



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE PUEBLA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

CONTROL DE CALIDAD Y PRUEBA DE POLÍMEROS

**PROYECTO DE FIN DE CARRERA
PRESENTADO POR**

MICHEL ARROYO CORDERO

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA**

**DIRECTOR DE PROYECTO:
LIC. JUAN MANUEL DÍAZ JIMÉNEZ**

**ASESOR INTERNO:
DRA. ALBINA CASTRO MENDEZ**

**REVISORES:
M.I. SARAHI ESPINOSA ORTIZ**

Estadía Profesional realizada, dentro del marco de la carrera de Ingeniería en Biotecnología, en las instalaciones de Eclipse Polímeros S.A de C.V. Empresa Privada. Carretera Federal México Puebla Kilómetro 81.5, San Mateo Capultitlan, 74160 Huejotzingo, Pue.

SAN MATEO CUANALA, PUEBLA. 23 DE AGOSTO DE 2018

El presente proyecto de investigación titulado: Control de calidad y prueba de polímeros. Realizado por Michel Arroyo Cordero. Ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el Título de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA

Consejo Particular:

Firma

Director de proyecto: Lic. Juan Manuel Díaz Jiménez

Asesor interno: Dra. Albina Castro Méndez

Revisor: M.I. Sarahi Espinosa Ortiz

San Mateo Cuanalá, Puebla, México. 23 de agosto de 2018

DEDICATORIA

Al llegar este momento, quiero dedicar este trabajo a mi madre. Por haberme inculcado valores de moral, espiritualidad y enseñarme a no rendirme. Nada hubiera podido lograr si no fuera por su apoyo, gracias por que en los momentos de dificultad fueron sus manos quienes me sostuvieron y no permitieron que desistiera, por ser mi fuerza en momentos difíciles.

- LA REALIZACION DE ESTA META ES SOLO EL PRINCIPIO DE UN CAMINO LLENO DE RETOS -

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: Por haberme fortalecido a lo largo de la carrera, gracias a DIOS porque tocó muchos corazones para que apoyaran a lo largo de estos años. Permitiéndole concluir esta etapa de mi vida.

A MI MADRE: Por ser una gran madre, siempre has sido un gran ejemplo para mí y quien ha sido parte fundamental en el logro de mis metas. Siempre he estado orgullosa de la fortaleza que muestras en cada objetivo.

A MIS HERMANOS Y SOBRINOS: Porque siempre me han motivado a seguir adelante, por todo su apoyo.

A LOS MIEMBROS DEL COMITÉ DE TESIS: Por la revisión de este trabajo y la valiosa contribución que dejaron a lo largo de mi formación profesional.

ECLIPSE POLÍMEROS S.A DE C.V: Porque aun sin conocerme confió en mí para este proyecto, por todos los conocimientos que he adquirido en este trabajo. Por la amistad que hemos sembrado y sobre todo la experiencia que he logrado ejercer.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos particulares.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1 Definición de plástico.....	4
3.2 Estructura de polímeros sintéticos.....	4
3.3 Polímeros naturales.....	6
3.4 Reciclado de plástico.....	6
3.5 Tipos de reciclaje de plástico.....	7
3.5.1 Reciclaje primario.....	7
3.5.2 Reciclaje secundario.....	7
3.5.3 Reciclaje terciario.....	8
3.5.4 Reciclaje cuaternario.....	8
3.6 Fabricación de popotes a base de polímeros reciclados.....	8
3.7 Producción de popote.....	8
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
4.1 Acopio.....	9
4.1.2 Molido o reducción de tamaño.....	9
4.1.3 Separación.....	9
4.1.4 Lavado.....	10
4.1.5 Secado.....	10
4.1.6 Compactado.....	10

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
4.1.7 Paletizado.....	10
4.2 Fabricación de popotes.....	10
4.2.1 Procesamiento físico.....	11
4.2.2 Control de calidad para obtener productos terminados.....	11
4.2.3 Merma pose-industrial.....	11
4.2.4 Producto terminado.....	11
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
5.1 Acopio.....	12
5.1.2 Molido o reducción de tamaño.....	13
5.1.3 Separación.....	16
5.1.4 Lavado.....	17
5.1.5 Secado.....	19
5.1.6 Compactado.....	20
5.1.7 Paletizado.....	20
5.2 Fabricación de popotes.....	22
5.2.1 Procesamiento físico.....	22
5.2.2 Control de calidad para obtener producto terminado.....	24
5.2.3 Merma pos-industrial.....	24
5.2.4 Producto terminado.....	26
VI. CONCLUSIÓN.....	27
VII LITERATURA CITADA.....	28

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Clasificación de polímeros naturales.....	6
Cuadro 1. Características de diversos polímeros.....	17

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Código Internacional SPI.....	7
Figura 2. Almacenamiento de diversos polímeros.....	12
Figura 3. Separación de etiqueta en PET y PC.....	12
Figura 4. Almacenamiento de etiqueta (BOPP).....	12
Figura 5. Almacenamiento de polipropileno de extrusión.....	12
Figura 6. Selección de PEAD.....	12
Figura 7. Separación de PET y PP.....	13
Figura 8. Selección de PREFORMA.....	13
Figura 9. Selección de PE-I.....	13
Figura 10. Separación de PS.....	13
Figura 11. Separación de PC.....	13
Figura 12. Selección de PP y PEAD.....	13
Figura 13. Maquinaria descontaminada.....	14
Figura 14. Maquinaria contaminada.....	14
Figura 15. Molienda inadecuada.....	14
Figura 16. Material contaminado (pet, resina, madera, hdpe).....	15
Figura 17. PET y PP molido.....	15
Figura 18. PP natural molido.....	15
Figura 19. PE-I molida.....	15
Figura 20. BOPP molido.....	15
Figura 21. PP molido.....	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 22. PS molido.....	15
Figura 23. BE molido.....	15
Figura 24. HDPE molido.....	15
Figura 25. PP de extrusión molido.....	16
Figura 26. Purga de PP molido.....	16
Figura 27. PET y PP en NAOH.....	16
Figura 28. Separación por flotación.....	16
Figura 29. Separación de forma manual.....	16
Figura 30. Prueba de separación PE-I.....	17
Figura 31. Prueba de separación PP.....	17
Figura 32. Prueba de separación BE.....	17
Figura 33. Prueba de separación HDPE.....	17
Figura 34. Prueba de separación PET.....	17
Figura 35. Impureza en material.....	18
Figura 36. Separación de colores con maquinaria.....	18
Figura 37. Material mixto (PP, PE-I, HDPE).....	18
Figura 38. Probador.....	19
Figura 39. Prueba de humedad.....	19
Figura 40. Separación con NAOH.....	19
Figura 41. Separación por flotación(densidad).....	19
Figura 42. Tarjeta de producto terminado.....	19
Figura 43. Jumbos cosidos.....	19
Figura 44. Proceso de secado.....	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 45. PP de extrusión compactado.....	20
Figura 46. BOPP compactado.....	20
Figura 47. Paletizado HDPE.....	21
Figura 48. Peletizado de PS	21
Figura 49. Paletizado PP natural.....	21
Figura 50. Paletizado PP blanco.....	21
Figura 51. Paletizado PP rojo.....	21
Figura 52. PP verde peletizado.....	21
Figura 53. PP naranja peletizado.....	21
Figura 54. PP azul peletizado.....	21
Figura 55. PP amarillo peletizado.....	21
Figura 56. Contaminación en proceso de paletización.....	22
Figura 57. PP paletizado.....	22
Figura 58. Mezcla de PP.....	22
Figura 59. Control de temperatura, medida y velocidad.....	22
Figura 60. Peso por unidad.....	23
Figura 61. Diámetro de popote.....	23
Figura 62. Colores establecidos.....	23
Figura 63. Popote liso.....	23
Figura 64. Popote rayado.....	23
Figura 65. Popote cervecero.....	23
Figura 66. Popote gerbero.....	23
Figura 67. Removedor estriado.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 68. Soporte para globo.....	23
Figura 69. Popote estuchado.....	24
Figura 70. Popote cuchara.....	24
Figura 72. Popote degradable.....	24
Figura 73. Maquinaria para estuchar.....	24
Figura 73. Estuchado inadecuado.....	24
Figura 74. Popote contaminado.....	25
Figura 75 Popote chueco.....	25
Figura 76. Popote quebrado.....	25
Figura 77. Popote desnivelado.....	25
Figura 78. Mermas a paletizar.....	25
Figura 79. Pacas de producto terminado.....	26
Figura 80. Cajas de producto terminado.....	26
Figura 81. Salida de popote fabricado.....	26

LISTA DE ABREVIATURAS

BE	Bidón
BOPP	Polipropileno biaxialmente orientado
HDPE	Polietileno de alta densidad
PAN	Poliacrilonitrilo
PB	Polibutadieno 1,4-cis
PC	Policarbonato
PE	Polietileno
PEAD	Polietileno de alta densidad
PE-I	Polieterimida
PET	Polietileno-tereftalato
PNMA	Polimetacrilato de metilo
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PU	Poliuretano
PVC	Policloruro de vinilo

RESUMEN

El incremento acelerado en la generación de residuos plásticos derivados del petróleo y el aumento en cuanto el precio de este recurso no renovable, ejerce nuevas alternativas para su uso. Por lo que es vital su reutilización evitando una demanda de petróleo y con ello reducir contaminaciones presentes.

El presente trabajo consistió en obtener calidad en polímeros reciclados con mayor demanda tales como; PET, PEAD, PEBD, PP, PE-I, BE, BOPP y PS. Se obtuvieron polímeros con estándares de calidad en diversos procesos como son su separación, selección, molienda, lavado, compactado y paletización con la finalidad de comercializar a estos; como un polímero que sea flexible para un nuevo proceso. En el transcurso de cuatro meses se llevó a la reutilización de 1159845 toneladas de plásticos que, en ocasiones son desechadas en calles, playas, bosques etc. Por lo cual Eclipse polímeros S.A de C.V., se ve en la necesidad de contribuir con el medio ambiente, reduciendo la contaminación presente en la actualidad.

A partir de PP reciclable se llevó a la fabricación de popotes evitando la utilización de nuevo recurso no renovable (petróleo). Dicho popote elaborado, presento estándares de calidad. Se llevó a cabo fichas técnicas con la finalidad de mejorar el proceso de fabricación, siendo de utilidad para el consumidor. Preocupados con el medio ambiente, se llevó a la fabricación de popote degradable a partir de polímeros naturales, el cual llega a su desintegración en menor tiempo, a su vez se elaboró popote degradable a partir de aditivo orgánico llegando a su desintegración de 2 a 6 años. Dichos popotes degradables cumplen con los lineamientos de un popote convencional y con estándares de calidad.

ABSTRACT

The result accelerated in the generation of elimination of risks related to oil and the increase in the price of this non-renewable resource, exerts new alternatives for its use. So it is vital for its reuse avoiding demand for oil and with it, reduce the contamination present.

The present work consisted in obtaining quality in recycled polymers with greater demand such as; PET, HDPE, LDPE, PP, PE-I, BE, BOPP and PS. Polymers were obtained with quality standards in various processes such as separation, selection, grinding, washing, comparing and palletizing for marketing purposes. as a polymer that is flexible for a new process. Over the course of four months, 1159845 tons of plastics were reused, sometimes discarded in streets, beaches, forests, etc. As Eclipse Polymers SA de CV, is seen in the need to contribute to the environment, reducing the pollution present today.

From recyclable PP was carried out the manufacture of straws avoiding the use of a new non-renewable resource (oil). Said elaborate straw, I present quality standards. The techniques were carried out in order to improve the manufacturing process, being useful for the consumer. Concerned with the environment, it became the manufacturer of pollutants degraded from natural polymers, which reaches its disintegration in less time, sometimes it can be eliminated and degradable from the organic additive reaching its disintegration of 2 to 6 years. These degradable strawberries comply with the guidelines of a conventional portion and with quality standards.

I. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se aborda el tema del reciclaje de polímeros. Lo cual permite preservar la calidad de vida de los seres humanos y una contribución industrial en el entorno ecológico. Cabe destacar que la reducción del consumo de polímeros, no podrá detenerse repentinamente debido a sus necesidades, ya que estos productos se han vuelto indispensables en la vida cotidiana. Pero si desacelerar su crecimiento.

Durante las últimas décadas ha habido un continuo incremento en la elaboración de productos a base de polímeros, utilizados principalmente para el empaque de diversos productos. Por lo que últimamente la población se encuentra en ciclo de conformismo que consiste en comprar y desechar, olvidando los recursos naturales. Por ello es indispensable, reutilizar diversos plásticos reduciendo el proceso de nueva materia prima y evitando la disminución de abastos petroleros para su fabricación y reduciendo contaminantes. Es de gran importancia la necesidad de petróleo por lo que es vital preservar estos recursos no renovables para otros usos (Pennisi, 1993)

Dentro de los materiales de empaque más utilizados a nivel industrial tenemos los plásticos. Debido a su gama de presentaciones, lamentablemente el uso de envases plásticos o producto fabricados con polímeros ha traído como consecuencia problemas de impacto ambiental que estos generan al ser desechados. Entre las soluciones propuestas para reducir el impacto ambiental de los desperdicios prácticos se incluye el reciclaje y el composteo (Huang et al., 1995)

En México se genera 10 millones de basura mensual, depositados en más de 50 mil tiraderos legales y clandestinos. En cuanto a mercado de plásticos es el más reciclable, ya que presenta el 40% del total de toneladas. Posteriormente vienen los productos de consumo (19%), los materiales de construcción (16%)

De acuerdo con la secretaría de Desarrollo Social (CNGMD; INEGI, 2013) en las últimas cuatro décadas la producción de residuos sólidos se elevó nueve veces. La dependencia estima que la generación en México alcanza 84 mil toneladas diarias. Por lo que 83 % de ese volumen es recolectado, es decir 69 mil 886 toneladas. Del total del volumen, solo 49 %, es decir 41 mil 258 toneladas son depositada en sitios controlados.

Desafortunadamente, en México no se cuenta con una buena infraestructura en empresas recicladoras de polímeros. Por lo que dichas empresas se dedican al reciclaje de polímeros a pequeña escala y los lleva a realizar actividades con una infraestructura inadecuada, por lo que no llegan a producir materiales con estándares de calidad competitivos. Recuperar un material de los residuos sólidos y ponerlos nuevamente en circulación como un producto útil requiere de tecnología.

Los plásticos se presentan ligeros y químicamente inertes y pueden ser fabricados para ser rígidos, flexibles e impermeables. Lo cual permite que estas características, puedan reemplazar al papel, vidrio y metal en muchas aplicaciones; además que estos tienen una larga vida de utilidad (Breslin y Swanson, 1993)

Los principales problemas que se presentan durante el proceso del reciclaje de plásticos actualmente es la separación y purificación de los mismos, ya que los desechos plásticos que conforman el envase se encuentran mezclados ya sea por componentes diversos en la botella en un lote, tales como; BOPP, PET, PP, HDPE, estos a su vez se presentan en estados de impureza.

En una botella de refresco se puede presentar seis diferentes tipos de polímeros (J. Drelich et al., 1999)

- El polietileno tereftalato (PET) el cual presenta un 68.7% de la botella.
- El polietileno de alta densidad (HDPE) el cual presenta un 24.4% de la botella.
- El polipropileno (PP) el cual presenta un 3.6% de la botella.
- Una taparrosca de PP para la etiqueta representa el 2.4% de la botella

Durante la etapa de recolección de los plásticos post-consumo todas las botellas de refresco se mezclan y estas a su vez se contaminan con detergentes, aceite y otros adhesivos. Por ello es vital lavar a todos los polímeros antes de iniciar un proceso de reciclado, también es necesario encontrar un sistema de separación que sea eficiente y amigable con el entorno. Durante los últimos años se usan técnicas de separación como flotación y separación por medio de gravedad, las cuales hacen flotar a las partículas de los plásticos en una solución acuosa. Una técnica bastante atractiva es por sus características físicas como lo son olor y textura (Marqués y Sores, 2000)

El proceso de flotación involucra a los tres estados de materia líquido, sólido y gaseoso, en donde el líquido es el medio en el que flotan los cuerpos, en este caso diversos polímeros. Los sólidos son partículas que se desea que floten y el gas el aditivo que permite que los sólidos floten en el medio acuoso o de la solución pertinente.

Por lo todo lo antes mencionado se origina la iniciativa de reciclar los desechos de diversos envases y llevándolos a un proceso de producción que puedan ser de utilidad para elaboración de nuevos productos.

Por lo que Eclipse polímeros S.A de C.V se ve en la necesidad de contribuir en la sociedad con el propósito de disminuir las cantidades de residuos plásticos y fabricar productos menos agresivos con el medio ambiente.

Si bien es cierto, el reciclaje reduce el problema, pero no lo elimina de raíz.

II. OBJETIVO (S)

2.1 Objetivos generales

1. Implementar acciones de control en procesos limpios, reduciendo la producción de agentes contaminantes en polímeros.
2. Reutilizar diversos polímeros.
3. Reducir las emisiones de errores en fabricación de popotes.
4. Desarrollar pruebas de separación en polímeros.

2.2 Objetivos particulares

1. Posicionar en el mercado un producto de calidad y amigable con el medio ambiente.
2. Generar una reutilización nueva a polímeros.
3. Desarrollar un producto de calidad que sea de satisfacción para el consumidor.
4. Evaluación de propiedades físicas, para una mejor separación en diversos polímeros.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 DEFINICIÓN DE PLÁSTICO

Se puede definir a un plástico como aquel material que se fabrica a partir de un polímero (obtenido del petróleo), por lo general haciéndose fluir bajo presión. Estos son típicamente ligeros y químicamente inertes y pueden ser fabricados para ser rígidos, flexibles y ligeros. Como resultado de estas características, los plásticos se han vuelto indispensables. Además, estos tienen una larga vida y son resistentes a la degradación en ambientes naturales (Arévalo, 1996)

3.2 ESTRUCTURA DE POLÍMEROS SINTÉTICOS

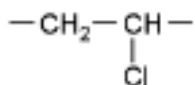
Los polímeros se producen por la unión repetida de una o varias moléculas por enlaces covalentes. El término macromoléculas significa moléculas muy grandes. Los materiales como polietileno, policloruro de vinilo, polipropileno y otros que contienen una sola unidad estructural, se denominan homopolímeros (Wittcoft y Reubtn, 1985;1987)

Dependiendo de su origen, los polímeros pueden ser naturales o sintético. Los sintéticos se caracterizan por contener de uno y tres tipos distintos de unidades que se repiten debido a que estas se unen a otros monómeros, a veces cientos o miles, por medio de enlaces químicos, generalmente covalentes, forman macromoléculas llamadas polímeros. En cambio, un polímero natural o biopolímero presentan estructuras más complejas como lo son: celulosa, ADN o proteínas.

También se requiere de reacción de polimerización para la obtención de un polímero, esta suele decidirse en dos grupos: reacciones de adición y condensación. Los polímeros obtenidos a través de estas vías se nombran como polímeros de adición y polímeros de condensación.

En los polímeros de adición su unidad estructural tiende a ser la misma composición que el monómero de partida. Su formación es, a partir de monómeros que contienen un doble enlace de carbono-carbono. A continuación, se muestran polímeros de adición más comunes y requeridos:

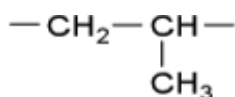
Policloruro de vinilo (PVC)



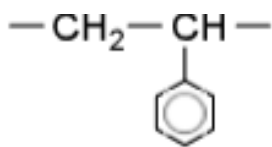
Polietileno (PE)



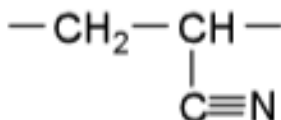
Polipropileno (PP)



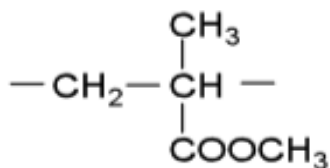
Poliestireno (PS)



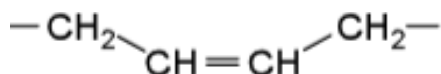
Poliacrilonitrilo (PAN)



Polimetacrilato de metilo (PNMA)



Polibutadieno 1,4-cis (PB)



Por otra parte, los polímeros de condensación se forman a partir de monómeros polifuncionales, es decir a través de reacciones que pueden eliminar algunas pequeñas moléculas. Como es el caso de:

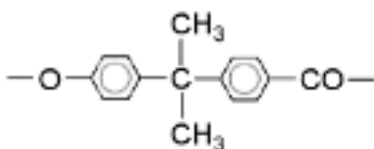
Poliestireno (PS)



Poliamida (PA)



Policarbonato (PC)



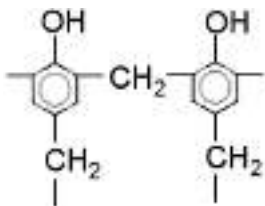
Polietilen- tereftalato (PET)



Poliuretano (PU)



Resina de Fenol- formaldehído



3.3 POLÍMEROS NATURALES

En la actualidad es de su suma importancia polímeros naturales debido a que estos son renovables, ya que la naturaleza puede seguir su síntesis a medida que se extraen.

Existe una infinidad de polímeros naturales entre los que destacan tres grupos importantes: Proteína, polisacáridos y ácidos nucleicos. (Seymor et al, 2002)

Cuadro 1 Clasificación de polímeros naturales

POLÍMEROS NATURALES		
Proteínas	Estructurales	Colágeno, queratina, elastina
	Funcionales	Enzimas, hormonas
Polisacárido	Estructurales	Celulosa, quitina
Ácidos nucleicos	ARN y ADN	

3.4 RECICLADO DE PLÁSTICOS

Como se menciona el plástico, se considera un material artificial versátil, para su síntesis se utiliza gas natural y petróleo crudo.

Para facilitar la identificación de cada polímero, y también para ayudar a su clasificación se ha instituido el Código Internacional SPI, el cual permite localizar de qué material específicamente está compuesto un material de plástico. Se han clasificado los principales polímeros de la siguiente manera:



Figura 1. Código Internacional SPI

1. PET: se utiliza principalmente en la producción de botellas para bebidas. A través de su reciclado se obtiene principales fibras para relleno de bolsas de dormir, alfombras, cuerdas y almohadas.
2. HDPE o PEAD: Normalmente se utiliza en envases de leche, detergente, aceite para motor, etc. El HDPE tras reciclaje se utiliza para macetas, contenedores de basura y botellas de detergente.
3. PVC: Es utilizado en botellas de champú, envases de aceite de cocina, artículos de servicio para casas de comida rápida, etc. El PVC puede ser reciclado como tubos de drenaje e irrigación.
4. PEBD o LDPE: Se encuentra en bolsas de supermercado, plásticos para envolver. El PEBD puede ser reciclado para bolsas de supermercado nuevas.
5. PP: Se utiliza en la mayoría de recipientes para yogurt, sorbetes, taparrosca de botella, etc. El PP tras el reciclaje se utiliza como viguetas de plástico, peldaños para registros de drenaje, cajas de baterías para autos.
6. PS: Se utiliza en taza desechables de bebidas calientes y bandejas de carne. El PS puede reciclarse en viguetas de plástico, cajas de cintas para casetes y macetas.
7. OTROS: Generalmente indica que es la mezcla de varios polímeros. Estos plásticos generalmente no se reciclan porque no se sabe con certeza qué tipo de resinas contienen, pero últimamente se utilizan para fabricar ventiladores de gran capacidad.

3.5 TIPOS DE RECICLAJE DE PLÁSTICOS

El conocer adecuadamente el tipo de reciclaje es de gran importancia, ya que permite general un mayor control de separación, así como el valor del material de desecho. A lo cual se cuenta con cuatro tipos de reciclaje:

- Primario
- Secundario
- Terciario
- Cuaternario

3.5.1 RECICLAJE PRIMARIO

Consiste en la conversión del polímero desechado, en artículos con propiedades físicas y químicas idénticas al material original. El reciclaje primario se hace con termoplásticos como PET, PEAD, PEBD, PS y PVC.

3.5.2 RECICLAJE SECUNDARIO

Se convierte el desecho del polímero en artículos con propiedades que son inferiores a las del polímero original. Por lo general son polímeros contaminados o polímeros termoestables. Este proceso elimina la necesidad de separar y limpiar los polímeros, por lo que se mezclan incluyendo tapas de aluminio, papel, polvo etc., se muelen y funden.

3.5.3 RECICLAJE TERCIARIO

A través de este, se degrada el polímero a compuesto químico básicos y combustibles. En este involucra además un cambio físico y químico.

3.5.4 RECICLAJE CUATERNARIO

Consiste en el calentamiento del polímero con el objetivo de usar la energía térmica liberada de este proceso para llevar a cabo otros fines, es decir darle un uso al polímero; como combustible para reciclar energía.

3.6 FABRICACIÓN DE POPOTES A BASE DE POLIMEROS RECICLADOS

Los primeros popotes de plástico flexibles como lo mencionan los hermanos (Friedman, 1900;1982) consistía en enrollar tiras de papel manila cubiertas de parafina dejando un orificio, el cual permitía el paso de los líquidos y otro orificio, para evitar que algunos residuos pasarán del vaso a la boca. Medían alrededor de 22 centímetros de largo ya que no presentaban un inconveniente para el consumidor.

Los popotes son también conocidos como pajillas, los cuales son cilindros plásticos fabricado a base de polímero virgen o paletizado, que puede ser de distintos colores. Actualmente son usados por la población para transportar líquidos de un lado a otro. Esto permite evitar el contacto de las manos y el calor corporal caliente en los vasos que contenga la bebida.

3.7 PRODUCCIÓN DE POPOTES

El proceso de fabricación de popotes varía dependiendo del tipo de popote que se requiera obtener, pero existe un método común para su fabricación que consta de siguientes:

Es necesario establecer las cantidades de polímero, colorantes y aditivos utilizados. Posteriormente estos son fundidos para obtener una mezcla. Una vez obtenida la mezcla es exprimida y de ella se obtienen hebras. Se hacen los cortes a la medida de manera mecánica. Finalmente se lleva a cabo una revisión tanto de la calidad del plástico, como de la temperatura final de los popotes.

Materia prima y polímeros básicos para la fabricación de popotes son:

- Polipropileno virgen
- Papel para empaque
- Film plástico OPP
- Bolsa de polietileno
- Agua para uso industrial

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 ACOPIO

Eclipse polímeros S.A de C.V., presenta como primer paso el almacenamiento; el cual nos permite recolectar, separar, seleccionar y acumular, dentro de los residuos sólidos. Esta etapa es fundamental, debido a que es la base, para la elaboración de un nuevo proceso.

Por lo que se inspecciona el área y personal que se encarga de dicha recolecta, y por ende un mejor proceso de calidad, lo cual nos permita posteriormente un adecuado proceso.

4.1.2 MOLIDO O REDUCCIÓN DE TAMAÑO

Dentro del proceso de reciclado, es fundamental la reducción del polímero, el cual permitirá un mejor procesamiento a futuro.

Para la reducción del tamaño existen diferentes tipos de tecnologías (molinos especiales) según el tamaño al cual se desee alcanzar. Lo cual nos permite obtener hojuelas de hasta $\frac{1}{4}$ de pulgada o finalmente polvo, según el diseño y el tipo de molino que se disponga.

En este proceso a su vez se lleva a cabo controlando y supervisando, la descontaminación manual de maquinaria antes de llevar a cabo un nuevo proceso. Esto nos permite evitar diversas contaminaciones de polímeros no deseados. Por lo que es vital para tener un mejor control de calidad de aproximadamente 46658 toneladas, que son molidas durante el periodo de una semana.

4.1.3 SEPARACIÓN

Si se presenta una contaminación externa en este proceso, consiste en liberar el polímero de interés de diferentes tipos de materiales especialmente otros polímeros que estén presentes y también de metales en ocasiones de papel.

Este proceso es fundamental ya que directamente nos permite tener calidad del producto final y así evitar que éste perjudique el proceso del reciclaje.

Se llevan a cabo métodos de separación, los cuales pueden ser clasificados en; separación macro y micro y molecular.

Macro separación se hace sobre la materia prima completa, el reconocimiento es por el color y forma. Siendo importante la separación manual, ya nos permite destapar y des etiquetar.

Micro separación se hace por alguna propiedad física específica como el tamaño, peso, densidad, etc.

Separación molecular se lleva a cabo un procesamiento del polímero por disolución del mismo para luego separarlos basado en temperaturas.

Si el material presenta una mezcla de colores por la gama de polímeros, es separado mediante tecnología especializada que realiza la separación de dichos colores. Este proceso solo se lleva a cabo después del proceso de lavado y así mismo teniendo un mejor control de contaminaciones no deseadas.

4.1.4 LAVADO

Las hojuelas generalmente se presentan contaminadas por diversas sustancias como lo son: comida, papel, piedra, aceite, solventes e incluso por mezcla de colores de los mismos polímeros y algunos casos pegamento. Por consiguiente, es necesario reducir componentes de contaminación mediante un proceso de lavado.

En algunas ocasiones los materiales se encuentran en alto grado de impureza por lo que es necesario repetir el proceso de lavado con una solución alcalina (NaOH) y jabón en polvo, permitiendo así un mayor régimen de control de calidad.

Posteriormente a este proceso de lavado, los polímeros se presentan viables para un nuevo procesamiento.

Es importante destacar que se genera aproximadamente 57717 toneladas de producto terminado descontaminado y de calidad, en el periodo de una semana.

4.1.5 SECADO

Posteriormente al ciclo de lavado se lleva a cabo el proceso de secado, en el cual se elimina el exceso de humedad del material. Utilizando secadores centrífugos, es decir tampones especialmente diseñados para extraer la humedad por las paredes externas del equipo. Esto con la finalidad de que pueda ser comercializado el polímero de interés. Posteriormente dependiendo al tipo de polímero que se trate, es llevado a un proceso de compactado (PP de extracción y BOPP) y posteriormente se lleva a proceso de paletizado.

Una vez que la hoguera se encuentra limpia y seca, Eclipse Polímeros S.A de C.V puede comercializar diversos polímeros de interés como los son: PET, PEAD, PEBD, PP, PE-I, BE, BOPP y PS o pueden ser convertidos en pellet.

4.1.6 COMPACTADO

Para este proceso únicamente, los polímeros BOPP y PP de extrusión, ya previamente descontaminado y de calidad, se deben compactar mediante maquinaria, con la finalidad de unir el polímero, posteriormente se llevan a área de lavado.

4.1.7 PELETIZADO

En el área de paletizado el polímero de interés, el cual pasan a través de un cabezal con la finalidad de tomar la forma de espagueti al enfriarse en un baño de agua. En este proceso es fundamental no saturar la entrada al husillo que sea mayor de la capacidad de transmisión lo que puede generar una sobrecarga y un posible tapón en la zona de alimentación.

4.2 FABRICACIÓN DE POPOTES

Eclipse polímeros S.A de C.V también se encarga de fabricar popotes a base polímeros reciclados. Una vez obtenido los polímeros paletizados, se elabora diversas mezclas de polímero y pigmentos dependiendo el tipo de popote de interés. Regularmente se utilizan PP y residuo de producción (merma) inherente, que no cumple con uno o varios requerimientos de calidad.

4.2.1 PROCESAMIENTO FÍSICO

Antes de la fabricación del popote, se verifica que el polímero a utilizar no presente alguna contaminación y se encuentre en condiciones para un nuevo proceso. Posteriormente, durante el proceso de fabricación se verifican estándares de calidad como: Medida, temperatura, velocidad, cortador, jalador, peso por unidad de popote, diámetro del popote, color, textura y finalmente el estuchado. y almacenamiento de producto terminado.

4.2.2 CONTROL DE CALIDAD PARA OBTENER PRODUCTO TERMINADO

En este proceso se controla a fondo estándares de calidad, desde del proceso de mezclar polímero, para la fabricación de popotes, como supervisar y controlar que las máquinas no presenten alguna contaminación antes de iniciar un nuevo proceso.

Es indispensable controlar y supervisar diferentes parámetros para cada tipo de popote de interés. Teniendo así una adecuada fabricación del popote con márgenes de calidad adecuados.

A su vez se determina llevar a cabo la elaboración de fichas técnicas con, la finalidad de obtener un mejor control en cuanto el proceso de fabricación de distintos popotes. Llevando a cabo el cumplimiento de la NMX-E-263-CNCP-2016 y ASTM D5511.

4.2.3 MERMA POS-INDUSTRIAL

Si el popote fabricado no cumple con estándares de calidad adecuados, este es reciclado de tal manera que se vuelva a general su utilidad. Por lo que se lleva en control de merma interna desechada. Debido a que se genera una reutilización de la merma producida durante la fabricación de popote, es vital llevar a cabo la siguiente clasificación.

La merma interna producida; el reciclador es depositarlos en diferentes contenedores para evitar contaminaciones posteriores a un nuevo proceso. Se lleva a cabo la clasificación de colores, en la que se permite mezclar los siguientes tipos de mermas

- Rojo, naranja, rosa y amarillo.
- Verde y azul
- Blanco
- Natural

4.2.4 PRODUCTO TERMINADO

Antes de la comercializar el producto, se verifica que el empaque contenga el siguiente etiquetado; nombre del producto, nombre del fabricante, dirección de la planta de fabricación lote.

También se lleva una verificación de producto terminado, en el cual no se permite la mezcla de producto en sus diversas presentaciones, una vez dando el visto bueno al producto se lleva a cabo el empaquetado de este.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 ACOPIO

Como primera estancia en Eclipse polímeros S.A de C.V., se tiene una diversidad de plásticos que llegan a sus instalaciones (Figura 2), por lo que se llevó a una clasificación de este material de acuerdo a sus características y propiedades como se muestran en las Figuras 3,4,5,6,7,8,9,10,11,12. Este proceso se llevó a cabo en áreas exclusivas, consiguiendo una recolección, separación y selección adecuada. Debido a que este proceso es la base fundamental para otros, se inspecciona detalladamente de forma manual para lograr mejor calidad en el proceso.



Figura 2. Almacenamiento de diversos plásticos



Figura 3. Separación de etiqueta en PET y PC



Figura 4. Almacenamiento de etiqueta (BOPP)



Figura 5. Almacenamiento de polipropileno de extrusión



Figura 6. Selección de PEAD



Figura.7 Separación de PET Y PP



Figura 8. Selección de PREFORMA



Figura 9. Selección de PE-I



Figura 10. Separación de PS



Figura 11. Separación de PC



Figura 12. Selección de PP y PEAD

5.1.2 MOLIDO O REDUCCIÓN DE TAMAÑO

Es fundamental la reducción de tamaño en polímeros existentes, por lo cual se envió a molinos para obtener hojuelas de hasta $\frac{1}{4}$ de pulgada. Se llevó a cabo una descontaminación de maquinaria, antes de un nuevo proceso con la finalidad evitar contaminaciones en material de interés, como se muestra en la figura 13. A su vez con esta técnica se logró minimizar contaminación que perjudicaban en el proceso. Se evitan contaminaciones, como la que se observa en la Figura 14.

Cabe destacar que todos los procesos posteriores a mencionar se llevan a cabo de la misma forma, para la diversidad de colores (rojo, amarillo, azul, verde, naranja, negro, blanco, natural, mixto) en los distintos polímeros.



Figura 13. Maquinaria descontaminada



Figura 14. Maquinaria contaminada

Durante el proceso de molienda, es importante que el polímero se triture adecuadamente evitando que lleguen a pasar material entero o contaminado (Figura 15) debido a que esto evita obtener un proceso terminado de calidad.



Figura 15 Molienda inadecuada

En Eclipse polímeros S. A de C.V., también llegan a sus instalaciones polímeros molidos, los cuales presentan una diversas de contaminaciones (Figura 16), por ende, no presentan una calidad adecuada para un nuevo proceso. Por lo que se llevó a tratamientos de descontaminación, el cual debe ser en el área de lavado o separación con la finalidad de obtener un solo material de interés. En el caso de contaminación de PET y PP se llevó a un método de separación con una solución alcalina (NAOH), este procedimiento será descrito posteriormente en el apartado de separación de material. Cuando el PET y PP molido (Figura 17) se encuentran contaminados, se llevó a cabo una técnica de separación con agua. En cuanto al PP natural es molido junto con taparrosca (Figura 18), el cual posteriormente será separado con maquinaria.

Cuando el material PE-I se presenta en una proporción grande, el tamaño se reduce de forma manual con la finalidad de no forzar las cuchillas del molino y así facilitar la producción (Figura 19). Para la molienda de BOPP, primero se retira de los distintos envases que llegan a las instalaciones, así como también se muelen directamente la envoltura que llega (Figura 20).

El PP y PS molido, pasan por una banda la cual contiene un imán que atrae todo tipo de metal grande que pueda obstruir en las cuchillas del molino (Figura 21), este a su vez contiene de igual forma otro imán al final del molino, donde sale material reducido (Figura 22). Para la molienda de BE, HDPE y PP de extrusión (Figuras 23,24,25) se lleva a cabo primero la separación de estos debido a su clasificación y posteriormente se llevan a molinos para reducción de tamaño. Cabe resaltar que las plastas de desperdicio ejercido, en el proceso de paletizado se envían de igual forma a molinos, la cual se le da el nombre de purga de PP (Figura 26)



Figura 16. Material contaminado (pet, resina, madera, hdpe)



Figura 17. PET y PP molido



Figura 18. PP natural molido



Figura 19. PE-I molida



Figura 20. BOPP molido



Figura 21. PP molido



Figura 22. PS molido



Figura 23. BE molido



Figura 24. HDPE molido

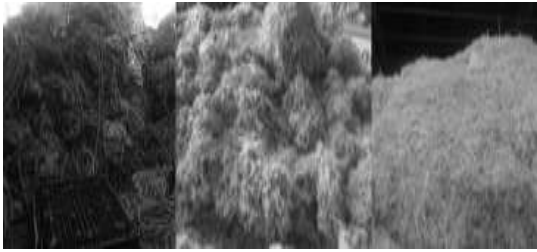


Figura 25. PP de extrusión molido



Figura 26. Purga de PP molido

5.1.3 SEPARACIÓN

El PET y PP como anteriormente se menciona, en ocasiones llega a las instalaciones contaminado por lo que se requiere separar el material. El cual es sometido a una solución alcalina (NAOH), logrando que el PP presente un comportamiento hidrofóbico (repelente al agua), mientras que el PET permanece en el estado hidrofílico (le atrae el agua) (Figura 27).

También se usa una técnica de separación con agua con la finalidad de ahorrar costos, cuando el PET y PP molido (Figura 28) se encontraba contaminado, se llevó a cabo una técnica de separación con agua. Debido a que el agua tiene una densidad de 1 g/cm^3 y que el PET y PP cuenta con una densidad de 1.35 y 0.85 g/cm^3 respectivamente, por lo que los cuerpos que sean más ligeros que el agua flotará (PP) en ella y los que cuenten con más masa por unidad se hundirán en el líquido (PET). Este proceso se lleva a cabo únicamente cuando el material se lleva al área de lavado.

En ocasiones dichas técnicas no permite separar el material en su totalidad, debido a que son partículas pequeñas y estas se llegan a filtrar en el material, por lo que aún no es producto terminado. Ya que no cumple con estándares de calidad, este es llevado a retirar esas pequeñas partículas no deseadas de forma manual (Figura 29).

Cuando los distintos polímeros entran a las instalaciones, se realizó pequeñas pruebas con la finalidad de observar si esta se encuentra contaminada. Se llevó a cabo colocando una muestra representativa del material, en una botella la cual contenía agua en su interior como se observa en las (Figuras 30,31,32,33,34). También se llevó a cabo una prueba de olor, en la que se coloca una pequeña hojuela de estos polímeros, se le enciende fuego con la finalidad de obtener su olor, el cual nos permite saber con qué tipo de materia se trabaja (Cuadro 1)



Figura 27 PET y PP en NAOH



Figura 28. Separación por flotación



Figura 29. Separación de forma manual



Figura 30. Prueba de separación PE-1



Figura 31. Prueba de separación PP



Figura 32. Prueba de separación BE



Figura 33. Prueba de separación HDPE

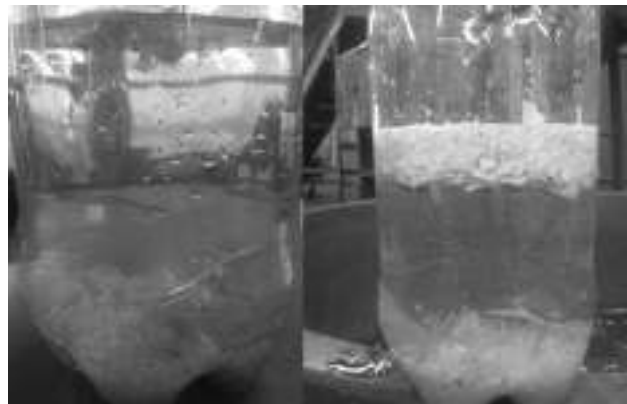


Figura 34. Prueba de separación PET

Cuadro 2. Característica de diversos polímeros.

POLÍMERO	OLOR
PET	Dulce
PP	Cera con aceite
Bidón	Cera y madera
PE-I	Cera
HDPE	Cera aceitosa
PS	Aceite

5.1.4 LAVADO

En el proceso de lavado se eliminó, el exceso de contaminaciones tales como comida, papel, piedra, aceite, los cuales presentan impureza para nuestro producto terminado. Cuando el material se presentó en un grado de impureza mayor (Figura 35), se envió nuevamente al área de lavado, con la finalidad de que este contenga una adecuada presentación y calidad.

Cabe resaltar, que para que un material se determine como producto terminado debe cumplir con los siguientes lineamientos, ausencia de humedad, descontaminación y no presente puntos de color, siempre y cuando este sea especificado como producto mixto. Cuando el material presentó una mezcla de colores por la gama de polímeros (Figura 36), este es separado

mediante tecnología especializada que realiza la separación de dichos colores, este proceso únicamente se lleva posterior al lavado.

Solo se permite, punto de color cuando el material se requiere mixto (Figura 37) o en una gama de colores tales como; amarillo/ rojo y verde/azul. Para corroborar que no se encuentran contaminaciones se llevó a la fabricación de un probador, instrumento que nos fue de gran ayuda para revisar a profundidad el jumbo que contiene el polímero lavado. Dicho instrumento nos permite observar si se contenía un material no deseado en su interior (Figura 38).

Cabe mencionar que, en algunos casos durante el proceso de lavado se percató humedad, este se identificó con la ayuda del tacto, para su corroboración se introduce una pequeña muestra en una bolsa y es expuesta a rayos de calor (Figura 39) si esta presenta humedad, es enviada nuevamente a centrifugación, permitiendo secarlo.

El PET y PP como anteriormente se menciona, es sometido a una solución alcalina (NaOH) por lo que el PET se queda hundido, es vital retirar con la ayuda de una pala (Figura 40). También en algunos casos se utiliza una técnica de separación con agua, logrando que el PP quede en flotación (Figura 41).

Si el polímero, que se envió a proceso de lavado cumple con los lineamientos antes mencionados, se llevó a cabo la colocación de una tarjeta, a la cual se le hace el llenado de la siguiente información; N.º de jumbo, material, kg. neto, turno, supervisor y fecha (Figura 42) que validar su calidad. Posteriormente se envía a coser el jumbo con la finalidad de prevenir contaminaciones (Figura 43), en producto terminado.

Cabe destacar que el proceso de lavado se lleva a cabo para; PET, BE, PE-I, PP, PS y HDPE. Únicamente los polímeros: PP de extrusión y BOPP son lavados después de la compactación.



Figura 35. Impureza en material



Figura 36. Separación de colores con maquinaria



Figura 37. Material mixto (PP, PE-I y HDPE)



Figura 38. Probador



Figura 39. Prueba de humedad



Figura 40. Separación con NaOH



Figura 41. Separación por flotación (densidad)



Figura 42 Tarjetón de producto terminado



Figura 43 Jumbos cosidos

5.1.5 SECADO

Los polímeros sometidos al ciclo de lavado, que no cumplan con estándares de secado, se envían nuevamente a centrifugación (Figura 44) el cual elimina el exceso de humedad. Por lo que se obtiene un producto que puede ser comercializado.



Figura 44. Proceso de secado

5.1.6 COMPACTADO

Los polímeros: PP de extracción y BOPP, son los únicos que antes de un proceso de lavado, se envían a compactar, por medio de maquinaria con la finalidad de obtener el materia compactado (Figura 45 y 46)



Figura 45. PP de extrusión compactado



Figura 46. BOPP compactado

5.1.7 PELETIZADO

Una vez que el polímero se encuentra terminado, en algún caso puede ser llevado a paletización, esto depende de la orden de venta como es el caso de; HDPE y PS (Figura 47 y 48), por lo que no todo el polímero llega a proceso de paletización.



Figura 47. Paletizado de HDPE



Figura 48. Paletizado de PS

Cabe destacar que en Eclipse polímeros S.A de C.V., es fundamental llevar a proceso de paletización PP en sus diferentes presentaciones; natural, blanco, rojo, verde, naranja, azul, amarillo (Figura 49,50,51,52,53,54,55).



Figura 49. PP natural paletizado



Figura 50. PP blanco paletizado



Figura 51. PP rojo paletizado



Figura 52. PP verde paletizado

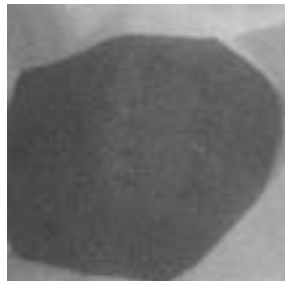


Figura 53. PP naranja paletizado

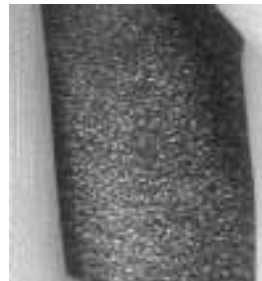


Figura 54. PP azul paletizado



Figura 55. PP amarillo paletizado

Como a su vez, se lleva a proceso de paletización merma interna producida, durante la fabricación de popote. Es de suma importancia que dichas mermas, no presente contaminación, como también diferentes polímeros a paletizar, debido a que estos pueden provocar un taponamiento en maquinaria de paletizado (Figura 56)



Figura 56. Contaminación en proceso de paletizado

5.2 FABRICACIÓN DE POPOTES

Para la fabricación de popotes se empleó PP reciclado (paletizado), este se inspecciona con la finalidad de reducir contaminaciones (Figura 57), si este llega a presentar alguna contaminación puede generar un exceso de merma en producción. El PP es mezclado con los demás componentes requeridos (Figura 58), para su proceso. Posteriormente la mezcla se llevó a maquinaria donde se controla temperatura, medida, cortador y velocidad, el cual nos permite tener un popote de calidad (Figura 59) estas llegan a variar debido al popote a fabricar.



Figura 57. PP paletizado



Figura 58. Mezcla de PP



Figura 59. Control de temperatura y velocidad

5.2.1 PROCESAMIENTO FÍSICO

Durante el proceso de fabricación se verificó estándares de calidad como: Medida, temperatura, velocidad, cortador, peso por unidad de popote, diámetro del popote, color (Figura 60,61,62), estas varían dependiendo la orden del cliente. Estos estándares se manejan para sus diferentes presentaciones en cuanto al popote; liso, rayado, cervecero, gerbero, removedor estriado, soporte para globo, estuchado y popote cuchara (Figura 63,64,65,66,67,68,69,70).

Cabe destacar, que Eclipse polímeros S.A de C.V. se llevó a la contribución y elaboración de popote degradable, bajo la norma ASTM D5511 con la finalidad de contribuir de una mejor manera con el medio ambiente, dicho popote cumple con características indispensables para el consumidor (Figura 71).



Figura 60. Peso por unidad



Figura 61. Diámetro de popote



Figura 62. Colores establecidos



Figura 63. Popote liso



Figura 64. Popote rayado

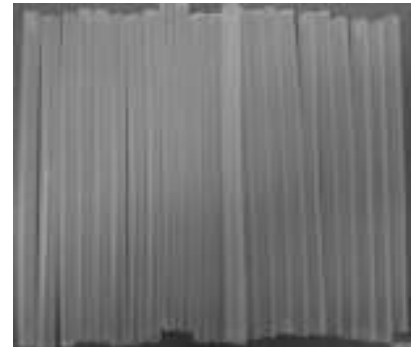


Figura 65. Popote cervecero



Figura 66. Popote gerbero



Figura 67. Removedor estriado



Figura 68. Soporte para globo

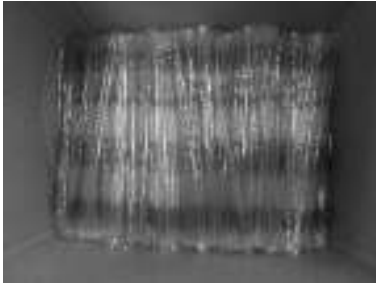


Figura 69. Popote estuchado



Figura 70. Popote cuchara

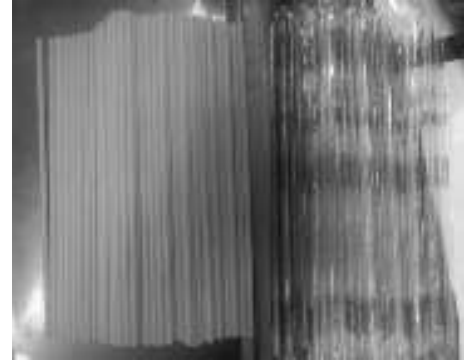


Figura 71. Popote degradable

El popote en una de sus presentaciones azul, neones, blanco y natural es requerido estuchado, este generalmente se maneja con maquinaria (Figura 72). Durante este proceso se verificó que el estuchado se maneje adecuadamente, por lo que este no debe presentar regímenes inadecuados como son quemaduras en las orillas del estuche, rasgaduras o popotes pequeños adheridos (Figura 73)



Figura. 72 maquinaria para estuchar



Figura 73. Estuchado inadecuado

5.2.2 CONTROL DE CALIDAD PARA OBTENER PRODUCTO TERMINADO

Ante un proceso de fabricación, en popote de diferente calibre se controla nuevamente estándares de calidad; proceso de mezclar el polímero, como supervisar y controlar la máquina.

Con la finalidad de tener un mejor control en la fabricación de popotes, se llevó a cabo la elaboración de fichas técnicas donde destaca el procedimiento en cada popote en sus diferentes presentaciones. A su vez esta nos permitió mantener informados al cliente. Cabe destacar que dicha información requerida en la ficha técnica, únicamente se maneja de empresa a cliente. En esta destaca el cumplimiento de la NMX-E-263-CNCP-2016 y actualmente la norma ASTM D5511.

5.2.3 MERMA POS-INDUSTRIAL

Debido a que en ocasiones se llega a la fabricación de popotes con estándares de calidad no deseada (Figura 74,75,76,77) este es reciclado de tal manera que se vuelva a general su utilidad (merma). Dicha merma fue llevada a molienda posteriormente a lavado y para finalizar a proceso de paletización, el cual nos permite reutilizar dicho material nuevamente.

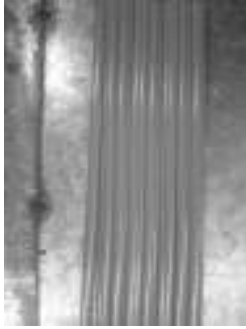


Figura 74. Popote contaminado

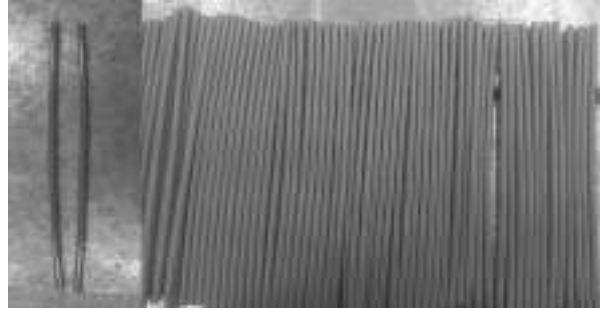


Figura 75 Popote chueco

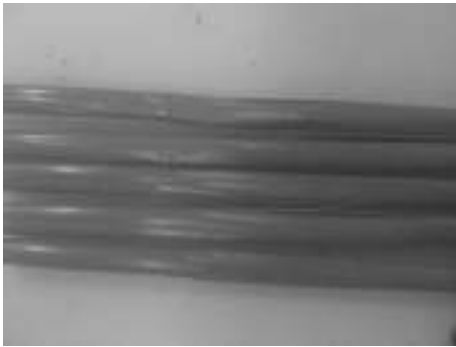


Figura 76. Popote quebrado



Figura 77. Popote desnivelado

Como la merma interna producida durante la fabricación de popote (Figura 78) es llevada a procesos diferente esta debe cumplir con la clasificación de colores adecuadamente; Blanco, natural, rojo, naranja, rosa y amarillo, verde y azul. Esta clasificación se llevó a cabo con la finalidad de obtener un producto reciclable de utilidad.



Figura 78. Mermas a paletizar

5.2.4 PRODUCTO TERMINADO

El producto cumple con los regímenes de calidad decesos, este es colocado en pacas o en cajas según su presentación (Figura 79,80) por lo que este es almacenado. Para llevar a su almacenamiento el empaque debe cumplir con el etiquetado; nombre del producto, nombre del fabricante, dirección de la planta y lote. Una vez que cumple las normas establecidas por la empresa los popotes en sus diferentes presentaciones salen a venta (Figura 81)



Figura 79. Pacas de producto terminado



Figura 79. Cajas de producto terminado



Figura 81. Salida de popote terminado

VI. CONCLUSIÓN

En el presente trabajo a lo largo de cuatro meses, se logró reciclar polímeros como; PET, PEAD, PEBD, PP, PE-I, BE, BOPP y PS obteniendo una adecuada molienda de estos de aproximadamente 186632 toneladas, debido a que en las instalaciones de Eclipse polímeros S.A de C.V no siempre los polímeros llegan al área de lavado, por peticiones del cliente. A si mismo se logró obtener un producto terminado (lavado) de aproximadamente 230868. Durante el proceso de paletizado se obtuvo aproximadamente 19915 toneladas. Es importante mencionar que durante nuevo proceso; molienda, lavado, compactado y paletización se llevó a cabo en primer lugar la descontaminación de maquinaria con la finalidad de evitar contaminaciones.

Durante el proceso de lavado se comprobó que la separación de PET/PP es posible. Siempre y cuando se controlen ciertas características del entorno en el que se desee hacer la separación. Es de suma importancia tomar en cuenta el tamaño y la forma de estos polímeros, ya que nos permite establecer cantidades en la solución empleada a esta separación.

Se llevó a cabo prueba de polímeros con la finalidad de analizar el material con el que se deseaba trabajar, como conclusión se realizó una prueba por flotación, la cual sirvo para observar si el material que entra a las instalaciones de Eclipse polímeros S.A de C.V., se presenta contaminado. A su vez en la prueba de olor; nos permitió la identificación de polímero/olor se obtuvo resultados favorables tales como; PET/Dulce, PP/Cera con aceite, Bidón/ Cera y madera, PE-E/ Cera, HDPE/Cera aceitosa, PS/Aceite.

Durante la fabricación de popote a base de polímero reciclado, se llevó un control de calidad que nos permitió tener un mejor control en dicha área; este se llevó a cabo en la elaboración de fichas técnicas las cuales se manejaron en la diversidad de sus presentaciones. También se controló merma producida en exceso durante la fabricación de popote. Se obtuvo un popote con estándares de calidad, permitiendo que el producto sea deseable para el consumidor.

Cabe destacar que, durante el proyecto ejercido, se llevó a la elaboración de popote degradable a base de semilla de aguacate, como a su vez se elabora popote con aditivo orgánico el cual se rige bajo la norma ASTM D5511 con la finalidad de contribuir de mejor manera con el medio ambiente, el cual cumple con regímenes de calidad similares a las de un popote convencional.

El presente trabajo se recomienda para una producción en serie para pequeñas y medianas empresas.

VII. LITERATURA CITADA

Arévalo N. K. et al (1996) Starch-based extruded plastics films and evaluation of their biodegradable properties. *Biodegradation*. Vol.7 pp.231-237.

Breslin, V.T. y R.L. Swanson. 1993. Deterioration of starch-plastics composites in the environment. *Air & Waste*. 43: 325-335.

Friedman, 1900;1982. *Arabia* pp. 6-12

G. A. Marqués, J. Soares. 'Use of froth flotation too separate PVC/PET mixtures', *Waste Management*, 2000, pp 265-269.

Huang, S-J. 1995. Polymer waste management-biodegradation, incineration, and recycling. *J.MacromoL Sci.-Pure AppL Chem*. 32: 593-597.

INEGI. Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2011 (CNGMD). INEGI. México. 2013

J. Drelich, J.H. Kim, T. Payne, J.D. Miller y R.W Kobler, 'Purification of polyethylene terephthalate from polyvinyl chloride by froth flotation for the plastics (soft-drink bottle) recycling industry', *Separation and Purification Technology*, 1999, pp 9-17.

Norma ASTM D5511

NMX-E-263-CNCP-2016

Pennisi, E. 1993. Chitin craze. *Science News*. 144: 72-74.

Seymour Raimond B. y Carraher Charles E. Jr. *Introducción a la Química de Polímeros*. Editorial Reverté: Nueva York, 2002.

WittcofT, HA. y B.G. Reuben. 1985. Como se obtienen los polímeros. Cap. 4. En: " *Productos Químicos Orgánicos Industriales VoL 1: Materias Primas y Fabricación*. LIMUSA, Méx. D.F. pp. 183-240.