido reciclaje.

El objetivo de esta etapa es obtener un producto más limpio, mediante la eliminación de impurezas de otros materiales. Esta selección se hace de forma automática y/o manual, basándose en una amplia variedad de criterios: color (por ejemplo eliminar colores críticos como amarillo, verde, marrón rojo y negro; dejar solo los azules e incoloros), materiales plásticos (eliminación de PE, PP, PVC), forma (por ejemplo seleccionar solo botellas de refresco y agua) y eliminación de materiales metálicos.

En función de las propiedades de los materiales se utilizan diferentes sistemas de separación: separadores colorimétricos, de infrarrojo cercano (NIR), triboeléctricos, ultravioletas, Foucault etc. Su mayor o menor efectividad depende de las características de lo que hay que separar: grado de suciedad, humedad, etc. (Wada, 2011).

Además se suele hacer una detección y separación de elementos metálicos férricos del triturado mediante imanes dispuestos en diferentes puntos de la línea, antes de los trituradores para protegerlos y también después para evitar el desgaste del resto de la maquinaria durante el proceso.

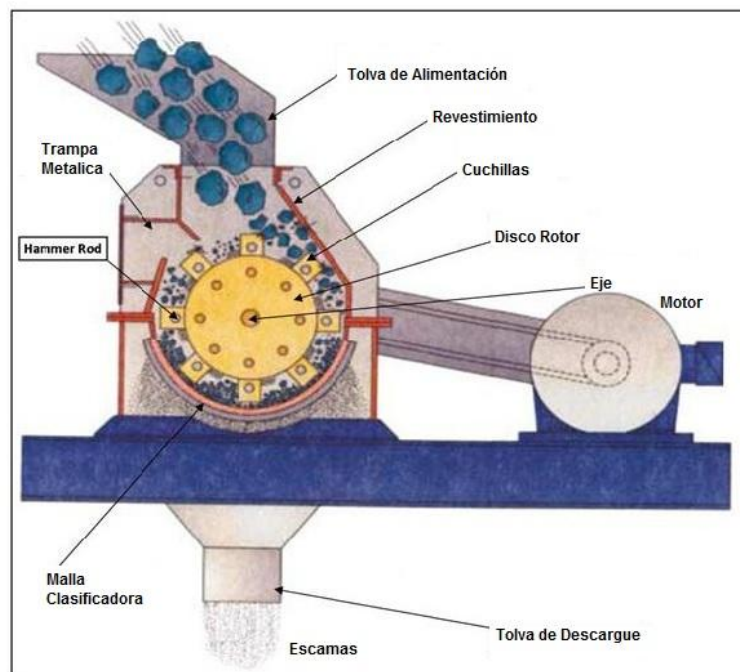
Estos procesos de separación de impurezas se pueden realizar en diferentes puntos a lo largo de toda la línea de reciclado, pudiendo ser más o menos exhaustivos en función de la aplicación prevista y de las condiciones en las que el residuo llega a la planta recicladora.

7.5.6. Trituración:

En esta etapa el plástico limpio y separado de la basura se prepara para la trituración. El material es reducido de tamaño, generalmente en las llamadas trituradoras para plástico las cuales son un molino giratorio de cuchillas.

El tamaño final puede variar de una instalación a otra, aunque lo habitual es obtener una partícula de forma irregular menor de 10 mm y libre de polvo denominada ESCAMA.

Diagrama de Trituradora Circular (para reciclaje de plástico).



Fuente: El plástico y sus posibilidades de reciclaje, 2011.

7.5.7. Lavado y Secado:

Cuando ya está listo el lote de plástico triturado este pasa por una etapa de lavado y secado esto es debido a que la mayoría de los desechos provienen de la basura donde están expuestos a diferentes tipos de contaminantes, suciedad, desechos obtenidos por adherencia.

Aquí se garantiza que el plástico que va hacia la extrusora es solo el componente plástico que se desea procesar y este se encuentra limpio de contaminantes químicos y residuos físicos.

Se suele hacer después de la trituración aunque también puede haber un lavado inicial. Se puede utilizar agua, tenso activos comunes de lavado a una temperatura que puede ser variable el lavado en frío o temperatura ambiente, lavado medio a unos 40°C o lavado en caliente de 70 ° C a 90 ° C.

Se puede encontrar un único equipo de lavado o varios dispuestos, normalmente, en línea. Mediante este lavado se eliminan contaminantes orgánicos, tierra y arena presentes en la superficie de la escama. Los tenso activos empleados son eliminados mediante lavados sucesivos con agua; en el caso de que el enjuague no fuera adecuado, quedarían restos de estas sustancias que supondrían una contaminación en la escama final.

Mediante el conjunto de lavados se separan además otra serie de impurezas y otros residuos por diferencias de densidad y flotación. En ocasiones se utilizan métodos de fricción, centrifugación, ciclón, etc. para mejorar el lavado y la eliminación de elementos no deseados.

El triturado ya limpio y más puro es secado a una temperatura de 150 a 180°C, esto puede variar según las instalaciones o el requerimiento del proceso mismo. El tiempo de secado de la escama puede variar mucho desde algunos minutos hasta varias horas dependiendo de si se hace en presencia de vacío o no o el gradiente de temperatura al que será expuesta.

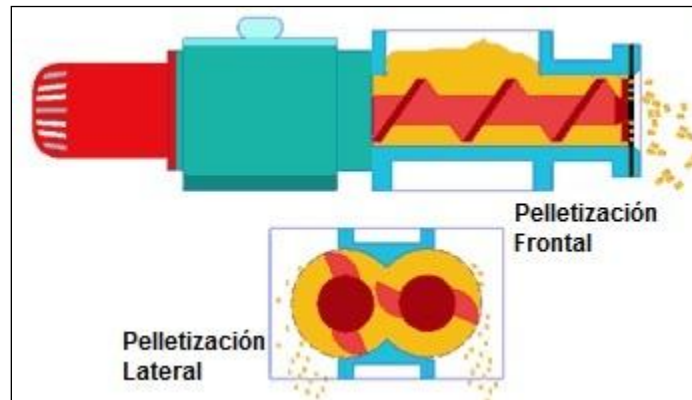
7.5.8. Extrusión:

En este proceso, la escama ya limpia y seca es sometida a una extrusora la cual expone a la escama a una temperatura mayor que va desde los 50 a los 100 grados y

que tiene un terminal especial para la obtención del producto final denominado PELLETS. El terminal para los pellets puede ser de pelletización frontal o lateral.

Proceso de Extrusión de Pellets.

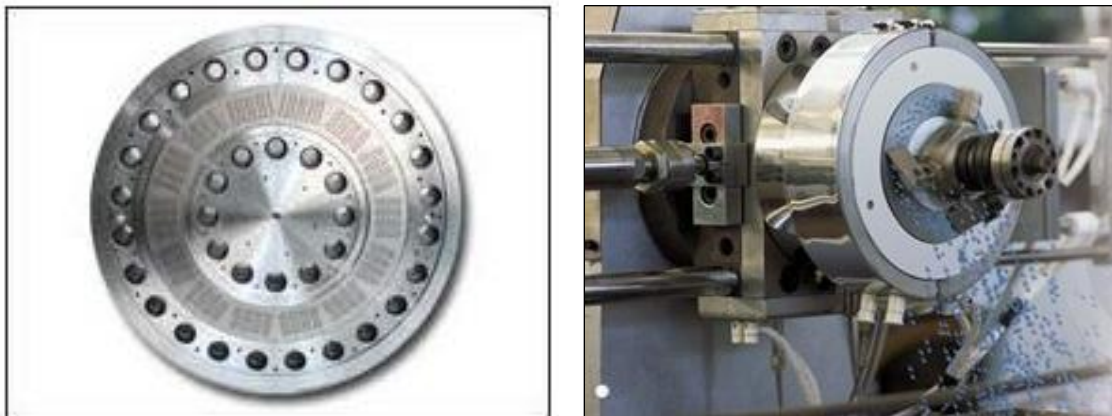
Frontal y Lateral.



Fuente: El plástico y sus posibilidades de reciclaje, 2011.

Este proceso es un tratamiento principalmente térmico – mecánico y muy posiblemente hará que se modifiquen algunas características de la escama y que ciertos contaminantes se eliminen, puesto que la transformación se realiza a elevada temperatura. En general, los procesos de separación, lavado y trituración son muy importantes, puesto que permiten eliminar contaminantes y otros polímeros. Permiten además una homogeneización del Pellet.

Disco Pelletizador.



Fuente: El plástico y sus posibilidades de reciclaje, 2011.

Sistema de Extrusión y Pelletizador Frontal.



Fuente: El plástico y sus posibilidades de reciclaje, 2011.

7.5.9. Reciclado Químico.

El Reciclado Químico básicamente es la despolimerización de los plásticos bien en monómeros o bien en materias primas de bajo peso molecular. En la primera posibilidad los monómeros pueden volver a ser utilizados para la polimerización, lo que se conoce como aminólisis. En el segundo caso, conocido como pirólisis, las materias primas pueden ser utilizadas para diferentes tipos de reacciones químicas incluida la producción de polímeros. No todos los materiales plásticos están en condiciones de ser sometidos a un reciclaje mecánico, bien porque están muy degradados y no darían productos con buenas características, o porque se encuentren mezclados con todo tipo de sustancias que su separación y limpieza no resultaría rentable por lo que el Reciclaje Químico es la mejor opción. La determinación para utilizar el Reciclaje Químico se toma a partir del material a reciclar y la finalidad de su uso despreciando el tipo de plástico que este sea. *(Goodship, 2007).*

Este tipo de reciclado implica realizar el proceso inverso a la obtención de materiales poliméricos, es decir, provocar el fraccionamiento de los materiales poliméricos en pequeños componentes, que posteriormente pueden utilizarse y transformarse por reacción química. El objetivo ideal sería recuperar los monómeros para volver a fabricar los mismos polímeros.

Los residuos plásticos se someten a diversos procesos químicos para poder descomponerlos, por ejemplo, descomposición térmica en ausencia de oxígeno, tratamiento con hidrógeno a altas temperaturas, gasificación o tratamiento con disolventes polares y no polares que descomponen los residuos para ser usados nuevamente como materias primas en plantas petroquímicas.

Cabe destacar que previo a todo proceso de reciclaje químico le precede un reciclaje mecánico para la obtención de escamas de plástico. El tamaño de las escamas puede variar entre 1 a 10 mm. Una granulometría más fina significa una disminución en el tiempo del proceso debido a un incremento en la velocidad reacción por el aumento de la superficie de contacto.

De los procesos químicos para la despolimerización de plásticos, la metanólisis, la hidrólisis y sobre todo la glicólisis, son los procesos más utilizados. Sin embargo, la metanólisis e hidrólisis se llevan a cabo bajo condiciones de presión y temperatura mayores que en el caso de la glicólisis, y además, debido a las condiciones ácidas o básicas de la hidrólisis, esta puede generar mayores problemas ambientales. (The plastic waste institute, 2004).

En el caso de la glicólisis, el proceso más empleado, es llevado a cabo con etilenglicol (EG). El producto principal es el monómero tereftalato de bis (2-hidroxi-etileno) (BHET) que puede ser utilizado directamente para la síntesis de PET o de resinas de poliéster insaturado.

El “reciclado químico” es el proceso de reciclaje que está basado en reacciones químicas para disolver molecularmente el plástico y llevarlo a su estado inicial.

El autor refiere que el reciclado químico es el tipo de reciclaje en el cual no intervienen directamente agentes mecánicos en el proceso principal de reciclaje, este está a cargo de diversos agentes químicos.

7.5.10. Procesos de despolimerización.

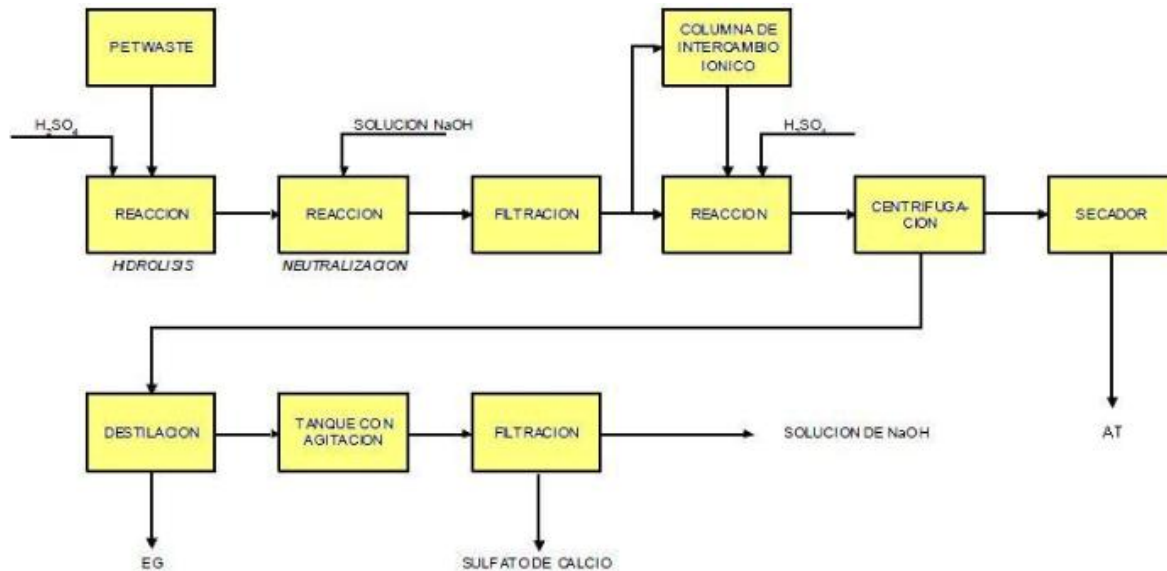
Metanólisis

La despolimerización del Plástico a través de la metanólisis se lleva a cabo por medio del tratamiento del polímero con altas cantidades de metanol en presencia de un catalizador (trisopropóxido de aluminio o acetato de zinc y sales de ácido arilsulfónico) a altas presiones (20-25 Kg/cm²) y a temperatura (180-280°C). Este proceso incluye un alto número de operaciones unitarias, como la filtración (centrífuga), cristalización multi etapa, destilación al vacío, etc. En la metanólisis se descompone el plástico en sus moléculas básicas, que pueden ser nuevamente polimerizados para la obtención de material virgen. Este proceso se utiliza para generalmente para PET coloreado y con contenidos de otros polímeros contaminantes (PE, PVC, polímeros termoestables). El metanol recuperado es reutilizado. (Wada, 2011).

Hidrólisis

Se llama hidrólisis a una reacción ácido-base entre una sustancia, típicamente una sal, y el agua. Esta reacción es importante por el gran número de contextos en los que el agua actúa como disolvente. También se aplica a algunas reacciones ácido-base en las que participa el agua y se rompe un enlace covalente, como se muestra en la figura, al ser disueltos en agua, los iones constituyentes de una sal se combinan con los iones hidronio, H₃O⁺ o bien con los iones hidroxilo, OH⁻, o ambos. Dichos iones proceden de la disociación del agua. Esto produce un desplazamiento del equilibrio de disociación del agua y como consecuencia se modifica el valor del pH. (Wada, 2011).

Diagrama de la hidrólisis para reciclaje.



Fuente: Corporación OIKOS.

Hidrólisis neutra

Es llevada a cabo con agua o vapor a altas presiones, el rango de temperatura de la reacción va desde 180°C hasta 275°C. Los rangos típicos para la reacción de hidrólisis presurizada son de 180 a 220°C en exceso de agua, con una relación en peso material-agua de 1:6 a 1:12 y presiones de 1 a 4 MPa. El tiempo de reacción dependerá de cantidad de reactivos, presión y temperatura utilizados). (Wada, 2011).

Hidrólisis ácida

La hidrólisis ácida del plástico implica el uso de un ácido inorgánico fuerte, como el ácido nítrico o ácido sulfúrico, para despolimerizar el plástico en un pH de 2 a 6. El producto de la reacción es, entre otros, el AT crudo, que se debe purificar por medio de la formación de su sal de sodio. Comúnmente en esta reacción se usa el ácido sulfúrico, con una concentración no menor al 87 %, para llevar a cabo el proceso en tiempos cortos a bajas temperaturas de 85-95°C. El uso de ácido sulfúrico diluido (menor al 67 %) necesita temperaturas de reacción más altas (cerca de 150°C) y altas presiones. Esta técnica es fácil de realizar a nivel laboratorio pero a escala industrial es un proceso que involucra gran cantidad de costos sobre todo en la fase de separación, ya que demanda muchas materias primas que aumentan significativamente el costo de

producción y por ende se crea un sobre costo de los productos muy por encima de los precios del mercado. Además, la hidrólisis ácida incrementa la disolución de impurezas, las que ocasionan procesos posteriores de purificación de los monómeros obtenidos.

Hidrólisis alcalina

Este proceso es llevado a cabo con el uso de una solución acuosa de hidróxido de sodio, con una concentración del 4 al 20%, a una temperatura entre 180 y 250°C bajo presiones de 1.4 a 2 MPa. La reacción procede lentamente, se puede tomar entre 3 y 6 horas, dependiendo de la temperatura, presión y cantidad de reactivos utilizados.

Aminólisis

Esta reacción lleva al plástico a la formación de las correspondientes diamidas de AT y EG. El proceso es llevado a cabo en una solución acuosa de aminas primarias, como metilamina o etilamina a temperaturas de entre 20 y 100°C. El plástico debe estar en forma de polvo o de fibras, para garantizar una alta superficie de reacción que permita una rápida despolimerización en estado sólido. Los productos de reacción, es decir las diamidas pueden ser usadas como compuestos intermedios o monómeros para la producción de poliésteres de amidas o poli ureas por medio de algunas reacciones subsecuentes con isocianatos. (Wada, 2011).

Pirolisis:

Es el craqueo de las moléculas por calentamiento en el vacío. Este proceso genera hidrocarburos líquidos o sólidos que pueden ser luego procesados en refinerías para la obtención de combustible sintético para motores de ciclo diesel. Es utilizado en plásticos compuestos únicamente de carbono e hidrógeno (por ejemplo: PE y PP).

Pero con este método también puede ser obtenido carbón activado a partir de PET (utilizado, entre otros usos, en la purificación de agua) mediante pirolisis extrema. Este es un método de poco uso. (Wada, 2011.)

Gasificación:

Mezclas de plásticos son calentados con aire o con oxígeno. Así se obtienen los siguientes gases de síntesis: monóxido de carbono e hidrógeno, que pueden ser

utilizados para la producción de metanol o amoníaco o incluso como agentes para la producción de acero en hornos de venteo. Presenta la ventaja, frente a otros procedimientos de reciclado químico, de poder admitir como alimentación toda la corriente de residuos municipales, sin necesidad de separar previamente los plásticos. (Corporación OIKOS, 2000)

Actualmente muchas compañías están investigando esta opción de reciclado, entre ellas Shell Oil, pero es Thermoselec, S.A. (Locarno. Suiza) quien lidera esta tecnología en su planta piloto instalada en Verbania (Italia) se tratan 4,2 tn/hr de residuos sólidos municipales, que producen (50kg de gas de síntesis, 220 kg de escoria, 23kg de metales y 18 kg de sales por cada residuo tratado. En el proceso, los residuos, previamente compactados y desgasificados, se pirolizan a 600°C y alimentan al gasificador a 2.000°C. El gas de síntesis obtenido, una vez limpio, se quema en una turbina de gas para producir 300Kw de electricidad. Está prevista la puesta en marcha, en Alemania, de una planta de 20 tn/hr.

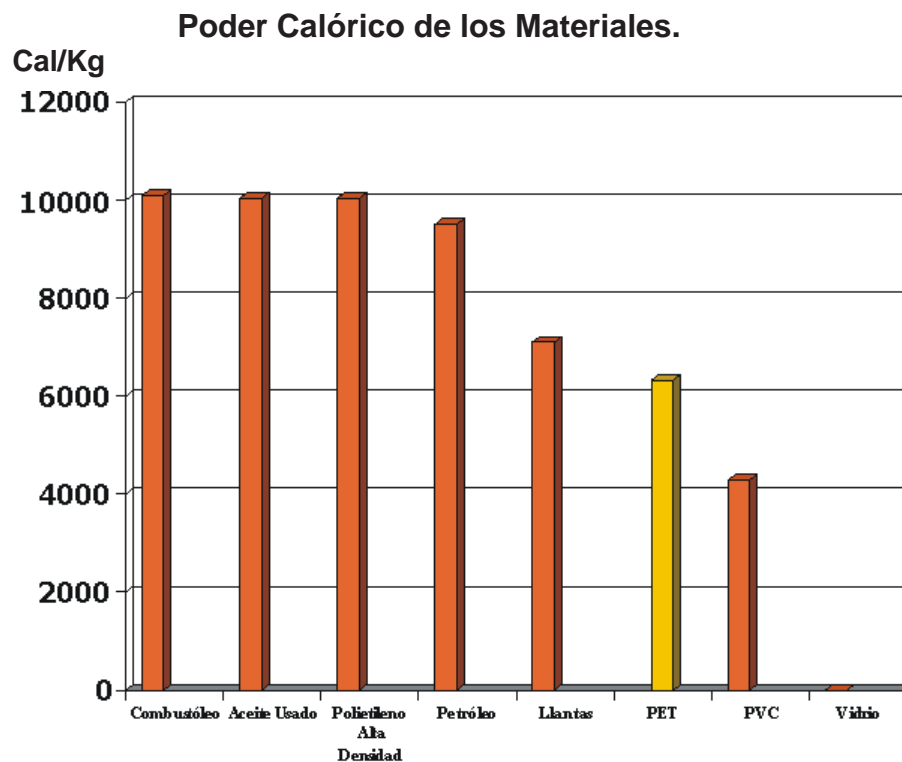
7.5.11. Reciclado Térmico.

La tercera alternativa es la valorización energética, el plástico es un excelente combustible, posee un poder calorífico similar al del gas natural o al del fuel-oíl.

Este proceso es especialmente adecuado para plásticos degradados o sucios, un kilo de plástico equivale a un kilo de fuel-oíl o de gas natural. El aprovechamiento energético de los plásticos tiene grandes perspectivas futuras debido a los altos valores de energía que se pueden alcanzar, sin embargo, es necesario tomar en cuenta que, como producto de la combustión y de la degradación de los materiales plásticos, podrían emitirse a la atmósfera sustancias nocivas o contaminantes.

Afortunadamente, en la actualidad, se ha avanzado mucho en el desarrollo de tecnologías que permiten el control de las emisiones gaseosas que podrían contaminar la atmósfera, así por ejemplo se utilizan:

- Lechos de carbón, lechos fluidizados y oxidación catalítica para remover los óxidos de nitrógeno.
- Para remover partículas sólidas, se emplean: filtros electrostáticos y ciclones.
- Para la extracción de sustancias gaseosas inorgánicas, tales como compuestos de cloro o flúor, se emplean lavadores húmedos, absorbedores en spray o filtros electrostáticos húmedos.
- Para remover sustancias orgánicas, tales como dioxinas y furanos, se emplea: carbón activado, oxidación catalítica y lechos fluidizados. (Goodship, 2007).



Fuente: Corporación OIKOS

El “reciclado térmico” es el proceso de reciclaje que está basado en exposición del polímero a diversas variaciones de temperatura.

El autor refiere que el reciclado térmico es el tipo de reciclaje en el cual no intervienen directamente agentes mecánicos y químicos en el proceso principal de reciclaje, este se basa en exposición del material a diversas temperaturas.

7.6. Tipos de Moldeo

Hasta esta etapa solo se ha definido los procesos del reciclaje pero para decir que el proceso de reciclaje es completo se tiene que re-usar el material procesado, para el uso de este material al final de cada uno de los procesos sea mecánico o químico viene la aplicación de este sea por:

- Extrusión.
- Inyección.
- Soplado.
- Laminado.

7.6.1. Moldeo por Extrusión:

El Moldeo por extrusión es utilizado ampliamente en la industria del plástico para la conformación y producción continua de piezas de dimensiones y secciones constantes generalmente de materiales termoplásticos o termoestables. Es utilizado también para recubrimiento de superficies y moldeo por soplado además de termo conformado para la obtención de preformas para envases. (*Gastrow, 1992*).

Este tipo moldeo consiste en obligar a un material fundido a pasar a través de una boquilla o matriz la cual tiene la forma deseada para el satisfacer el diseño de la pieza. El equipo tiene que proporcionar la presión suficiente de manera continua, uniforme y reblandecer el material para que pueda este ser extruido. Para esto se requiere de una máquina compuesta por un cilindro, un husillo de plastificación que gira dentro de un cilindro acarreado el material de un extremo a otro y generando la presión suficiente en el final donde se encuentra la boquilla para extruir el material. (*Goodship, 2007*).

El material debe de ser granulado preferiblemente pellets o en forma de polvo el cual se carga en una tolva la cual alimenta al cilindro donde el tornillo plastificador se encarga de introducirlo, transportarlo, mezclarlo y comprimirlo en el final.

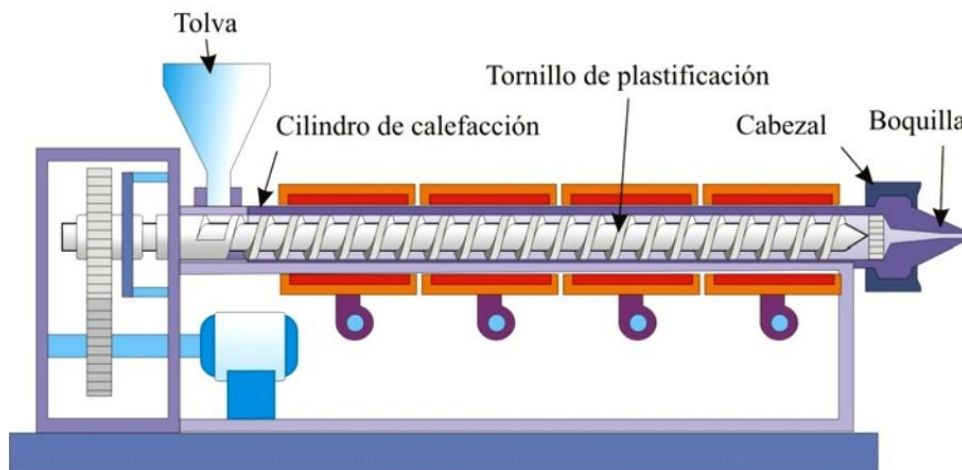
El calentamiento hasta la fusión se realiza en la cara exterior del cilindro mediante elementos calefactores, de esta forma el plástico se funde o plastifica y al salir del cilindro a través de una boquilla recibe la forma de ésta.

En una línea completa de extrusión debe de existir un sistema de enfriamiento sea liquido o por aire para el material generalmente se obtiene un perfil se usa este método muy comúnmente en la producción de tuberías o preformas.

El “método por extrusión” es el proceso de conformación de elementos plásticos a través de una barrena la cual a su vez va fundiendo el plástico y empujándolo hacia una boquilla donde se va conformando la o las piezas deseadas.

El autor refiere a que el moldeo por extrusión a pesar que de igual manera funde el plástico el proceso mecánico de conformación difiere del anterior ya que en este caso no se utiliza un sistema de inyección a presión si no un sistema de empuje constante por una barrena o tornillo sin fin.

Máquina Extrusora de Plástico.



Fuente: El plástico y sus posibilidades de reciclaje, 2002.

7.6.2. Moldeo por Inyección:

El Moldeo por inyección es, quizás el método de moldeo más característico de la industria de los plásticos. Consiste básicamente en fundir un material plástico bajo condiciones adecuadas e introducirlo a base de presión en moldes metálicos para su enfriamiento hasta el punto donde las piezas pueden ser extraídas sin deformarse.

En el moldeo por inyección es de gran importancia las características de los polímeros tales como peso molecular y distribución, configuración química y morfológica, cristalinidad, estabilidad entre otros. El comportamiento de los materiales es fundamental en el moldeo por inyección; puede darse el caso, por ejemplo de que un plástico con una viscosidad muy alta no llene el molde a una velocidad optima, pero si se modifica las condiciones de procesamiento podría llenarlo óptimamente.

El proceso de moldeo por inyección puede dividirse en dos fases, la primera donde se fusiona el material y la segunda donde se inyecta en el molde. En las máquinas convencionales el material de moldeo que se utiliza es en forma de escamas, entra en el cilindro térmico a través de una tolva de alimentación ubicada en la parte posterior del cilindro, el material se calienta y se funde en el cilindro térmico donde éste circula desde la tolva hasta la parte frontal de ésta por medio de un barreno conformado como tornillo sin fin llamado tornillo de plastificación gracias al movimiento rotatorio de éste, el material se mezcla y calienta homogéneamente a la vez que circula a través de la máquina.

Una vez que hay suficiente material fundido en el tornillo de plastificación, éste realiza un movimiento axial hacia adelante con lo que el material fundido sale por la boquilla de inyección hacia el molde. El tornillo plastificador no solo mezcla y mueve el contenido fundido sino también realiza el trabajo de un émbolo de inyección.

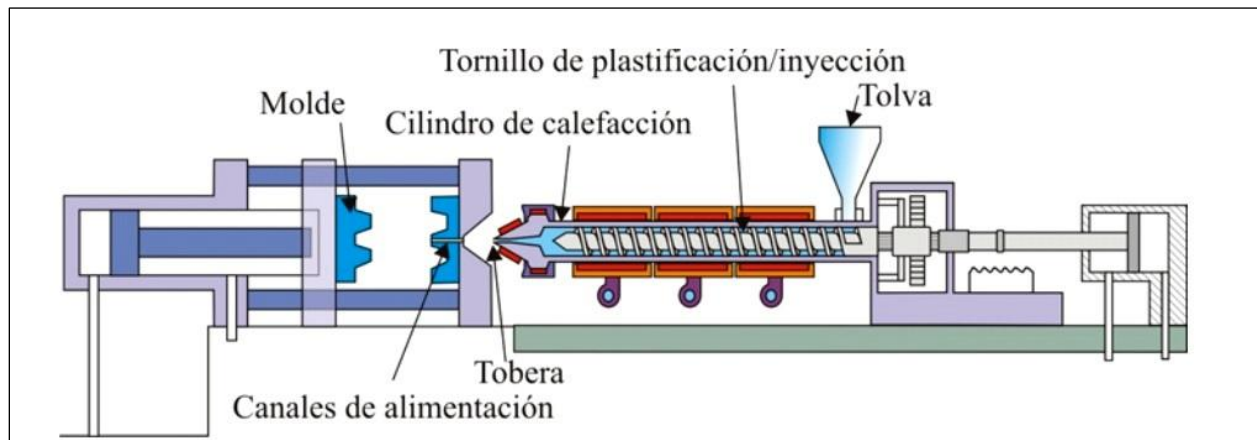
Una vez que se ha llenado el molde y el tornillo retrocede comienza nuevamente a plastificar el contenido para iniciar otra vez el proceso de inyección.

Es muy oportuno mencionar que el moldeo por inyección está directamente relacionado con el reciclado químico de los materiales plásticos. (Gastrow, 1992).

El “moldeo por inyección” es la conformación de productos en base a polímeros utilizando la temperatura y presión, esta mezcla se introduce a presión en un molde al llenar sus cavidades, éstas forman la pieza deseada y al enfriarse se obtiene el producto terminado.

Según el autor el moldeo por inyección es el proceso de fundición, mezcla, inyección y enfriamiento de polímeros el cual permite formar diversos tipos de piezas, utensilios o herramientas plásticas.

Sistema de Moldeado por Inyección.



Fuente: El plástico y sus posibilidades de reciclaje, 2011.

7.6.3. Moldeo por Soplado:

El Moldeo por Soplado es utilizado para la fabricación de cuerpos huecos como contenedores, bidones, botellas. El proceso consiste básicamente en forzar la introducción de aire en una preforma generalmente tubular fundida la cual está en el interior de un molde, este método se utiliza exclusivamente con materiales termoplásticos. (Gastrow, 1992).

Para ello son necesarias dos piezas básicas:

Una extrusora o una inyectora y una unidad de soplado. La extrusora transforma el plástico en una masa fundida homogénea como se ha descrito en los procesos anteriores la boquilla de la extrusora está diseñada para crear una preforma tubular generalmente, la preforma queda en posición vertical luego de su conformación.

En esta parte entra la unidad de soplado con el respectivo molde de soplado, el molde de soplado consta de dos partes móviles con la forma final que la preforma debe de alcanzar una vez que la preforma ha logrado alcanzar la longitud del molde este se cierra y el molde con la preforma se desplaza a la unidad de soplado donde el cabezal de soplado penetra dentro del molde y en la preforma generalmente por el orificio destinado a utilizarse como boquilla que a su vez el cabezal de soplado consolida la formación de éste y le inyecta aire.

Esto da a lugar a un cambio de presión interna en el molde y ya que la preforma se encuentra confinada, ésta empieza a expandirse hasta alcanzar los límites del confinamiento, el molde de confinamiento debe de permitir la evacuación del aire entre la parte externa de la preforma y el molde de confinamiento durante la expansión de ésta para evitar una explosión de la preforma o una pieza defectuosa. La pieza se enfría en el molde de donde se extrae al terminar el ciclo de conformación.

El “método por soplado” es el método comúnmente utilizado para la conformación de las botellas plásticas (PET) de los refrescos como Coca Cola entre otros, estas preformas plásticas son sometidas a presión por aire y éstas se estiran hasta llegar un límite y convertirse en el envase.

El autor refiere a que este método a diferencia de los anteriores el plástico no se encuentra fundido, se encuentra en un tipo de pre-forma la cual al someterse a presión se expande hasta convertirse en la forma deseada.

7.6.4. Moldeo por Laminado:

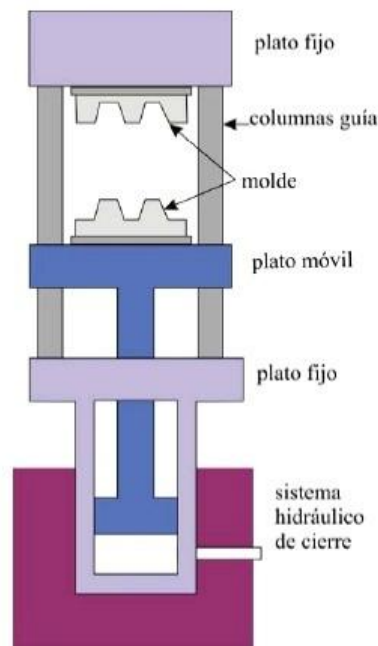
El moldeo por laminado o compresión se utiliza en la industria del plástico para moldear materiales termoestables. Se puede decir que el ciclo inicia con la apertura del molde para la extracción de la pieza recién conformada en el ciclo anterior.

Este método también se utiliza cuando en el elemento o pieza a moldear lleva inserciones de otra naturaleza o materiales sean micro nervios de algún tipo de metal o acero, enchapados, ojetes o bordes. (Wada, 2011.)

Una vez limpio el molde se colocan en el las nervaduras metálicas si las hay y se introduce el material a moldear ya sea en forma de polvo o en pequeñas piezas que generalmente son pastillas circulares de diámetros desde 1 cm hasta 10cm.

Al cerrarse el molde, éste se calienta y se aplica presión, a veces es común que se abra inmediatamente después del primer cierre para dejar salir aire, humedad y gases volátiles que pudieran haber quedado atrapados o se generasen durante la unión del material, luego se realiza un segundo cierre de la prensa pero esta vez aplicando toda la presión y el calor al molde y se mantiene cerrado con su nivel de presión constante a diferencia de la temperatura que va decreciendo con el tiempo y se abre el molde hasta que le material se encuentre conformado totalmente.

Máquina de Moldeo por Laminado.



Fuente: *El plástico y sus posibilidades de reciclaje, 2011.*

El “método por laminado” es el método comúnmente utilizado para la conformación de piezas plásticas que estarán sometidas generalmente a esfuerzos mecánicos. El método por laminado puede utilizarse para la fabricación de piezas plásticas reforzadas con elementos de acero u otros materiales los cuales le den mayor resistencia ante esfuerzos.

7.7. Compatibilidad de Polímeros:

Generalmente resulta difícil obtener polímeros que sean miscibles entre sí para cada uno de los procesos de moldeo anteriormente descritos, sin embargo esto no representa necesariamente un obstáculo para la formación de mezclas denominadas compatibles, con las cuales se consigue obtener materiales plásticos para muchas aplicaciones.

Son mezclas corrientemente usadas: PC-ABS, PVC-ABS, PET-PBT, PA-PE, etc. Actualmente se han desarrollado investigaciones que amplían enormemente el campo de las mezclas poliméricas, pero para la elaboración de las mismas, se requiere de aditivos especiales y de reacciones químicas que deben ser realizadas con cuidado. Se espera que en el mediano plazo, la industria del reciclaje se beneficie de estos nuevos desarrollos científicos.

Para conocer las posibilidades de mezcla entre polímeros sin necesidad de añadir ningún tipo de compatibilizante, se puede utilizar la tabla siguiente, en la que se reseñan las posibilidades de mezcla, entre los polímeros más comunes.

Cuadro de compatibilidad de mezcla entre polímeros.

	PS	PA	PC	PMMA	PVC	PP	LDPE	HDPE	PET
PS	1								
PA	5	1							
PC	6	6	1						
PMMA	4	6	1	1					
PVC	6	6	5	1	1				
PP	6	6	6	6	6	1			
LDPE	6	6	6	6	6	6	1		
HDPE	6	6	6	6	6	6	1	1	
PET	5	5	1	6	6	6	6	6	1

*1 muy fácil, 6 muy difícil.
Fuente: Corporación OIKOS.*

VIII. Diseño Metodológico.

Para el Diseño Metodológico se definió el tipo de investigación a realizar, el área de estudio, la fecha y el lugar donde se desarrolló este trabajo además del tamaño del universo y muestra.

La investigación se realizó en dos etapas:

La primera: Se especificó el tipo de polímero más común en el casco urbano de la ciudad de Matagalpa en el año 2012. Esta investigación fue de carácter cualitativo con algunos elementos cuantitativos. Se utilizaron encuestas las cuales se aplicaron a los centros de acopios de desechos plásticos.

La segunda: Se Identificaron y examinaron los diferentes tipos de procesos de reciclaje para determinar cuál es el mejor método que se podría aplicar para el reciclaje de polímeros en el casco urbano de Matagalpa. Esta investigación fue de tipo explorativa y descriptiva, se utilizó material bibliográfico especializado donde se encuentran datos científicos, estadísticos y de secuencia de proceso ya que en nuestro país no existe ninguna planta de reciclaje de polímeros en la actualidad.

Los factores de estudio fueron determinados mediante las etapas del proceso de reciclaje según su tipo y tipo de polímero a reciclar.

La realización de las encuestas en los centros de recolección o acopio se realizó con el proposito de identificar los tipos de desechos plásticos que estos comúnmente reciben para así poder determinar el tipo de polímero que los conforma.

El Universo estuvo conformado por los diez centros acopiadores de plástico en el casco urbano de la ciudad de Matagalpa en el 2012. La muestra que se utilizó se determinó a través de la experiencia y es el mismo universo. Los datos obtenidos de las encuestas se procesaran en el programa SPSS V.17 para su debido análisis e interpretación.

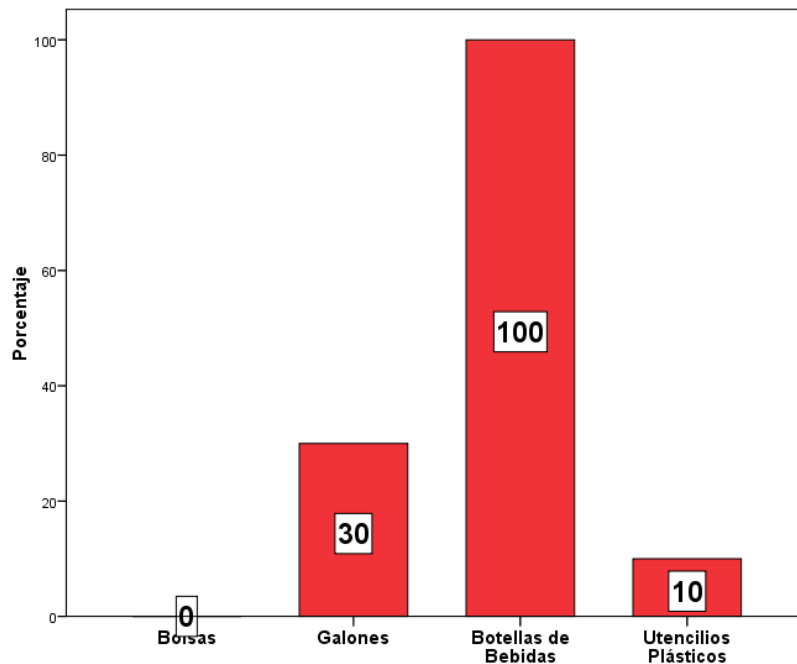
IX. Análisis y Resultados.

9.1. Polímero Más Común en los Desechos Sólidos del Casco Urbano de Matagalpa.

Para identificar el tipo de polímero más común dentro de los desechos sólidos se realizó una encuesta¹ en los centros de recolección o acopio de desechos plásticos del casco urbano de la ciudad de Matagalpa. Esta información se procesó² con el programa estadístico informático SPSS versión 17.

Gráficos de Análisis Estadístico.
Fuente: Autoría Propia.

Gráfico #1
¿Qué Tipo de Materiales Plásticos Recibe en su Acopio Comúnmente?



Los tipos de plásticos más comunes en los desechos sólidos del casco urbano de la ciudad de Matagalpa son: Polietileno Tereftalato (PET) encontrado en las botellas de refrescos, seguido del Polietileno (PE) encontrado en los galones y utensilios plásticos,

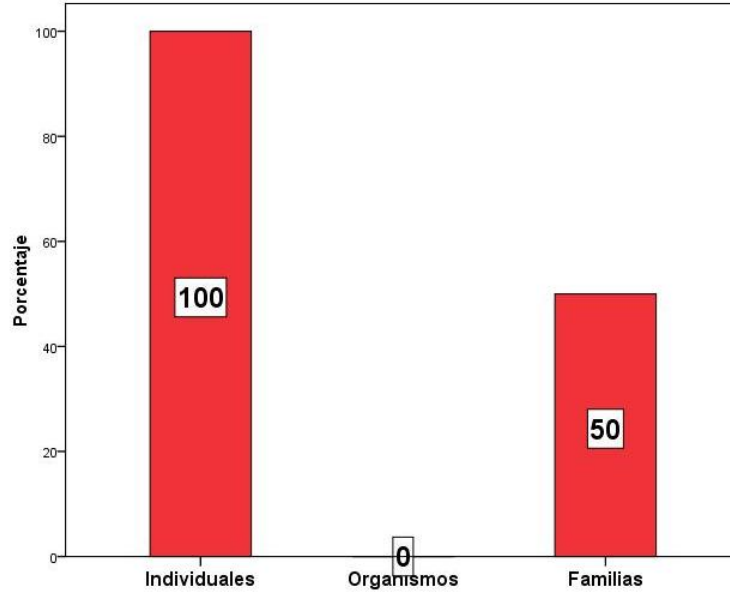
¹ Anexo 2. Encuesta.

² Anexo. Resultados de Procesamiento SPSS V17.

seguido del Policloruro de Vinilo (PVC) encontrado en utensilios plásticos y juguetes; de estos el que predomina es el PET.

Gráfico #2

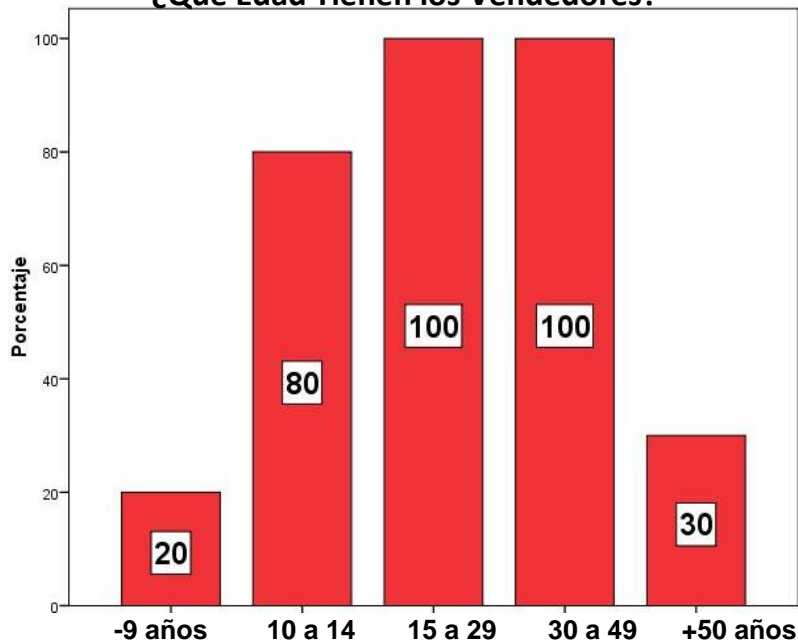
¿A Quién Generalmente le Compran el Plástico?



Los centros de acopio de plástico compran generalmente los desechos plásticos a vendedores individuales, los cuales no pertenecen a ninguna organización y a familias que se dedican a la recolección de éste.

Gráfico #3

¿Qué Edad Tienen los Vendedores?



Los vendedores de desechos plásticos no solo son personas individuales sino también núcleos familiares se integran a la venta y recolección de desechos plásticos y que mayormente la edad de estos se encuentra en el rango de los 10 a 50 años y de mucha menor representación un segmento menor de 10 años y otro mayores de 50 años.

Gráfico #4
¿A Quién le Venden el Plástico?

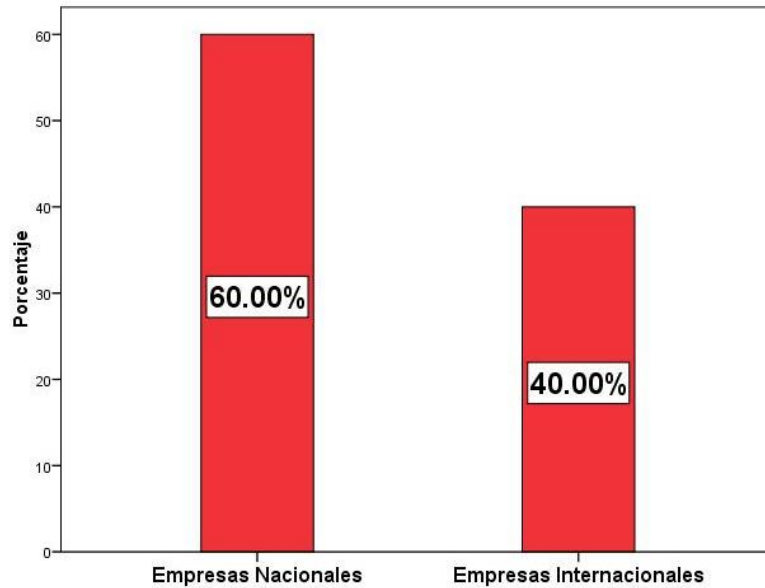


Gráfico #5
¿En qué Unidad Compran el Plástico?

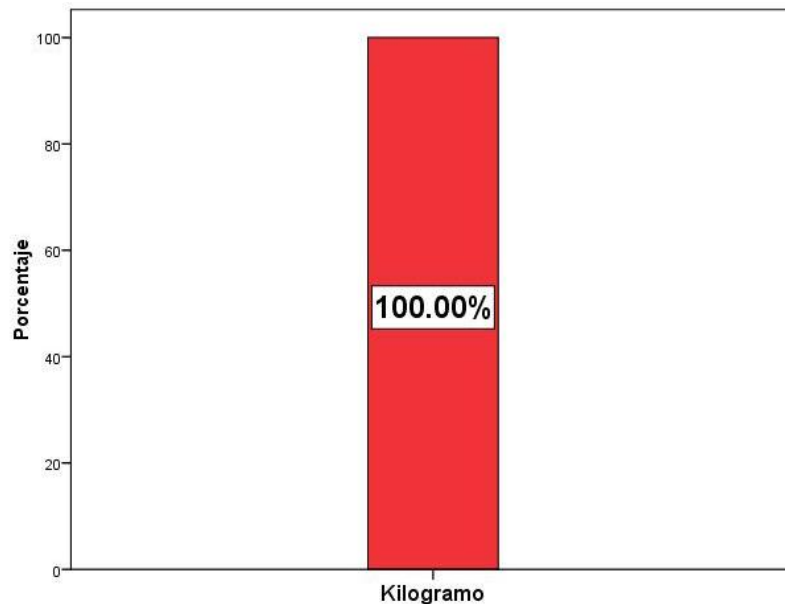


Gráfico #6.

En qué Unidad de Medida Venden el Plástico?

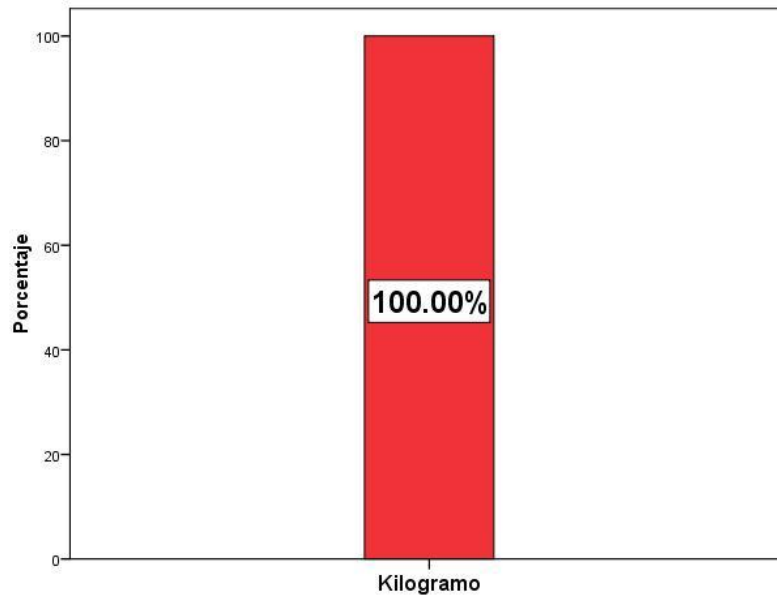


Gráfico #7.

Cada Cuánto Realizan Compras?

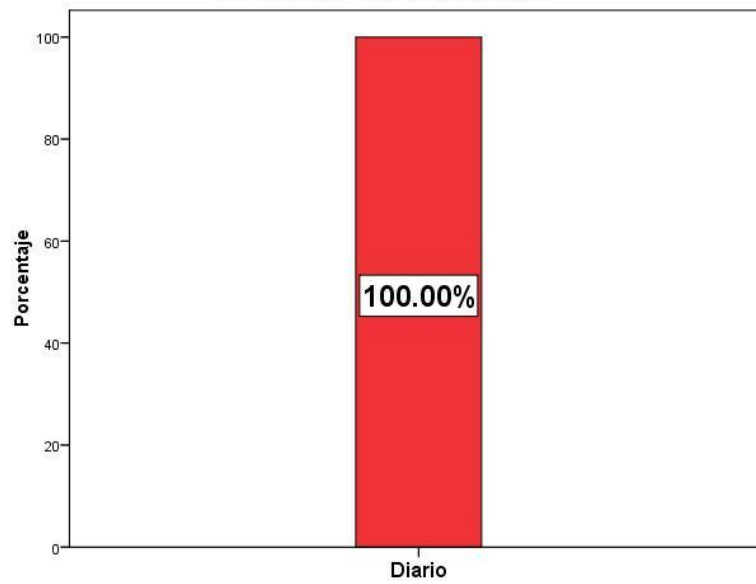


Gráfico #8.

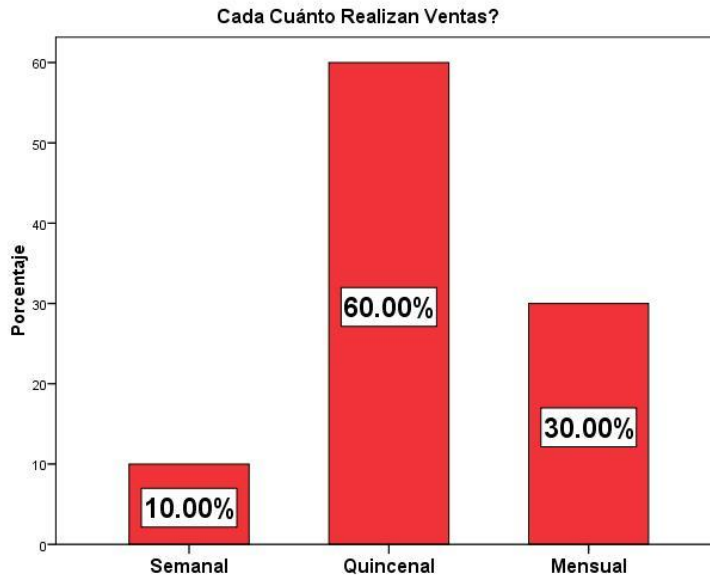
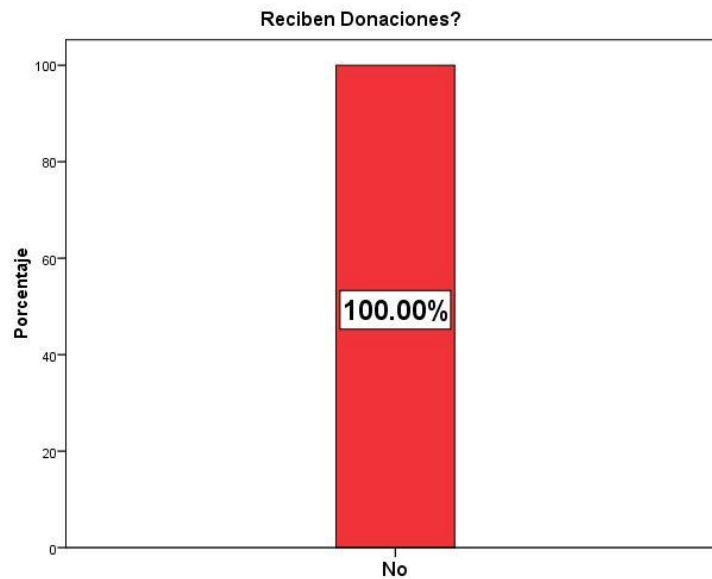
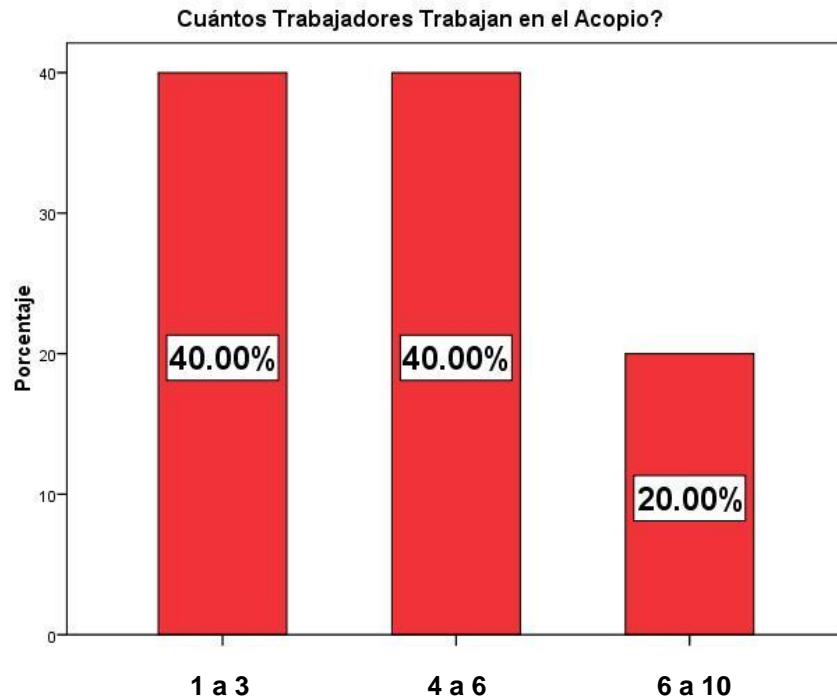


Gráfico #9.



Los principales compradores son empresas nacionales las cuales revenden el desecho plástico en el extranjero y que su unidad de medida tanto para compra como para venta es el kilogramo, las compras se realizan a diario en los acopios del casco urbano los cuales no reciben ningún tipo de donación y estos según su capacidad de abastecimiento realizan sus ventas generalmente de manera quincenal.

Gráfico #10.



El 100% de acopios en el casco urbano de la ciudad de Matagalpa se divide en un 40% de acopios pequeños con una cantidad de trabajadores de 1 a 3 personas, un 40% de acopios medianos con una cantidad de trabajadores de 4 a 6 personas, y un 20% de acopios grandes con una cantidad de trabajadores de 6 a 10 personas.

Gráfico # 11.

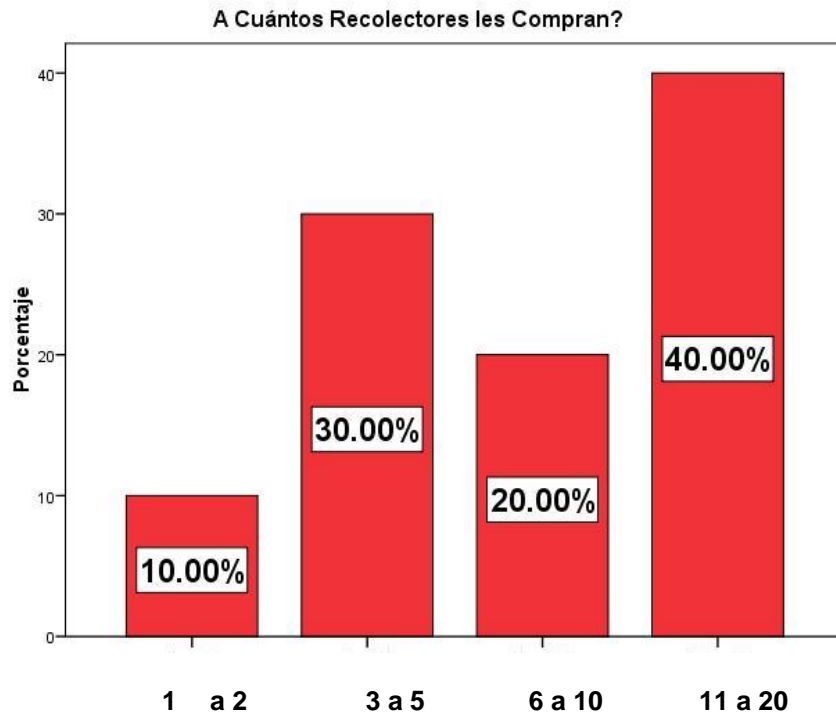
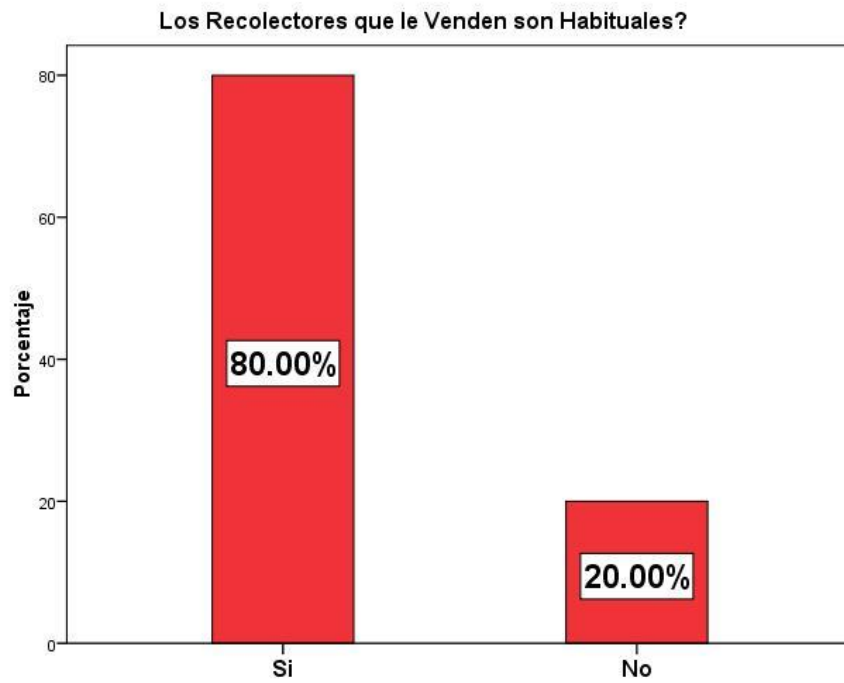


Gráfico #12.



El 40% de los acopios tienen de 11 a 20 recolectores que abastecen de desechos plásticos, el 30% de los acopios tienen de 3 a 5 recolectores que abastecen de desechos plásticos, el 20% de los acopios tienen de 6 a 10 recolectores que abastecen de desechos plásticos y el 10% restante cuenta con 1 a 2 recolectores; todos estos recolectores son habituales en cada acopio, esto no descarta que el recolector que llega al acopio a vender tenga un sub grupo de recolectores a su cargo sean estos socios de recolección, trabajadores o familia.

Gráfico #13.

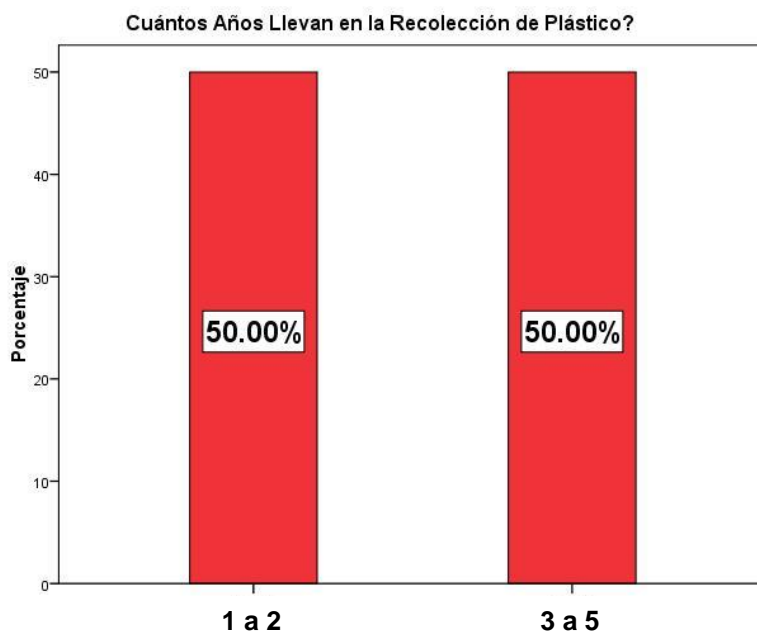
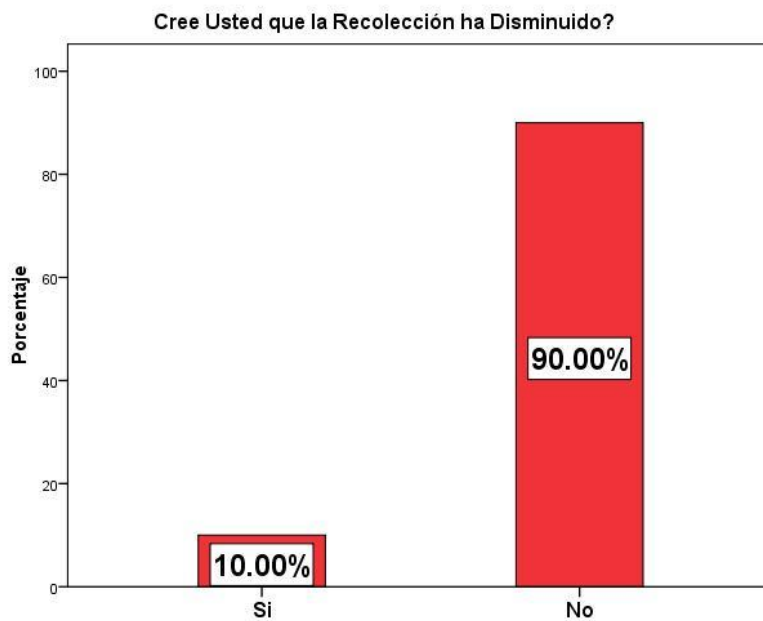


Gráfico #14.



Gráfico #15.



La recolección de desechos plásticos como rubro económico en el casco urbano de la ciudad de Matagalpa es relativamente nueva con no más de 5 años de formal desempeño y que la recolección y venta ha aumentado con el transcurso del tiempo.

9.2. Determinación del Proceso de Reciclaje más Adecuado para el Tipo de Polímero más Común en los Desechos del Casco Urbano de la Ciudad de Matagalpa.

9.2.1. *Determinación del Polímero más Común.*

Según los datos del proceso estadístico en el programa SPSS de la encuesta³ realizada en los acopios de materiales plásticos del casco urbano de la ciudad de Matagalpa en el año 2012 el polímero más representativo o más común dentro de los desechos sólidos de la ciudad de Matagalpa es el Polietileno Tereftalato (PET).

Debido a que la existencia en los desechos sólidos de otros tipos de polímeros es prácticamente inevitable es necesaria la realización de técnicas de clasificación masiva de los productos plásticos para evitar mezclas contaminadas y también tener control acerca de qué tipo de plásticos hay entre los desechos y que si la mezcla entre ellos es posible y correcta.

9.2.2. *Identificación de los Plásticos.*

Anteriormente se hizo referencia al código numérico utilizado para distinguir los diferentes tipos de plásticos comunes lo que era un sello con numeración del 1 al 7 para clasificar cada uno de los tipos de plásticos.

Para manera individual es una forma eficaz de clasificar un pequeño grupo de utensilios plásticos pero para una clasificación masiva de productos desechados los cuales no siempre se encuentran en buen estado físico o limpios es necesario utilizar otro tipo de métodos de identificación y clasificación, a continuación se mencionarán algunos métodos posibles, esto sin descartar el primero mencionado. (Wada, 2011).

- Identificación por medio del sello numérico o logotipo.
- Identificación visual o táctil.
- Identificación por su destino.
- Identificación por sus propiedades.

³ Anexo: Encuesta.








- Identificación por su peso específico.
- Identificación por medio del ensayo a la llama.
- Identificación por medio de su dureza.

9.2.3. Identificación por medio del sello numérico o logotipo.

Los materiales plásticos son identificados por un dibujo (logo) que expresa su tipo y origen de composición. Comúnmente los podemos hallar en la parte inferior de cada envase plástico.

Estas marcas (logos) fueron creadas por la Sociedad de la Industria Plástica de los Estados Unidos, en el año 1989, con el objeto de promocionar una clasificación y recolección más eficiente de los plásticos en cuestión. Muchos países han adoptado esta metodología de identificación de los plásticos. Dentro de los plásticos, el PET, hoy posee la obligatoriedad de ser identificados en el material de ese origen. En cuanto a las demás identificaciones, no son obligatorias desde el fabricante.

Cuadro de Clasificación del Plástico por Logotipo.

Cuadro de identificación						
						
PET	PEAD	PVC	PEBD	PP	PS	OTROS
1. Polietileno Tereftalato (PET) 2. Polietileno de alta densidad (PEAD) 3. Policloruro de vinilo (PVC) 4. Polietileno de baja densidad (PEBD) 5. Polipropileno (PP) 6. Poliestireno (PS) (ABS, HIPS, Expandido) 7. Otros (Poliamida, Policarbonato, Resinas antitérmicas)						

Fuente: El plástico y sus posibilidades de reciclaje, 2011.

9.2.4. Identificación visual o táctil.

Este tipo de identificación se basa en el reconocimiento físico del desecho plástico basándose en las características físicas superficiales de los plásticos.

Cuadro de Identificación Visual o Táctil.

Código	Tipo de Plástico.	Características.
1	PET (Polietileno Tereftalato)	Es transparente y resistente, posee mucha dureza
2	PEAD (Polietileno Alta Densidad)	Generalmente son flexibles y de color blanco. En los casos que posean tintes sus colores no son muy fuertes son intermedios.
3	PVC (Policloruro de Vinilo)	Su estructura es similar a la goma y posee diferentes durezas.
4	PEBD (Polietileno Baja Densidad)	Son débiles y transparentes.
5	PP (Polipropileno)	Generalmente son de gran dureza y con brillo en su superficie. Si se les tiende a quebrar aparece una línea blanca siguiendo la línea de fractura.
6	PS (Poliestireno)	Al golpearlo poseen un sonido metálico, en su mayoría son de colores transparentes y débiles, son rígidos si se les dobla se quiebran, son duros.

Fuente: Fuente: *El plástico y sus posibilidades de reciclaje, 2011.*

9.2.5. *Identificación por su destino.*

También se pueden identificar los plásticos según su destino de uso generalmente se utiliza un tipo de plástico para un determinado objeto o herramienta así que si se conoce el objeto fácilmente se puede identificar que de qué tipo de plástico está hecho.

Cuadro de Identificación por su Destino.

Código	Tipo de Plástico.	Producto.
1	PET (Polietileno Tereftalato)	Botellas PET, cintas de video, envases para electrodomésticos, envases para alimentos, filminas.
2	PEAD (Polietileno Alta Densidad)	Envase tipo filminas (envolturas, bolsas), envases para shampoo y cremas, baldes, tapaderas.
3	PVC (Policloruro de Vinilo)	Tuberías, mangueras, recubrimiento cables eléctricos, films para el agro.
4	PEBD (Polietileno Baja Densidad)	Envase tipo filminas (envolturas, bolsas), rollo de film para cocina, tubos para alimentos.
5	PP (Polipropileno)	Piezas para: electrodomésticos, autopartes, rollos film, bandejas, cajas, envases de basura, medicamento, elementos cotidianos.
6	PS (Poliestireno)	Carcasas para televisores, cajas de Cd, estructuras de bolígrafos, productos eléctricos, accesorios electrónicos y de oficina.

Código	Tipo de Plástico.	Producto.
7	PE, PP	Envases herméticos
8	PP	Envases para microondas
9	PE, PVC	Rollos film de cocina
10	PE	Bolsas plásticas generales
11	PP	Cajas para vestimentas, elementos varios
12	PET, PE	Envase para líquidos
13	MELAMINAS	Vajillas
14	POLIESTIRENO EXPANDIDO	Envase para líquidos de alimentos
15	MELAMINA	Manteles para mesa
16	POLIURETANO	Almohadones, cojines
17	PVC FLEXIBLES	Protector de cables
18	PVC RESISTENTE	Tuberías y caños
19	PE, PP	Baldes
20	RESINAS	Envases para encendedores descartables

Fuente: El plástico y sus posibilidades de reciclaje, 2011.

9.2.6. Identificación por sus propiedades.

La identificación de los tipos de plásticos según sus propiedades es un tipo de identificación la cual requiere una gran pericia y conocimiento de parte del seleccionador puede hasta en cierta manera ser imprecisa, pero de igual manera si se tiene un conocimiento acerca del comportamiento de los diferentes tipos de plásticos y se conoce el destino de uso fácilmente se pueden identificar y seleccionar.

9.2.7. **Identificación por su peso específico.**

Los plásticos poseen diferentes densidades lo cual es ventajoso, si se tiene un medio para comparar se puede obtener una referencia de la densidad del plástico y realizar una comparación técnica.

Para realizar estas comparaciones se usa generalmente el agua como solución ya que se sabe que su densidad es de 1g/cm^3 si la muestra tiende a flotar los posibles plásticos serán: PEAD, PEBD, o PP. Mientras que si no flotan serán: PET, PVC, PS.

9.2.8. **Identificación por medio del ensayo a la llama.**

Los plásticos presentan diferentes estados al incinerarse, y por ende se puede clasificar a grandes rasgos según su comportamiento ante el fuego o el color de su llama.

Cuadro de Identificación por Ensayo a la Llama.

Código.	Denominación.	En la llama.	Color de llama.	Característica de la llama.	Olor.
PET	Polietileno Tereftalato	Se quema	Color rojo	Se ablanda	A cabello quemado
PEAD	Polietileno de Alta Densidad	Se quema con facilidad	Color azul	Se incinera y se cae en pedazos	A vela
PVC	Policloruro de Vinilo.	Se quema con dificultad	Color amarillo cono frío zona baja verde-azul	Se ablanda	A cloro
PEBD	Polietileno de Baja Densidad.	Se quema con facilidad	Color azul	Se incinera y cae en pedazos	A vela
PP	Polipropileno.	Se quema con facilidad	Color azul	Se incinera y cae en pedazos	A vela

PS	Poliestireno.	Se quema con facilidad	Color amarillo, humo negro	Se ablanda	A perfume
-----------	----------------------	------------------------------	----------------------------------	------------	-----------

Fuente: El plástico y sus posibilidades de reciclaje, 2011.

9.2.9. Identificación por medio de su dureza.

Este método de identificación consiste en comparar la dureza superficial del plástico con la de un objeto conocido, en este caso es muy recomendado utilizar lápices de diferentes durezas 4H, 2H, HB, 2B Y 4B. Con estos se raya la superficie del material plástico y de acuerdo a las rayas en el plástico se determina su dureza.

9.3. Propuesta de Proceso de Reciclaje para los Desechos Plásticos del Casco Urbano de la Ciudad de Matagalpa.

Es muy común el pensar que todos los plásticos son iguales y que todos sus procesos de reciclaje de igual manera son iguales, lo cual es una creencia errónea. Cada tipo de plástico según su origen y su destino poseen una composición química diferente lo que les brinda las diferentes características tanto físicas como químicas, algo que no se debe ni puede despreciar al momento del reciclaje.

Existen diferentes posibles combinaciones entre tipos de plásticos para su reciclaje pero estas mezclas también tienen sus limitaciones por lo que es muy importante la pre-selección, separación y clasificación de los desechos plásticos.

Métodos de Reciclaje del Polietileno Tereftalato PET.

<i>Tipo de Reciclado</i>	<i>Procesos Incurridos</i>	<i>Destino</i>
Reúso	Lavado	Reúso en botellas de bebida
Mecánico	Selección / separación y limpieza / triturado / lavado y secado / extrusión	Fibras de tela, vestimentas, cosméticos, envase para detergentes, redes escurridoras para cocina, filtros de aire, carpetas, archiveros, etc.
Químico	Descomposición química / separación en ácido tereftálico y etilenglicol / recomposición.	Como vuelve al punto origen como materia prima es aplicable para todos los productos PET. También su descomposición en los ácidos mencionados permite ser aplicados por separados.
Fuel	Se vuelve a su estado como nafta o kerosene.	Se utiliza para la obtención de energía.

Fuente: Autoría Propia.

En Matagalpa no existen centros de reciclaje de plástico donde los ciudadanos puedan ir y depositar de manera limpia el plástico que no utilizan, es por esto que la recolección de PET es realizada desde los desechos sólidos (Basura), por esto se propone el Reciclaje Mecánico como método de reciclaje debido a su fácil operación, bajo costo del proceso y que no requiere de complejas reacciones químicas ni instalaciones

especialmente adaptadas y sobre todo no expone a los operarios a riesgo de contaminación química al llevar a cabo el proceso.

A continuación se detallan los pasos recomendados para desarrollar el Reciclaje Mecánico⁴ del Polietileno Tereftalato PET.

- 1- Selección y Clasificación.
- 2- Separación y Limpieza.
- 3- Trituración.
- 4- Lavado y Secado.
- 5- Almacenaje.
- 6- Extrusión.
- 7- Peletización.
- 8- Empaque.
- 9- Almacenaje.
- 10- Venta o Conformación.

Costos generales para una planta de reciclaje polímeros en el casco urbano de la ciudad de Matagalpa (Maquinaria FOB, Obra Gris, Instalación).

Descripción.	Cantidad.	Costo. <i>(dólares americanos)</i>
Línea completa de peletización ⁵	1	\$60,000 a \$100,000
Extrusora ⁶ de plástico.	1	\$10,000 a \$20,000
Construcción de 15x25 m.	1	\$25,000 a \$35,000
Instalación eléctrica + materiales.	1	\$5,000 a \$7,000

⁴ Ver: Proceso de Reciclaje de Polímeros Químico y Mecánico, Reciclado Mecánico.

⁵ Ver: Anexo 5. Especificaciones Técnicas de Línea de Peletización.

⁶ Ver: Anexo 6. Especificaciones Técnicas de Máquina Extrusora.

La inversión inicial promedio para la planta de procesamiento de plástico en la ciudad de Matagalpa incluyendo nada más maquinaria principal en precio FOB, obra gris e instalaciones eléctricas tendría un valor de \$100,000 a 162,000 dólares americanos esto según su capacidad de procesamiento. Los datos anteriormente expuestos para ser considerados como una propuesta de proyecto requieren de un estudio de mayor profundidad, el cual puede ser realizado en una segunda etapa de investigación.

X. Conclusiones.

1. En la descripción de los procesos de reciclaje se determinó que el proceso de reciclaje más adecuado para procesar los desechos sólidos plásticos del casco urbano de la ciudad de Matagalpa en el año 2012 es el reciclaje mecánico debido a su simplicidad, ofreciendo diversas opciones para la utilización del producto ya procesado, éste proceso no requiere de complejas instalaciones para su operación, técnicos o mano de obra especializada y sobre todo no pone en riesgo al personal ni medio ambiente por algún tipo de contaminación proveniente del proceso de reciclaje. Realizando este proceso se podrá obtener como producto final: Pellets de polímero los cuales pueden ser empacados y exportados a un mayor precio que la exportación del plástico como desecho, además se podrían procesar nuevas piezas plásticas conformadas sea por Extrusión o por Inyección estas dos opciones brindan amplias y variadas posibilidades de utensilios y piezas plásticas que se podrían manufacturar en Matagalpa.
2. Se logró identificar que el polímero más común entre los desechos sólidos del casco urbano de la ciudad de Matagalpa en el 2012 es el **POLIETILENO TEREFTALATO (PET)**, proveniente de las botellas de envases de bebidas, seguido del **Polietileno (PE)** encontrado en los galones, utensilios plásticos y bolsas, y por ultimo del **Policloruro de Vinilo (PVC)** encontrado en utensilios plásticos y juguetes; de estos el que predomina es el **PET**.
3. Se propone como método de reciclaje para procesar el **Polietileno Tereftalato (PET)**, en el casco urbano de la ciudad de Matagalpa en el año 2012 el **Reciclaje Mecánico**, este tipo de reciclaje no solo permitiría procesar el PET sino también los otros polímeros mencionados anteriormente ya que como es un proceso meramente mecánico se puede aplicar a cualquier tipo de polímero con

el fin de obtención de pellets evitando así restringir al procesamiento de un solo tipo de material o el de requerir diversas líneas de procesamiento según los diversos tipos de polímeros.

4. En la evaluación del proceso de reciclaje de polímeros en el casco urbano de la ciudad de Matagalpa en el año 2012, se determinó como incompleta ya que solo se realiza la tarea de recolección, la cual es el primer eslabón en todo proceso de reciclaje.

XI. Bibliografía

- Corporación OIKOS, U. (2000). *Manual de Reciclaje de Plástico*. Corporación OIKOS.
- de Winter, W. (1993). *Recycling of Plastic Materials*. Mortsel,Belgium.: Agfa-Gevaert
N.V Research and Development.
- Dimitris , A. (2012). *Material Recycling, Trends and Perspectives*. Croatia: Bojan Rafaj.
- Gastrow, H. (1998). *Moldes de Inyección para Plásticos*. Plastic Communication, S.L
Grupo Emitec.
- Goodship, V. (2007). *Introduction to Plastic Recycling*. Smither Rapra Technology
Limited.
- Hurd, D. J. (2000). *Best Practices and Industry Standards in PET Plastic Recycling*.
Bronx 2000 Associates, INC.
- Impee, P. (2010). *Recycling of Plastic*. The Cambridge Institute.
- Insitute, P. W. (2004). *An Introduction to Plastic Recycling*. Plastic Waste Management
Insitute.
- Wada, T. (2011.). *El plástico y sus posibilidades de reciclaje*. Argentina.: Agencia de
Cooperación Internacional del Japón.

XII. Anexos.

Anexo 1.

DEFINICIONES.

- Polímeros:** Los polímeros (del Griego: poly: muchos y mero: parte, segmento) son macromoléculas (generalmente orgánicas) formadas por la unión de moléculas más pequeñas llamadas monómeros.
- Reciclaje:** El reciclaje es un proceso fisicoquímico o mecánico o trabajo que consiste en someter a una materia o un producto ya utilizado, a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto.
- Piroxilina:** Barniz sintético de celulosa parcialmente nitrada.
- Plexiglás:** Lámina de acrílico que se obtiene de la polimerización del metacrilato de metilo.
- Urbanización:** Conjunto de viviendas situadas generalmente una junto a otra.
- Industrialización:** Proceso por el que un Estado o comunidad social pasa de una economía basada en la agricultura a una fundamentada en el desarrollo industrial.
- Ecosistema:** Sistema natural que está formado por un conjunto de organismos vivos (biocenosis) y el medio físico donde se relacionan (biotopo).
- Casco urbano:** Conjunto de edificaciones de una ciudad, hasta donde termina su agrupación.
- Residuos sólidos:** Los Residuos Sólidos son los desechos que se originan en la actividad doméstica y comercial de ciudades y pueblos.
- Decreto Ejecutivo:** Norma con rango de ley, emanada del poder ejecutivo, sin que necesariamente medie intervención o autorización previa de un Congreso o Parlamento.
- MARENA:** Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales de Nicaragua.
- Plástico:** Material sólido sintético o semi-sintético, disponible en una amplia variedad de presentaciones, muy utilizado en la elaboración de productos industriales.
- Plástico Termoplástico:** Plástico que, a relativamente altas temperaturas, es plástico o deformable, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado vítreo cuando se enfría lo suficiente.
- Plástico Termoestable:** Polímeros infusibles e insolubles. La razón de tal comportamiento estriba en que las cadenas de estos materiales forman una red tridimensional espacial, entrelazándose con fuertes enlaces covalentes.
- Plástico Elastómero:** Polímeros que muestran un comportamiento elástico. El término, que proviene de polímero elástico, es a veces intercambiable con el término goma, que es más adecuado para referirse a vulcanizados.

Aditivo:	Elemento generalmente químico que se utiliza para modificar las características de los materiales o afianzar las mezclas entre estos.
Degradación:	Reacciones químicas en que las moléculas orgánicas pierden uno o varios átomos de carbono, o donde las moléculas complejas se descomponen en otras más simples.
Polietileno:	Es químicamente el polímero más simple. Se representa con su unidad repetitiva $(\text{CH}_2\text{-CH}_2)_n$.
Polipropileno:	Polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de a polimerización del propileno.
Poliestireno:	Polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno.
Poliuretano:	Polímero que se obtiene mediante condensación de bases hidroxílicas combinadas con disocianatos.
Policloruro De Vinilo:	Polímero termoplástico, se presenta generalmente como un material blanco que comienza a reblandecer alrededor de los 80 °C y se descompone sobre 140 °C.
Polietileno Tereftalato:	Polímero muy usado en envases y textiles obtenido por poli condensación entre ácido tereftalico y el etilenglicol
Poli Metilmetracrilato:	Lamina de acrílico obtenida de la polimerización del metacrilato de metilo.
Polimerización:	Proceso químico por el que los reactivos, monómeros (compuestos de bajo peso molecular) se agrupan químicamente entre sí, dando lugar a una molécula de gran peso, llamada polímero.
Despolimerización:	Reacción contraria a la polimerización como un mecanismo alterno a una reversión, pero que disminuye el peso molecular de los polímeros.
Condensación:	Reacción química en la que se produce adición nucleónica de partículas.
Adición:	Operación básica que consiste en combinar o añadir dos cantidades.
Reacción En Cadena:	Secuencia de reacciones en las que un producto o subproducto reactivo produce reacciones adicionales.
Reacción En etapas:	Secuencia ordenada de etapas o fases que constituyen una reacción.
Orgánico:	Sustancias basadas en carbono e hidrógeno generalmente de origen animal o vegetal.

<i>Inorgánico:</i>	Compuestos que están formados por distintos elementos, pero en los que su componente principal no siempre es el carbono, siendo el agua el más abundante.
<i>Fibra:</i>	Fibra artificial creada en base a polímeros.
<i>Recubrimiento:</i>	Material depositado sobre la superficie de un objeto, por lo general denominado sustrato con el fin de protegerlo.
<i>Adhesivo:</i>	Sustancia que puede mantener unidos a dos o más cuerpos por contacto superficial.
<i>Peso Molecular:</i>	También llamada masa molecular relativa, es un número que indica cuántas veces la masa de una molécula de una sustancia es mayor que la unidad de masa molecular.
<i>Densidad:</i>	Magnitud escalar referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia.
<i>Rayos UV:</i>	Radiación electromagnética cuya longitud de onda está comprendida aproximadamente entre los 400 nm (4×10^{-7} m) y los 15 nm ($1,5 \times 10^{-8}$ m).
<i>Fluencia:</i>	Deformación irrecuperable de la probeta, a partir de la cual sólo se recuperará la parte de su deformación correspondiente a la deformación elástica, quedando una deformación irreversible.
<i>Tracción:</i>	Esfuerzo interno a que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúen en sentido opuesto, y tienden a estirarlo.
<i>Desgaste:</i>	Erosión de material sufrida por una superficie sólida por acción de otra superficie.
<i>Corrosión:</i>	Reacción química (oxido reducción) en la que intervienen 3 factores: la pieza manufacturada, el ambiente y el agua, o por medio de una reacción electroquímica.
<i>Resistencia Química:</i>	Resistencia ante la exposición o sometimiento de agentes químicos.
<i>Resistencia Térmica:</i>	Resistencia ante variaciones de temperatura o también ante temperaturas extremas.
<i>Resistencia Mecánica:</i>	Resistencia ante esfuerzos mecánicos.
<i>Mecanizar:</i>	Proceso de fabricación que comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante la eliminación de material, ya sea por arranque de viruta o por abrasión.

Acopio:	Centros de recepción donde se recibe la materia prima, se controla calidad y peso y de allí se transporta en conjunto a la planta, tiene que ver con el reciclaje.
SPSS:	Programa estadístico informático usado en las ciencias sociales y las empresas de investigación de mercado y procesamiento de datos.
Extrusión:	Proceso utilizado para crear objetos con sección transversal definida y fija.
Extrusora:	Máquina para realizar el proceso de extrusión.
Pellet:	Denominación genérica, no española, utilizada para referirse a pequeñas porciones de material o concentraciones de resina.
Peletizador:	Máquina utilizada para la obtención de pellets.
Aminolisis:	Conversión a amidas.
Pirolisis:	Descomposición química de materia orgánica y todo tipo de materiales, excepto metales y vidrios, causada por el calentamiento en ausencia de oxígeno.
Metanolisis:	Proceso de reciclaje donde el metanol se introduce en PET.
Hidrólisis:	Reacción química entre una molécula de agua y otra molécula, en la cual la molécula de agua se divide y sus átomos pasan a formar parte de otra especie química.
Electroestático:	Objeto con acumulación de carga estática.
Embolo:	Mecanismo de empuje.
Compatibilidad:	Adecuación de un objeto para trabajar o funcionar con otro.
Peso Específico:	Relación entre el peso de una sustancia y su volumen.
Hermético:	Objeto que cierra perfectamente y no deja pasar aire ni líquido.
Incinerarse:	Combustión completa de la materia orgánica hasta su conversión en cenizas, usada en el tratamiento de basuras: residuos sólidos urbanos, industriales peligrosos y hospitalarios, entre otros.
Tenso Activos:	Compuesto químico utilizado para la limpieza por ejemplo: detergentes, lejías.

Anexo 2.

Operacionalización de Variables.

Objetivo	Variable	Sub Variable	Indicador	Instrumento
Describir el proceso de reciclaje de polímeros más adecuado.	Procesos De Reciclaje	Reciclaje Mecánico, Reciclaje Químico	Tipos de procesos	Observación Directa de procesos de reciclaje. Encuesta Dirigida a centros de acopio y recolección de plásticos.
Identificar los polímeros más comunes en los desechos sólidos del casco urbano de la ciudad de Matagalpa.		Tipos de Polímeros	Composición Química	
Proponer el proceso de reciclaje adecuado para el tipo de polímero identificado en la ciudad de Matagalpa.		Tipo de Polímeros	Destino de uso	

Anexo 3.
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
UNAN FAREM - MATAGALPA.
Ingeniería Industrial y de Sistemas.

Encuesta de Recolección de Polímeros.

La siguiente es una encuesta que se utilizará para el desarrollo de la investigación del trabajo monográfico: "Evaluación del Proceso de Reciclaje de Polímeros en Matagalpa 2012". La cual consiste en una serie de preguntas referentes a la recolección de desechos sólidos conformados por polímeros (plásticos).

Marque con una x la respuesta deseada.

1. Qué tipo de materiales plásticos reciben en su acopio comúnmente?

Bolsas	<input type="checkbox"/>
Galones	<input type="checkbox"/>
Botellas de bebidas	<input type="checkbox"/>
Utensilios Plásticos	<input type="checkbox"/>

2. A quién generalmente le compran el plástico?

Recolectores Individuales	<input type="checkbox"/>
Organismos de recolección	<input type="checkbox"/>
Familias	<input type="checkbox"/>

3. Qué edad tienen los vendedores?

Menos de 9 años	<input type="checkbox"/>
de 10 a 14 años	<input type="checkbox"/>
de 15 a 29 años	<input type="checkbox"/>
de 30 a 49 años	<input type="checkbox"/>
más de 50 años	<input type="checkbox"/>

4. A quiénes les venden el plástico acopiado?

Empresas Nacionales	<input type="checkbox"/>
Empresas Internacionales	<input type="checkbox"/>

Especifique: _____

5. En qué unidad de medida compran el plástico?

6. En qué unidad de medida venden el plástico?

7. Cada cuánto realizan compras?

Diario	<input type="text"/>
Semanal	<input type="text"/>
Quincenal	<input type="text"/>
Mensual	<input type="text"/>

8. Cada cuánto realizan ventas?

Diario	<input type="text"/>
Semanal	<input type="text"/>
Quincenal	<input type="text"/>
Mensual	<input type="text"/>

9. Reciben donaciones?

Sí	<input type="text"/>
No	<input type="text"/>

10. Cuántas personas trabajan en el acopio?

1 a 3	<input type="text"/>
4 a 6	<input type="text"/>
6 a 10	<input type="text"/>

11. A cuántos recolectores les compran?

1 a 2	<input type="text"/>
3 a 5	<input type="text"/>
6 a 10	<input type="text"/>
11 a 20	<input type="text"/>
21 a 49	<input type="text"/>
más de 50	<input type="text"/>

12. Los recolectores que le venden son habituales?

Sí	<input type="text"/>
No	<input type="text"/>

13. Cuántos años llevan en la recolección de plástico

1 a 2	<input type="text"/>
3 a 5	<input type="text"/>
6 a 8	<input type="text"/>
9 a 10	<input type="text"/>
más de 11	<input type="text"/>

14. Cree usted que la recolección a aumentado?

Sí

No

Por qué?

15. Cree usted que la recolección a disminuido?

Sí

No

Por qué?

Anexo 4.



CUADRO 2. POBLACIÓN TOTAL, DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL Y TASA DE CRECIMIENTO, SEGÚN DEPARTAMENTO. CENSOS DE 1995 Y 2005

Departamento	Población				Tasa de Crecimiento (por cien)
	1995	%	2005	%	
LA REPÚBLICA	4 357 099	100.0	5 142 098	100.0	1.7
Nueva Segovia	148 492	3.4	208 523	4.1	3.4
Jinotega	257 933	5.9	331 335	6.4	2.5
Madriz	107 567	2.5	132 459	2.6	2.1
Estelí	174 894	4.0	201 548	3.9	1.4
Chinandega	350 212	8.0	378 970	7.4	0.8
León	336 894	7.7	355 779	6.9	0.5
Matagalpa	383 776	8.8	469 172	9.1	2.0
Boaco	136 949	3.1	150 636	2.9	1.0
Managua	1 093 760	25.1	1 262 978	24.6	1.4
Masaya	241 354	5.5	289 988	5.6	1.8
Chontales	144 635	3.3	153 932	3.0	0.6
Granada	155 683	3.6	168 186	3.3	0.8
Carazo	149 407	3.4	166 073	3.2	1.1
Rivas	140 432	3.2	156 283	3.0	1.1
Río San Juan	70 143	1.6	95 596	1.9	3.1
R.A.A.N.	192 716	4.4	314 130	6.1	4.9
R.A.A.S.	272 252	6.2	306 510	6.0	1.2

Los departamentos que presentaban los mayores porcentajes con respecto a la población total del país en 1995 (Managua 25.1, Matagalpa 8.8, Chinandega 8.0 y León 7.7), continúan siendo los más poblados en el 2005 (Managua 24.6, Matagalpa 9.1, Chinandega 7.4 y León 6.9), pero se advierte que sólo Matagalpa aumentó su peso relativo, mientras que los otros tres departamentos lo disminuyen ligeramente.

**CUADRO 3. POBLACIÓN TOTAL, SUPERFICIE Y DENSIDAD DE POBLACIÓN,
SEGÚN REGIÓN GEOGRÁFICA Y DEPARTAMENTO. CENSOS DE 1995 Y 2005**

Región Geográfica y Departamento	Población		Superficie en Km ² (*)	Densidad (Hab / Km ²)	
	1995	2005		1995	2005
LA REPÚBLICA	4 357 099	5 142 098	120 339.54	36.2	42.7
Pacífico	2 467 742	2 778 257	18 319.23	134.7	151.7
Chinandega	350 212	378 970	4 822.42	72.6	78.6
León	336 894	355 779	5 138.03	65.6	69.2
Managua	1 093 760	1 262 978	3 465.10	315.7	364.5
Masaya	241 354	289 988	610.78	395.2	474.8
Granada	155 683	168 186	1 039.68	149.7	161.8
Carazo	149 407	166 073	1 081.40	138.2	153.6
Rivas	140 432	156 283	2 161.82	65.0	72.3
Central y Norte	1 354 246	1 647 605	34 113.41	39.7	48.3
Nueva Segovía	148 492	208 523	3 491.28	42.5	59.7
Jinotega	257 933	331 335	9 222.40	28.0	35.9
Madriz	107 567	132 459	1 708.23	63.0	77.5
Estelí	174 894	201 548	2 229.69	78.4	90.4
Matagalpa	383 776	469 172	6 803.86	56.4	69.0
Boaco	136 949	150 636	4 176.68	32.8	36.1
Chontales	144 635	153 932	6 481.27	22.3	23.8
Atlántico	535 111	716 236	67 906.90	7.9	10.5
Río San Juan	70 143	95 596	7 540.90	9.3	12.7
R.A.A.N.	192 716	314 130	33 105.98	5.8	9.5
R.A.A.S.	272 252	306 510	27 260.02	10.0	11.2

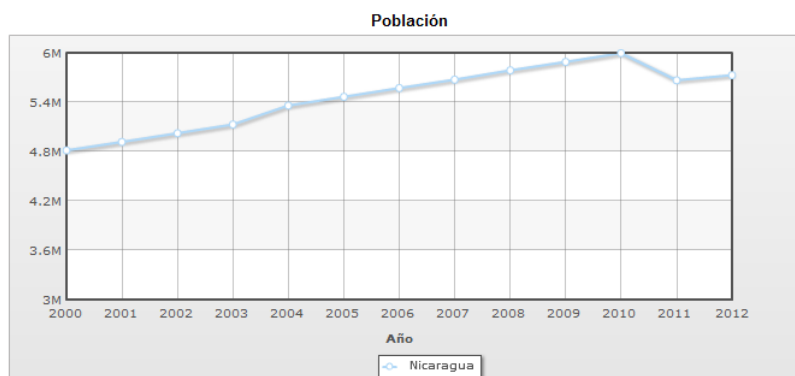
* INETER, 2006: La superficie no incluye lagos y lagunas

[Inicio](#) > [Cuadros de Datos Históricos Anuales](#) >

Languages

- [English](#)
- [Deutsch](#)
- [Español](#)
- [Français](#)
- [Italiano](#)
- [Nederlands](#)
- [Portugués](#)

Población: Población	Namibia
Población: Densidad de población	Nauru
Población: Tasa de crecimiento	Navassa Island
Población: Tasa de natalidad	Nepal
Población: Tasa de mortalidad	Nicaragua
<input type="button" value="Submit"/>	



Fuente: [CIA World Factbook](#) - A menos que sea indicado, toda la información en esta página es correcta hasta el 9 de enero de 2012

[Mapa Comparativo de Países](#) > Población - Mundo

All Mundo



Definición: Esta variable ofrece una estimación de la Oficina del Censo de EE.UU. basada en estadísticas de los censos de población, estadísticas de los sistemas de registro de nacimiento y muerte, o encuestas por muestreo relativas al pasado reciente y en hipótesis sobre las tendencias futuras. El total de la población general presenta una medida del impacto potencial del país en el mundo y dentro de su región. Nota: A partir de 1993, estimaciones demográficas para algunos países (en su mayoría africanos) toman en cuenta explícitamente los efectos del creciente impacto de la epidemia de VIH / SIDA.

Fuente: [CIA World Factbook](#) - A menos que sea indicado, toda la información en esta página es correcta hasta Enero 1, 2012

See also: [Población bar chart](#)

FICHA GEOGRÁFICA

<http://www.inide.gob.ni/censos2005/>

Departamento	:	Matagalpa
Ubicación	:	Nicaragua, América Central
Límites	:	Al Norte con Jinotega Al Sur con Managua y Boaco Al Este con la Región Autónoma Norte y Región Autónoma Atlántico Sur Al Oeste con Estelí y León
Cabecera departamental:		Matagalpa
División política administrativa	:	13 municipios
Superficie total	:	6 806.86 Km ²
Altura de la cabecera	:	681.84 m.s.n.m.
Posición geográfica de la cabecera	:	12° 55' Latitud Norte, 85° 55' Longitud Oeste

FICHA CENSAL

<http://www.inide.gob.ni/censos2005/>

Tipo de censo	:	De Jure o de Derecho
Fecha de referencia	:	28 de mayo - 11 de junio de 2005
Población censada	:	469 172
Viviendas censadas	:	100 584
Viviendas ocupadas	:	88 324
Hogares censados	:	91 394
Promedio personas por vivienda	:	5.3
Promedio personas por hogar	:	5.1
Personal de la estructura censal	:	1 263 personas en el departamento

Anexo 5.

**Resultados de Análisis Estadístico Asistido por Computadora en
SSPS V17.**

Anexo 5.

Resultados de Análisis Estadístico Asistido por Computadora En SPSS V17.

```
GRAPH /BAR(SIMPLE)=PIN(1 1)(Tipo1) PIN(1 1)(Tipo2) PIN(1 1)(Tipo3) PIN(1 1)(Tipo4) /MISSING=LISTWISE.
```

Graph 1

¿Qué Tipo de Materiales Plásticos Recibe en su Acopio Comúnmente?

Notes		
	Output Created	04-Dec-2012 14:26:08
	Comments	
Input	Data	C:\Users\Ali Blandón\Desktop\Tesis Industrial\Tesis\Carpeta nueva\Análisis de Encuestas de Polímeros en Matagalpa.sav
	Active Dataset	Conjunto_de_datos0
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data	10
	File	
	Syntax	GRAPH /BAR(SIMPLE)=PIN(1 1)(Tipo1) PIN(1 1)(Tipo2) PIN(1 1)(Tipo3) PIN(1 1)(Tipo4) /MISSING=LISTWISE.
Resources	Processor Time	0:00:00.187
	Elapsed Time	0:00:00.211

[Conjunto_de_datos0] C:\Users\Ali Blandón\Desktop\Tesis Industrial\Tesis\Carpeta nueva\Análisis de Encuestas de Polímeros en Matagalpa.sav

```
GRAPH /BAR(SIMPLE)=PIN(1 1)(Vendedores1) PIN(1 1)(Vendedores2) PIN(1
1)(Vendedores3) /MISSING=LISTWISE.
```

Graph2

¿A Quién Generalmente le Compran el Plástico?

Notes		
	Output Created	04-Dec-2012 14:41:49
	Comments	
Input	Data	C:\Users\Ali Blandón\Desktop\Tesis Industrial\Tesis\Carpeta nueva\Análisis de Encuestas de Polímeros en Matagalpa.sav
	Active Dataset	Conjunto_de_datos0
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data	10
	File	
	Syntax	GRAPH /BAR(SIMPLE)=PIN(1 1)(Vendedores1) PIN(1 1)(Vendedores2) PIN(1 1)(Vendedores3) /MISSING=LISTWISE.
Resources	Processor Time	0:00:00.202
	Elapsed Time	0:00:00.210

[Conjunto_de_datos0] C:\Users\Ali Blandón\Desktop\Tesis Industrial\Tesis\Carpeta nueva\Análisis de Encuestas de Polímeros en Matagalpa.sav

```
GRAPH /BAR(SIMPLE)=PIN(1 1)(Edad1) PIN(1 1)(Edad2) PIN(1 1)(Edad3) PIN(1 1)(Edad4) PIN(1 1)(Edad5) /MISSING=LISTWISE.
```

Graph 3

¿Qué Edad Tienen los Vendedores?

Notes		
	Output Created	04-Dec-2012 15:03:11
	Comments	
Input	Data	C:\Users\Ali Blandón\Desktop\Tesis Industrial\Tesis\Carpeta nueva\Análisis de Encuestas de Polímeros en Matagalpa.sav
	Active Dataset	Conjunto_de_datos0
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data	10
	File	
	Syntax	GRAPH /BAR(SIMPLE)=PIN(1 1)(Edad1) PIN(1 1)(Edad2) PIN(1 1)(Edad3) PIN(1 1)(Edad4) PIN(1 1)(Edad5) /MISSING=LISTWISE.
Resources	Processor Time	0:00:00.187
	Elapsed Time	0:00:00.200

[Conjunto_de_datos0] C:\Users\Ali Blandón\Desktop\Tesis Industrial\Tesis\Carpeta nueva\Análisis de Encuestas de Polímeros en Matagalpa.sav

FREQUENCIES VARIABLES=Compradores /BARCHART PERCENT
/ORDER=ANALYSIS.

Frequencies

Notes

	Output Created	04-Dec-2012 15:07:28
	Comments	
Input	Data	C:\Users\Ali Blandón\Desktop\Tesis Industrial\Tesis\Carpeta nueva\Análisis de Encuestas de Polímeros en Matagalpa.sav
	Active Dataset	Conjunto_de_datos0
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	10
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on all cases with valid data.
	Syntax	FREQUENCIES VARIABLES=Compradores /BARCHART PERCENT /ORDER=ANALYSIS.
Resources	Processor Time	0:00:00.203
	Elapsed Time	0:00:00.209

[Conjunto_de_datos0] C:\Users\Ali Blandón\Desktop\Tesis Industrial\Tesis\Carpeta nueva\Análisis de Encuestas de Polímeros en Matagalpa.sav

Statistics

¿A Quién le Venden el Plástico?

N	Valid	10
	Missing	0

¿A Quién le Venden el Plástico?

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Empresas Nacionales	6	60.0	60.0	60.0
	Empresas Internacionales	4	40.0	40.0	100.0
	Total	10	100.0	100.0	

FRECUENCIAS VARIABLES=UdeCompra UdVenta TiempodeCompra TiempodeVenta Donaciones Trabajadores ACuantosCompran Habituales AñosenPlástico Aumentado Disminuido /BARChart PERCENT /ORDER=ANALYSIS.

Frequencies

Notes

	Output Created	04-Dec-2012 15:12:55
	Comments	
Input	Data	C:\Users\Ali Blandón\Desktop\Tesis Industrial\Tesis\Carpeta nueva\Análisis de Encuestas de Polímeros en Matagalpa.sav
	Active Dataset	Conjunto_de_datos0
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	10
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics are based on all cases with valid data.
	Syntax	FREQUENCIES VARIABLES=UdeCompra UdVenta TiempodeCompra TiempodeVenta Donaciones Trabajadores ACuantosCompran Habituales AñosenPlastico Aumentado Disminuido /BARCHART PERCENT /ORDER=ANALYSIS.
Resources	Processor Time	0:00:01.638
	Elapsed Time	0:00:01.721

[Conjunto_de_datos0] C:\Users\Ali Blandón\Desktop\Tesis Industrial\Tesis\Carpeta nueva\Análisis de Encuestas de Polímeros en Matagalpa.sav

Statistics

		¿En qué Unidad Compran el Plástico?	¿En qué Unidad Venden el Plástico?	¿Cada Cuánto Realizan Compras?	¿Cada Cuánto Realizan Ventas?	¿Reciben Donaciones?
N	Valid	10	10	10	10	10
	Missing	0	0	0	0	0

Statistics

		¿Cuántos Trabajadores Trabajan en el Acopio?	¿A Cuántos Recolectores les Compran?	¿Los Recolectores que le Venden son Habituales?	¿Cuántos Años Llevan en la Recolección de Plástico?
N	Valid	10	10	10	10
	Missing	0	0	0	0

Statistics

		¿Cree Usted que la Recolección ha Aumentado?	¿Cree Usted que la Recolección ha Disminuido?
N	Valid	10	10
	Missing	0	0

Frequency Table

¿En qué Unidad Compran el Plástico?

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Kilogramo	10	100.0	100.0	100.0

¿En qué Unidad Venden el Plástico?

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Kilogramo	10	100.0	100.0	100.0

¿Cada Cuánto Realizan Compras?

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Diario	10	100.0	100.0	100.0

¿Cada Cuánto Realizan Ventas?

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Semanal	1	10.0	10.0	10.0
	Quincenal	6	60.0	60.0	70.0
	Mensual	3	30.0	30.0	100.0
	Total	10	100.0	100.0	

¿Reciben Donaciones?

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	No	10	100.0	100.0	100.0

¿Cuántos Trabajadores Trabajan en el Acopio?

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1 a 2	4	40.0	40.0	40.0
	3 a 5	4	40.0	40.0	80.0
	6 a 10	2	20.0	20.0	100.0
	Total	10	100.0	100.0	

¿A Cuántos Recolectores les Compran?

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1 a 2	1	10.0	10.0	10.0
	3 a 5	3	30.0	30.0	40.0
	6 a 10	2	20.0	20.0	60.0
	11 a 20	4	40.0	40.0	100.0
	Total	10	100.0	100.0	

¿Los Recolectores que le Venden son Habituales?

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Sí	8	80.0	80.0	80.0
	No	2	20.0	20.0	100.0
	Total	10	100.0	100.0	

¿Cuántos Años Llevan en la Recolección de Plástico?

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	1 a 2	5	50.0	50.0	50.0
	3 a 5	5	50.0	50.0	100.0
	Total	10	100.0	100.0	

¿Cree Usted que la Recolección ha Aumentado?

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Sí	9	90.0	90.0	90.0
	No	1	10.0	10.0	100.0
	Total	10	100.0	100.0	

¿Cree Usted que la Recolección ha Disminuido?

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Sí	1	10.0	10.0	10.0
	No	9	90.0	90.0	100.0
	Total	10	100.0	100.0	

Anexo 6.

**Especificaciones Técnicas
Del Fabricante
Qingdao Friend Plastic Extrusion Technology Co., Ltd
Para Línea de Pelletizado y Granulado
Para PET, PE, PP y PVC.**

Descripción detallada del producto.

Línea de peletizado de tres etapas para PE/PP/PVC, línea de peletizado, granuladora de plástico, granulas recicladas, CE/ISO 9001.

Línea de Peletizado plástico de tres etapas de alta eficiencia para PE/PP/PVC.



Características Generales:

Línea de peletizado de alta eficiencia en tres etapas para plástico PE/PP/PVC, Investigado y diseñado por Qindao Friend Plastic Extrusion Technology Co. Ltd. La cual ha obtenido la patente oficial de este equipo el que consiste en un set de una extrusora de 3 etapas, ring de agua, secadora y cortadora, secado centrifugo, clasificadora por vibración, sistema de envío de aire y silo. Tiene las ventajas de alta eficiencia, ahorro de energía y una mayor producción, etc.

Máquina Granuladora de Plástico / Granuladora – parámetros técnicos.

	<i>Extrusora tipo 1.</i>			<i>Extrusora tipo 2.</i>		
	<i>Etapa 1</i>	<i>Etapa 2</i>	<i>Etapa 3</i>	<i>Etapa 1</i>	<i>Etapa 2</i>	<i>Etapa 3</i>
Modelo.	FSJ-120 X23	FSJ-120 X 7	FSJ-120 X 13	FSJ-150 X 23	FSJ-150 X 7	FSJ-150 X 13
Diámetro del Tornillo	120	120	120	150	150	150
L/D	23:1	7:1	13:1	23:1	7:1	13:1
Max. Velocidad (rpm)	90	90	90	90	90	90
Motor 9 (kw)	160	18.5	55	220	22	90
Tipo de calentamiento	Calentamiento Electromagnético			Calentamiento Electromagnético		
Zona calor / enfriado	30	10	15	40	15	20
Max. Salida (kg/h)	5	2	3	5	2	3
Cortadora del ring de agua	800	800	800	1200	1200	1200
Secadora centrifuga	Potencia de Motor (KW).	4		5.5		
Clasificadora		11		15		
Sistema de envío de aire		3KWX2		3KWX2		
		4		5.5		

Anexo 7.

**Especificaciones Técnicas
Del Fabricante
Shanghai Xinxing Twin Screw Machinery Co., Ltd.
Para Máquina Extrusora de
Doble Tornillo Extrusor.**

Extrusora de tornillo para PET de desempeño estable.

1. La extrusora de doble tornillo es especial para varios tipos de materiales de PET, PVC. Con sus diferentes módulos y maquinaria auxiliar puede producir varios tipos de tubería PVC, perfiles plásticos, barras, materiales en gránulos.
2. Material del tornillo: acero grado 38 , después de altas temperaturas la dureza de la superficie es de HV740-940.
3. El control de temperatura del tornillo es interconectado con el control de aceite y por todo el cilindro de calentamiento junto con el fan de enfriamiento.
4. La caja de extrusión es de tecnología alemana con una larga vida y duración, bajo nivel de ruido y calor.
5. La caja de Distribución de forma cónica con balineras simples y balineras dobles aumentando la capacidad de torsión.
6. Sistema de control eléctrico:

Controlador de frecuencia ABB.

Control de temperatura japonés RKC.

Panel SIMENS

Uso para extrusión de tubos

Modelo	SJZ-45	SJZ-51	SJZ-55	SJZ-65	SJZ-80	SJZ-80	SJZ-92
Tamaño del Tornillo(mm)	45/90	51/105	55/110	65/132	80/156	80/172	92/188
Max. velocidad Tornillo (rpm)	45	45	45	45	34.7	34.7	34.7
Motor Principal (kW)	15	18.5	22	30/37	55	81	110
Capacidad (kg/h)	110	125	150	260	400	400	800
Altura Central (mm)	1000	1000	1000	1000	1100	1100	1200
Peso Neto (kg)	3000	3000	3500	4000	5500	5500	8000
Dimensiones (LxWxH) (m)	3.3x1.2x2.1	3.6x1.1x2.1	3.6x1.1x2.1	4.2x1.5x2.4	4.7x1.5x2.4	5.0x1.6x2.6	6x1.6x2.5

Uso para extrusión de perfiles

Modelo	SJZ-45	SJZ-51	SJZ-55	SJZ-65	SJZ-80	SJZ-80	SJZ-92
Tamaño del Tornillo(mm)	45/90	51/105	55/110	65/132	80/156	80/172	92/188
Max. velocidad Tornillo (rpm)	34.7	34.7	34.7	34.7	25	25	25
Motor Principal (kW)	15	18.5	22	30/37	55	55	110
Capacidad (kg/h)	60	80	120	220	320	320	600
Altura Central (mm)	1000	1000	1000	1000	1100	1100	1200
Peso Neto (kg)	3000	3000	3500	4000	5500	5500	8000
Dimensiones (LxWxH) (m)	3.3x1.2x2.1	3.6x1.1x2.1	3.6x1.1x2.1	4.2x1.5x2.4	4.7x1.5x2.4	4.7x1.5x2.4	6x1.6x2.5

Sistema Operativo:

Motor AC , Conversor de frecuencia ABB

Aparatos de bajo voltaje

Botones y switches

Contactos

Swicths de Aire

Relays intermedios

Controlador de Temperatura

Aro de Temperatura

general electric

Schneider

SIMENS product.

DELIXI

OMRON

RKC, Japan

Acero inoxidable y aluminio

Máquina Extrusora de Plástico.



Fuente: Shanghai Xinxing Twin Screw Machinery Co., Ltd.

Máquina Extrusora de Plástico.



Fuente: Shanghai Xinxing Twin Screw Machinery Co., Ltd.

Máquina Extrusora de Plástico.



Fuente: Shanghai Xinxing Twin Screw Machinery Co., Ltd.

Control Eléctrico de Máquina Extrusora de Plástico.



Fuente: Shanghai Xinxing Twin Screw Machinery Co., Ltd.

Anexo 8. Ubicación de los acopios de plástico visitados durante la investigación:

Evaluación del Proceso de Reciclaje de Polímeros en Matagalpa año 2012.

