

Evaluación de la factibilidad técnica de la implementación de una corriente de plástico de baja y alta densidad reciclado en el proceso productivo de polietileno virgen en las plantas de la refinería de Barrancabermeja

Cesar Augusto Soledad Abella

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniería de Procesos de Refinación y Petroquímicos

Director

Gustavo Emilio Ramírez Caballero

Ph.D. Materials science and engineering

Co-Director

Edgar José Padilla Cadena

M. sC. Ingeniería química

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Ingeniería Química

Bucaramanga

2022

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a las personas que son importantes en mi vida y que me apoyaron y dieron ánimo en cada momento, cuando las fuerzas y la motivación se perdía.

A mi esposa y mi hija por compartir su tiempo entre mi estudio, trabajo y vida diaria, por su acompañamiento e impulso, mi esposa con su ayuda constante, a mi hija con sus sonrisas y palabras alentadoras “papa usted va a colorear vocales”. Mis padres, gracias por su apoyo, confianza y seguridad.

AGRADECIMIENTOS

Los más grandes agradecimientos al personal del Departamento de Inspección de calidad de la refinería de Barrancabermeja, personas con alto grado de conocimiento y experiencia en esta labor, al Ing. Luis Eduardo Basto Flórez, que entrego muchas horas de trabajo a la ejecución de pruebas y análisis para el desarrollo de este proyecto, fue pieza clave orientando el mejor rumbo de la investigación.

A la Ing. Yehily Paola Hernandez Cuevas y al Qco. Juan Carlos Gutierrez Camperos por su tiempo y conocimiento en la realización de pruebas al polietileno de alta densidad, que permitieron asegurar un análisis profundo del material para ejecutar nuestro proyecto.

A don German Calixto de Acoplasticos Santander, por su orientación, conocimiento, tiempo e información, todo en pro de ejecutar una idea para un bien común, de tanta gente, como son todos los usuarios de plásticos en Colombia.

A los docentes de la universidad industrial de Santander UIS por su conocimiento, experiencia y apoyo en la ejecución de este proyecto.

Muchas gracias.

Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Objetivos	14
1.1 Objetivo General	14
1.2 Objetivos Específicos	14
2. Estado del arte	15
3. Metodológica.....	19
3.1 Equipos a utilizar.....	21
3.2 Materiales	23
4. Resultados	29
4.1 Resultado de los espectros.....	34
4.2 Resultados análisis laboratorios de calidad refinería de Barrancabermeja	35
4.3 Resultados contenido de Cenizas	36
4.4 Resultados índices de Fluidez M.I	37
5. Conclusiones	39
Referencias	41
Apéndices	44

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Propiedades del Polietileno PEBD Polifen 640 prime.</i>	17
Tabla 2. <i>Propiedades del Polietileno PEBD Polifen 641 prime</i>	17
Tabla 3. <i>Muestras para análisis</i>	25
Tabla 4. <i>Resultados muestras polietileno de alta densidad reciclado con polietileno de baja densidad virgen, para análisis de color, silice, densidad, erukamida y M.</i>	29
Tabla 5. <i>Propiedades físicas de las mezclas</i>	35

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Diagrama de flujo</i>	21
Figura 2. <i>Trituradora de plástico</i>	22
Figura 3. <i>Polietilenos de baja densidad virgen</i>	24
Figura 4. <i>Polietileno de baja densidad reciclado</i>	24
Figura 5. <i>Polietileno de alta densidad reciclado</i>	25
Figura 6. <i>Muestras de polietileno de alta densidad reciclado.</i>	26
Figura 7. <i>Muestra color amarillo morado</i>	26
Figura 8. <i>Muestra color azul</i>	27
Figura 9. <i>Muestra color morado</i>	27
Figura 10. <i>Espectro de polietileno de baja densidad reciclado</i>	30
Figura 11. <i>Espectro 50% reciclado polietileno de baja densidad</i>	31
Figura 12. <i>Espectro 40% reciclado polietileno de baja densidad</i>	31
Figura 13. <i>Espectro 30% reciclado polietileno de baja densidad</i>	32
Figura 14. <i>Espectro 20% reciclado polietileno de baja densidad</i>	32
Figura 15. <i>Espectro 10% reciclado polietileno de baja densidad</i>	33
Figura 16. <i>Espectro polietileno de baja densidad polifen 641</i>	33
Figura 17. <i>Zona infrarroja de evaluación de mezclas</i>	34
Figura 18. <i>Variaciones del contenido de cenizas en las muestras</i>	36
Figura 19. <i>Variación del índice de fluidez</i>	37

Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Listado de asociaciones de recicladores en Barrancabermeja.....	44
Apéndice B. Listado códigos internos de generación de muestras polietileno de alta densidad...	45

Glosario

- **PEAD:** Polietileno de alta densidad.
- **PEBD:** Polietileno de baja densidad.
- **M.I:** Melt index, índice de fluidez del polietileno.
- **rPEAD:** Polietileno de alta densidad reciclado.
- **rPEBD:** Polietileno de baja densidad reciclado.
- **vPEBD:** Polietileno de baja densidad reciclado virgen.
- **pruebas DSC:** (calorimetría diferencial de barrido)
- **Polifen641:** Nombre comercial de la resina aditivada producida en la refinería de Barrancabermeja.

Resumen

Título: Evaluación de la factibilidad técnica de la implementación de una corriente de plástico de baja y alta densidad reciclado en el proceso productivo de polietileno virgen en las plantas de la refinería de Barrancabermeja*

Autor: Cesar Augusto Soledad Abella**

Palabras clave: Evaluación, factibilidad técnica, polietileno virgen, plásticos de un solo uso.

En este proyecto se realizó la evaluación técnica para la implementación de una corriente de plástico reciclado a la producción de polietileno virgen en las plantas de la refinería de Barrancabermeja. El proyecto inicia con la evaluación de los tipos de plástico objetivo, los cuales son polietileno de alta y baja densidad, encontrados en diferentes recipientes de uso diario en el mercado y bolsas de un solo uso para empaques de alimentos. Esta evaluación se realiza en el laboratorio de calidad de la refinería. Se evalúan los siguientes parámetros de calidad: análisis de M.I, densidad, color, contenido de ceniza, entre otros; todas estas pruebas se realizan siguiendo los estándares ASTM para polietileno.

Se analiza la materia prima idónea a utilizar. Esta materia prima no debe causar reducción en la composición y propiedades del polietileno virgen. Se identifica el porcentaje máximo a utilizar de los diferentes reciclados, variando desde un 10 hasta un 50% máximo en peso. Se evalúa el tipo de proceso post - consumo que estas materias primas deben tener para ser homogenizadas con la corriente de proceso. Se identifican los puntos de suministro y la capacidad de este reciclaje dentro de la ciudad y región. Se identifica la forma de evaluar satisfactoriamente la mezcla comparando los precios del reciclaje y del producto virgen, para encontrar la viabilidad económica de la nueva resina verde. Con esta nueva resina se participará en el mercado nacional y representará el compromiso de la empresa con el entorno y el medio ambiente.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Gustavo Emilio Ramírez Caballero. Director. Edgar José Padilla Cadena. Co-Director

Abstract

Title: Evaluation of the technical feasibility of the implementation of a stream of recycled low and high density plastic in the production process of virgin polyethylene in the Barrancabermeja refinery plants*

Author: Cesar Augusto Soledad Abella**

Keywords: Evaluation, technical feasibility, virgin polyethylene, single-use plastics.

In this project, the technical evaluation was carried out for the implementation of a current of recycled plastic for the production of virgin polyethylene in the Barrancabermeja refinery plants. The project begins with the evaluation of the target types of plastic, which are high and low density polyethylene, found in different containers for daily use in the market and single-use bags for food packaging. This evaluation is carried out in the quality laboratory of the refinery. The following quality parameters are evaluated: M.I analysis, density, color, ash content, among others; all of these tests are performed following the ASTM standards for polyethylene.

The ideal raw material to be used is analysed. This raw material must not cause a reduction in the composition and properties of the virgin polyethylene. The maximum percentage to be used of the different recycled materials is identified, varying from 10 to 50% maximum by weight. The type of post-consumption process that these raw materials must have to be homogenized with the process stream is evaluated. Supply points and capacities for this recycling within the city and region are identified. The way to satisfactorily evaluate the mixture is identified, comparing the prices of recycling and virgin product, to find the economic viability of the new green resin. With this new resin, it will participate in the national market and will represent the company's commitment to the surroundings and the environment.

* Degree work

** Faculty of Physicochemical Engineering, School of Chemical Engineering. Gustavo Emilio Ramirez Caballero. Director. Edgar Jose Padilla Cadena. Co-Director

Introducción

Las acciones diarias del hombre generan un alto nivel de estrés sobre los recursos naturales que el planeta tiene para ofrecer. Uno de los factores que más afecta el medio ambiente son los plásticos de un solo uso, por lo que en los últimos años se ha venido creando una conciencia colectiva en la que los consumidores han venido cambiando sus hábitos de uso.

Desde el año 2021 el uso de plásticos se ha disparado, no solo por el uso de miles de millones de mascarillas debido a la pandemia, sino también guantes, desechos médicos y empaques de comida para llevar. Su aumento ha sido tal que los sistemas de reciclaje han colapsado, generando contaminación en todo el entorno, miles de bolsas dispuestas en las calles de nuestras ciudades, según Forbes la industria del plástico en Colombia creció el 22.2 % frente al mismo periodo del 2020. (Tapia, 2022).

Con una producción de más de un millón de toneladas por año, la producción de plásticos en Colombia es una oportunidad de negocio para nuestra sociedad, pero como todo producto, debemos pensar en su destinación final o en cómo lo reusaremos para la generación de una economía circular, y la prolongación de la vida útil del mismo. (Sicex, 2019)

Si no se toman medidas, más del 70% de este plástico terminará tirado en océanos y vertederos, y hasta un 12% será quemado causando contaminación y enfermedad en las zonas más vulnerables de nuestro país.

Sin embargo, no se puede desconocer que el uso de los plásticos ha facilitado muchas de las actividades que desarrollamos diariamente; por ejemplo, con el uso de plásticos se ha reducido el peso de los embalajes, se ha logrado mejorar la vida útil de los alimentos, entre otras aplicaciones. Por lo tanto, no es dejar de usar los plásticos, es mejorar como los usamos, como disponemos de ellos, y para ello el primer y más importante paso; son los programas que se están

implementando de reciclaje en los que se busca reincorporar los plásticos como materia prima en diferentes tipos de industrias, aumentando así la sostenibilidad y circularidad de los procesos.

En Colombia se generan cerca de 12 millones de toneladas de basura al año, de las cuales se recicla en promedio un 16,5%. Cada día en el país se producen residuos por el orden de las 32.000 toneladas. En 2019, según datos de la Superintendencia de Servicios Públicos, la cifra total fue de 11,8 millones de toneladas.

En ese mismo periodo, el país consumió 1,4 millones de toneladas de plástico, de los cuales solo recicló el 20 %. Unas 770.000 toneladas corresponden a un uso corto, como empaques y envases. Y de esa cantidad, por lo menos 38.500 toneladas tienen que ver con elementos de un solo uso, como bolsas, platos, vasos y cubiertos desechables, además de pitillos.

Es así como el alcance de esta propuesta será el de evaluar la factibilidad del uso del plástico de alta y baja densidad reciclado dentro del procesamiento de polietileno virgen, la proporción del reciclaje escogido; así como la calidad y presentación de este material, con miras a contribuir así en la sostenibilidad y conciencia ambiental, al tiempo que se implementan economías circulares; no solamente para Ecopetrol S.A, sino también para las comunidades de recicladores que derivan su sustento de esta actividad.

Según datos del ministerio del medio ambiente para el 2030 los productores de plásticos deberán incorporar en sus producciones un máximo de 30% de resinas recicladas. (Minambiente, 2021).

¿Cuál será el tipo de plástico reciclado que cumpla con las características necesarias para mantener la calidad de la resina virgen? Esta respuesta la encontraremos con las pruebas que se realizaran a los dos tipos de reciclaje propuestos, polietilenos de alta y baja densidad, los cuales los encontraremos en los empaques de los productos básicos, los cuales son consumidos por un hogar colombiano, ¿Qué proporción será la más indicada para preservar las propiedades del producto

virgen? Su respuesta será obtenida de las pruebas ejecutadas al polímero escogido, variando las proporciones en peso del material reciclado, empezando en 10% y llegando a suministrar hasta un 50% en peso. Las propiedades para medir serán las más relevantes que los clientes de resinas vírgenes tienen como parámetros de calidad de la misma, los cuales serán en primera medida el índice de fluidez, la cantidad de cenizas en el material producto. Valores obtenidos en las pruebas de laboratorio de calidad de la refinería de Barrancabermeja.

La última pregunta que este proyecto contempla contestar es ¿Es factible económicamente adicionar este material reciclado a la producción de resina vírgenes? Y la misma será contestada con una revisión a los precios de resinas recicladas disponibles en el mercado, comparadas con el valor de la resina vendida por Ecopetrol S.A.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Estudiar el efecto de la implementación de una corriente de plástico reciclado en el proceso productivo de polietileno virgen en las plantas de la refinería de Barrancabermeja.

1.2 Objetivos Específicos

- Identificar las proporciones y el tipo de polietileno reciclado máximo que pueda adicionarse y cumpla con los parámetros de calidad del polietileno para la venta.
- Determinar el tipo de proceso que se requiere para que el polietileno reciclado pueda ser incluido en la producción de la planta.
- Evaluar económicamente la mezcla de polietileno reciclado con polietileno virgen producido.

2. Estado del arte

Durante décadas hemos usado los recursos naturales en pro del desarrollo de la humanidad, dentro de estos recursos está el petróleo, del cual elaboramos una infinidad de productos que poco a poco han sido mejorados, encontrando en ellos la solución de problemas básicos para la sociedad moderna. Uno de los más importantes por las soluciones que aportan, han sido los plásticos y dentro de estos está el polietileno, el cual es el de mayor producción a nivel mundial y se encuentra en cerca de 70.000 toneladas por año en cualquiera de sus presentaciones alta o baja densidad.

Este producto tiene diferentes usos y soluciona muchas necesidades como bajar el peso en el transporte de productos, mantener los alimentos por más tiempo en buen estado, transportar sustancias químicas de forma segura y que el agua limpia sea transportada a lugares más lejanos sin contaminarla.

Y como toda solución trae consigo un reto, el plástico está encontrando uno de sus mayores usos en la vida diaria de las personas en aplicaciones de un solo uso, después lo desechamos, siendo una gran fuente de contaminación al medio ambiente. El problema no han sido los plásticos, el asunto ha sido y seguirá siendo, como los usamos y como los incorporamos nuevamente a nuestra cadena productiva.

La gran durabilidad de los plásticos lo han hecho un producto estrella para múltiples aplicaciones, su bajo costo de producción y su masificada aceptación lo hacen parte del panorama que a diario vemos tanto en las calles, almacenes, basureros y hasta en el océano. Con solo el 17% del reciclado de estos plásticos de un solo uso, hay un gran escenario para aportar a las diferentes formas de como reusarlo, retornándolo a la cadena de valor y hacer que su duración sea productiva y que no se convierta en un desecho, cuyo valor es altísimo al momento de compararlo con el coste de tratarlo en un relleno sanitario.

El objetivo de este trabajo de investigación será el encontrar la calidad y la proporción idónea de producto reciclado de alta o baja densidad que podrá adicionarse a la producción de polietileno de baja densidad virgen **vPEBD** que producen las plantas de la refinería de Ecopetrol S.A ubicadas en la ciudad de Barrancabermeja, sin que se ocasionen variaciones en la calidad del producto final que se vende a los clientes habituales.

Para tal fin se tendrán presentes las proporciones planteadas por otras investigaciones, las cuales irán entre el 10% y el 50% de contenido en peso, definiendo al final del proyecto la proporción y tipo de reciclado idóneo, para que los parámetros de calidad no se afecten y el producto sea de plena satisfacción de los empresarios que realizan la compra de este. Los parámetros más relevantes para los clientes de Ecopetrol SA son índices de fluidez, pigmentación, contenido de ceniza, densidad, los cuales se convertirán en las variables respuesta que se evaluarán en este trabajo, al igual que la valoración por modelo de evaluación de la mezcla.

Hay varios trabajos en los que se han evaluado diferentes factores que podrían considerarse críticos a la hora de determinar desde un punto de vista técnico, el uso de plástico reciclado de alta y baja densidad.

Por ejemplo, Quezada (2016), evaluó el impacto que tienen diferentes relaciones de material reciclado y polietileno virgen sobre la calidad del polietileno producido en planta. Específicamente, él estudió cómo se modifican la resistencia a la tracción, alargamiento a la rotura, límite de fluencia, módulo de Young, resistencia al rasgado y *melt index*, conforme se modifica el porcentaje de polietileno reciclado. A partir de los resultados obtenidos, Quezada observó que existía una disminución de todas las propiedades a medida que se aumentó el contenido de material reciclado en las mezclas; él explica que este comportamiento se debe a que el polietileno se degrada durante su uso y posterior proceso de reciclaje, produciéndose corte de cadenas y ramificación.

Finalmente, Quezada (2016) propuso una ecuación para relacionar el melt Flow index con el porcentaje de polietileno reciclado.

Para este trabajo, las propiedades que se evaluarán serán los parámetros de calidad existentes en el mercado que atiende la refinería de Barrancabermeja, los cuales están avalados por el laboratorio certificado bajo expedición de formato de calidad, los cuales se evidencian en las tablas 1 para resina 640 y tabla 2 para resina 641, mostradas a continuación.

Tabla 1. *Propiedades del Polietileno PEBD Polifen 640 prime.*

PROPIEDADES / CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN
Color	N/A	ASTM D6290	≥ 55
Contaminación	N/A	DOW OP 01	
Grande			≤ 1,3
Mediana			≤ 2,0
Pequeña			≤ 2,5
Densidad a 23 °C	g/ml	ASTM D792	0,9195 - 0,9235
Granulación (malla 6-8)	g/100g	ASTM D 1921	93
Geles	N/A	ASTM D 3351	
Grande			≤ 4
Mediana			≤ 19
Pequeña			≤ 75
Índice de fusión, MI	g/10 min	ASTM D1238	1,70 - 2,30

Tabla 2. *Propiedades del Polietileno PEBD Polifen 641 prime*

PROPIEDADES / CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN
Color	N/A	ASTM D6290	≥ 55
Contaminación	N/A	DOW OP 01	
Grande			≤ 1,3
Mediana			≤ 2,0
Pequeña			≤ 2,5
Densidad a 23 °C	g/ml	ASTM D792	0,9203 - 0,9243
Granulación (malla 6-8)	g/100g	ASTM D 1921	93
Geles	N/A	ASTM D 3351	
Grande			≤ 4
Mediana			≤ 19
Pequeña			≤ 75
Índice de fusión, MI	g/10 min	ASTM D1238	1,70 - 2,30
Aditivo deslizante, erucamida	mg/Kg	DOW OP32	598 - 808
Aditivo antibloqueo, silice	mg/Kg	ASTM D5630	1069 -1444

Por su parte Franco-Urquiza y Maspoch (2017), realizaron un estudio en el que evaluaron las propiedades mecánicas de nuevos materiales producidos con mezclas de poliestireno (PS) y diferentes porcentajes de polietileno de baja densidad (PEBD) reciclados. La evaluación mecánica se realizó en función del contenido de PEBD reciclado (5, 7,5, 15, 25 y 35% en peso) y del número de pasos por extrusión mono - husillo. Los autores apreciaron una disminución de la rigidez y la resistencia del PS al añadir el residuo de PEBD, aunque la ductilidad del PS se vio favorecida, lo cual se adjudicó a la naturaleza intrínseca de ambos materiales. Así mismo, los autores encontraron que un segundo paso por extrusión mono husillo permitió mejorar la dispersión del residuo dentro del PS, aumentando la ductilidad

ad de las mezclas reprocesadas sin afectar la rigidez y la resistencia.

También Real (2009) estudió el impacto que tiene la mezcla de polietileno reciclado con poliolefinas (de baja y alta densidad) en proporciones de hasta 75:25 (p:p), sin uso de compatibilizante. Las mezclas fueron preparadas por extrusión doble-husillo, para posteriormente fabricar láminas de 0,7mm de espesor (nominal) mediante extrusión calandrado. El autor evaluó las propiedades térmicas (DSC), reológicas (RDA), termo-mecánicas dinámicas (DMTA), mecánicas (ensayos de tracción) y comportamiento a fractura a través de la técnica de trabajo esencial de fractura (EWF). Los resultados obtenidos por el autor mostraron que las mezclas no generan una mejoría en las propiedades evaluadas del material producido, el autor menciona que este resultado puede deberse a la falta de un aditivo compatibilizante.

3. Metodológica

Para lograr desarrollar el objetivo general de este proyecto, se mantendrá un estrecho contacto con el laboratorio de calidad de la refinería de Barrancabermeja, el cual realizara los análisis necesarios para medir las variables clave en las mezclas ejecutadas entre polímeros virgen y reciclados, estos análisis se desarrollarán dentro de los estándares establecidos por los procedimientos de calidad de resinas plásticas.

Los objetivos específicos se desarrollarán en 3 etapas que se llevarán a cabo en el siguiente orden:

Etapas 1

Esta etapa se relaciona con muestras y pruebas que serán analizadas en los laboratorios de la refinería de Barrancabermeja, donde mezclaremos polietileno de baja densidad, sacado de lotes de producción, con polietilenos de baja y alta densidad reciclados para desarrollar análisis de densidad, índice de fluidez y cenizas, todos los análisis serán ejecutados bajo los parámetros y procedimientos establecidos y estandarizados por el laboratorio de calidad certificado al interior de la refinería de Barrancabermeja.

Los análisis estarán definidos sobre las metodologías ASTM D1238, para cumplir índice de flujo; índice de cizalladura y viscosidad. Pruebas ASTM D6290 para los índices de Blancura e índice de amarillez. ASTM D5630 para los análisis de cenizas.

Después de comparar los resultados para las mezclas de polietileno virgen con polímeros reciclados, se definirá el tipo de polímero y su proporción adecuada para mantener los parámetros de calidad del polietileno producto.

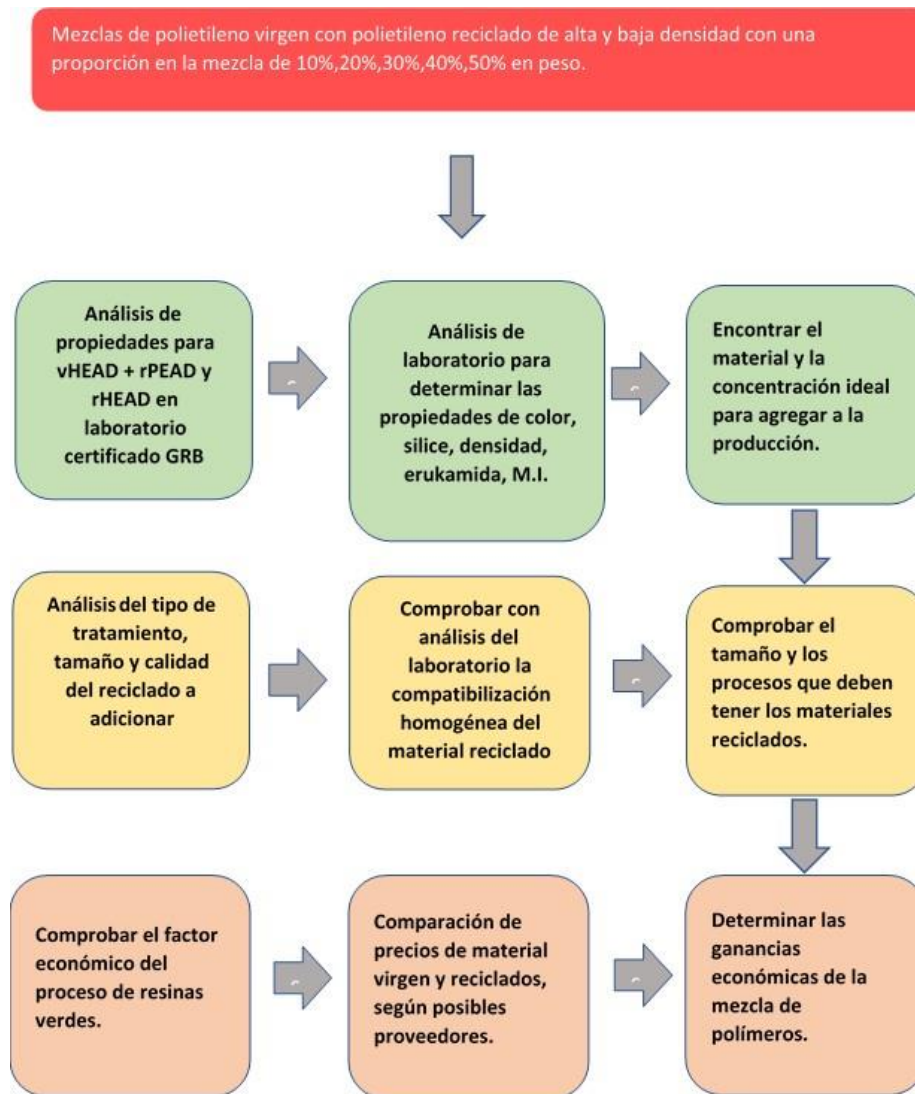
Etapa 2

la etapa dos confirmará la presentación en tamaño, y procesos adecuados que deberá tener el producto reciclado al momento de ser adicionado a la producción de la planta de polietileno de la refinería, el procedimiento de limpieza de este material será fundamental para asegurar su mezcla y su fundición con los parámetros de operación de la planta. Para el polietileno de baja densidad reciclado se definirá si con solo aglutinado bastara para poder adicionarlo, o si se deberá pelletizar.

Etapa 3

Se evaluará el beneficio económico de la adición de material reciclado con producción virgen en cuanto volúmenes y calidades de este material, facilidades de entrega de este en el área de influencia de la refinería, las facilidades del proceso de reciclaje en la ciudad de Barrancabermeja, los beneficios en cuanto a economía circular, recuperación de estos materiales de un solo uso, beneficios al medio ambiente, todo basado en el esquema de costos de las unidades productivas y las normatividades legales.

En la figura 1 mostraremos la secuencia de pasos para la ejecución de las pruebas y resultados de este proyecto.

Figura 1. Diagrama de flujo

3.1 Equipos a utilizar

- -Trituradora de plástico de un solo eje: Mostrada en la figura 2. Este equipo fue construido específicamente para este proyecto, ya que en la actualidad no se cuenta con maquina pequeñas para el triturado de plásticos de reciclaje, ya que se rentabilidad es mínima, esta máquina está construida con un motor eléctrico de 5 HP, a 110 voltios, con un reductor de engranajes con relación de 5:1, y una caja de cuchillas de 21 elementos, dispuestos en un solo eje, con tolva de alimentación

y rejillas con orificios redondos de 0,5 mm de diámetro, para conseguir un material igual o muy similar al tamaño del pellet procesado en las plantas de la refinería.

- Plastómetro con sistema de peso seleccionable Tinius Olsen Mp1200: mostrado en la figura 3, Cumple los parámetros de la norma ASTM D1238, ISO 1133-1 e ISO 1133-2. Temperatura máxima de operación de 450 grados centígrados, con una variación de 0,1 grados, control de temperatura PID, realizada a través de RTD.
- Extrusora Wayne: Mostrada en la figura 4. Extrusora Wayne 25:1 de 1"; Enfriado por aire; Disco de ruptura; Temperatura de fusión, Motor de CC de 3 HP y accionamiento Monofásico de 220 voltios, 30 AMP, CON Master Flex LLD de 6", Rango de matriz de 40 hojas de 0 a 0,040, Línea de hoja Wayne monofásica de 220 voltios, 8,1/2" de ancho x 6" diá. Rollos – Uniones rotativas – Rollo de tracción – 3/4 HP Winder D.C. – 220 voltios – 1 fase.

Figura 2. Trituradora de plástico



Los cuales se encuentran en el laboratorio de calidad certificado al interior de la gerencia refinera de Barrancabermeja. Allí se medirá índice de cenizas, densidad de la mezcla, índice de fluidez, viscosidad, índice de cizalladura y color al material de reciclaje seleccionado.

Asimismo, se analizarán los resultados y se determinará las cantidades y el tipo de reciclaje más adecuado para la ejecución de la propuesta, de igual manera se efectuarán pruebas de DSC para comprobar que no cambie los puntos de fusión del nuevo producto, para que no se vea afectado los procesos productivos de los clientes de la nueva resina.

Las pruebas DSC (calorimetría diferencial de barrido) se realizarán en el campus de la Universidad Industrial de Santander UIS, ubicados en la ciudad de Bucaramanga. Otras muestras más serán analizadas en las instalaciones de calidad de la empresa Esentia, filial de Ecopetrol S.A, los cuales cuentan con una amplia experiencia en mezclas de polímeros. Estas pruebas se aplicarán a las muestras de reciclaje escogidos para el proyecto, con el fin de revisar si no existen en la mezcla un componente de polietileno de otra densidad o algún tipo de otros polímeros, con el fin de que estas se deben fundir dentro de la extrusora de cada planta.

3.2 Materiales

Los materiales utilizados serán los siguientes:

- Polietileno de baja densidad virgen de la producción de las plantas en la refinera de Barrancabermeja, mostrado en la figura 3.

Figura 3. *Polietilenos de baja densidad virgen*



- Polietileno de baja densidad reciclado: mostrado en la figura 4, el cual fue comprado a un reciclador local quien lo entrega aglutinado. Este mismo producto se pasa por la trituradora de plástico para obtener el tamaño ideal para la mezcla, este tamaño esta alrededor de 5 mm de diámetro.

Figura 4. *Polietileno de baja densidad reciclado*



- Polietileno de alta densidad reciclado, mostrado en la figura 5, el cual se obtuvo del reciclaje de un hogar por el espacio de un año, siendo parte de esta tarea los recipientes de uso cotidiano como

los son tarros de talcos, envases de suavizantes de ropa, límpido, yogurt, jugos procesados, y demás recipientes marcados con el # 4 el cual corresponden a PEAD.

Figura 5. *Polietileno de alta densidad reciclado*



Las muestras que serán enviadas a análisis están relacionadas en la tabla 3, corresponden a cada uno de los siguientes productos:

Tabla 3. *Muestras para análisis*

#	Tipo de muestra
1	Plástico tipo dos, blanco y transparente
2	Plástico tipo dos, varios colores
3	Plástico tipo dos, azul
4	Plástico tipo dos, morado
8	Bolsas plásticas transparentes (HEAD)
11	Plástico tipo dos Blanco

La forma como serán enviadas estas muestras se evidencia en la figura 6, donde se empaclaron y etiquetaron los diferentes productos para su análisis

Figura 6. *Muestras de polietileno de alta densidad reciclado.*

El primer paso para el desarrollo del proyecto será el de encontrar el tipo de reciclaje adecuado para mantener las propiedades del polietileno virgen de producción de las plantas de la refinería. Se realizó una primera selección para reducir las opciones al polietileno de alta y baja densidad reciclados. El análisis comenzará con el polietileno de alta densidad para valorar sus condiciones y aportes a las propiedades objetivo de calidad.

En la figura 7, mostrada a continuación observamos las probetas realizadas para el análisis, esta mezcla se realiza solo hasta el 30% debido al poco uso de este color en envases de productos.

Figura 7. *Muestra color amarillo morado*

En la figura 8 se evidencia las probetas de las mezclas de producto virgen con el reciclado azul, el cual se llevó hasta proporciones de 50% en peso, ya que este material se encuentra en mayor número de empaques.

Figura 8. *Muestra color azul*



En la figura 9 observamos las mismas proporciones, esta vez con el color morado, muy presente en varios productos de uso cotidiano.

Figura 9. *Muestra color morado*



De igual manera se analizaron otros diferentes colores en proporciones más pequeñas, todas se analizaron en los valores planteados de 10, 20, 30, 40 y 50% en peso, y se ejecutaron los análisis correspondientes, los resultados se muestran en la tabla 4.

4. Resultados

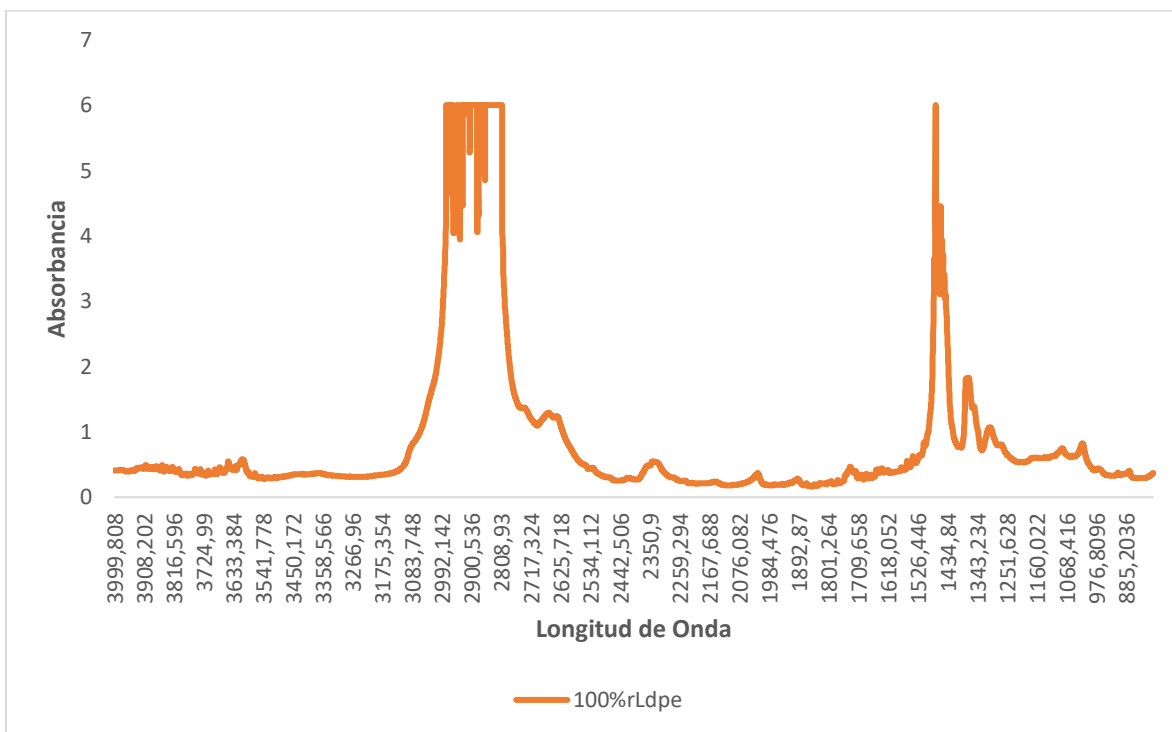
Tabla 4. *Resultados muestras polietileno de alta densidad reciclado con polietileno de baja densidad virgen, para análisis de color, silice, densidad, erukamida y M.I.*

Muestra / Analisis	10% Amarillo Morado	20% Amarillo Morado	20% Verde	30% Amarillo Morado	30% Verde	10% Morado	20% Morado	30% Morado	40% Morado	50% Morado	10% Azul	20% Azul	30% Azul	40% Azul	50% Azul
Color	34,49	28,4	40,5	20,41	22,47	91,5	103,79	121,95	116,2	125,13	63,68	111,19	119,26	136,81	160,46
Silice	1287	1151	1198	1182	1185	1564	2010	2092	3104	3364	1308	1502	1505	1879	1950
Densidad	0,9257	0,9287	0,9239	0,9304	0,9324	0,9264	0,9309	0,933	0,9349	0,936	0,9237	0,9256	0,926	0,9512	0,9515
Eruka	715	677	705	695	697	920	1182	1230	1724	1869	727	766	840	1044	1083
M.I.		1.13	1.26	0,9	1.04	1.83	1,69	1,38	0,54	0,35	1,87	1,74	1,47	1,22	1,02

Continuando con los análisis para encontrar el tipo de reciclaje adecuado, se proseguirá con el análisis del polietileno de baja densidad reciclado, mezclado con polietileno de baja densidad virgen. Los análisis serán basados en los estándares establecidos para plásticos, los cuales se encuentran estandarizados en el laboratorio de calidad.

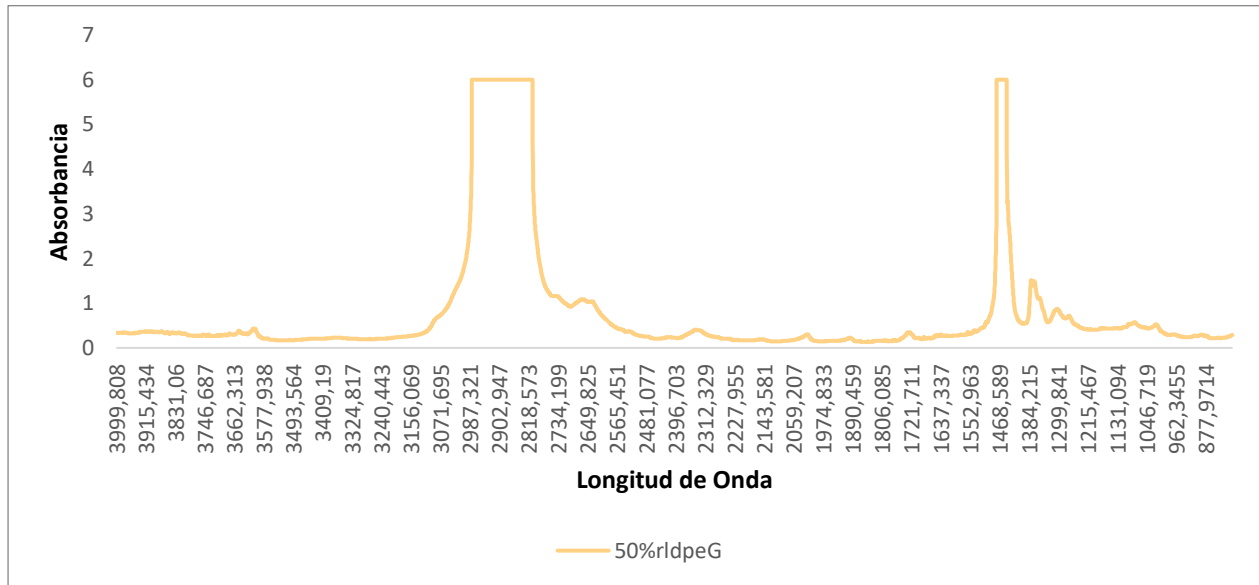
Adicional se les realizara infrarrojo a las mezclas de baja densidad, para encontrar la afinidad ideal de productos y proporciones, en la figura 10 se observa el espectro generado por la muestra de PEBD 100% de reciclaje.

Figura 10. *Espectro de polietileno de baja densidad reciclado*



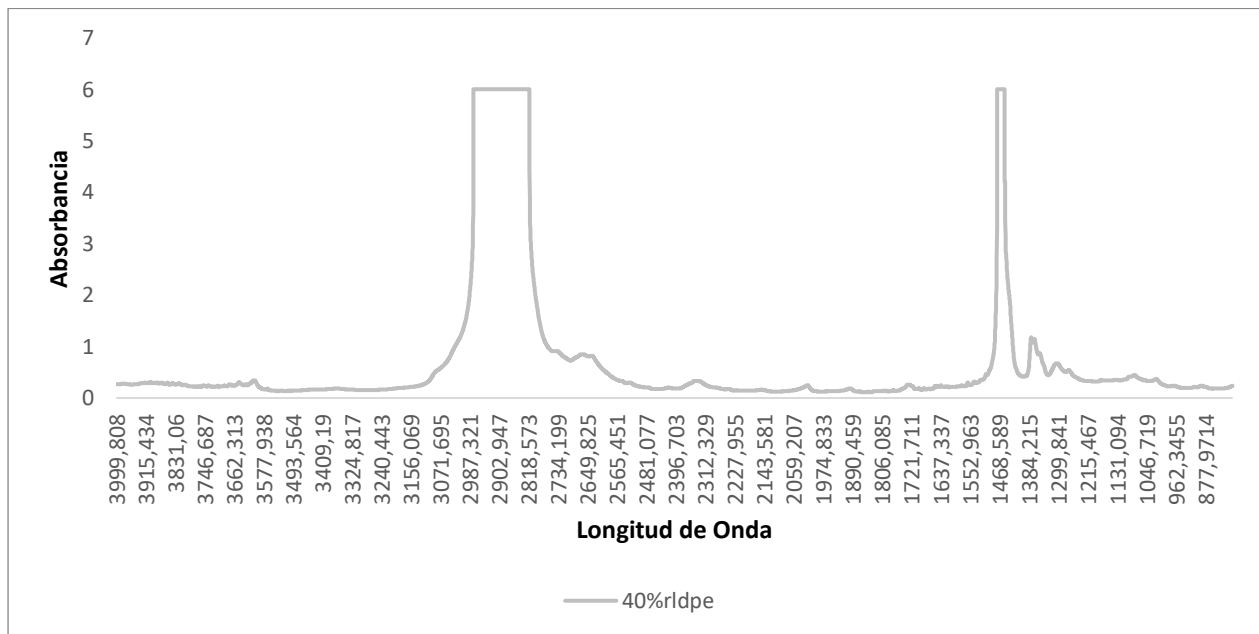
La figura 11 corresponde al espectro generado por el polietileno de baja densidad reciclado en una proporción de 50% en peso con polietileno virgen.

Figura 11. *Espectro 50% reciclado polietileno de baja densidad*



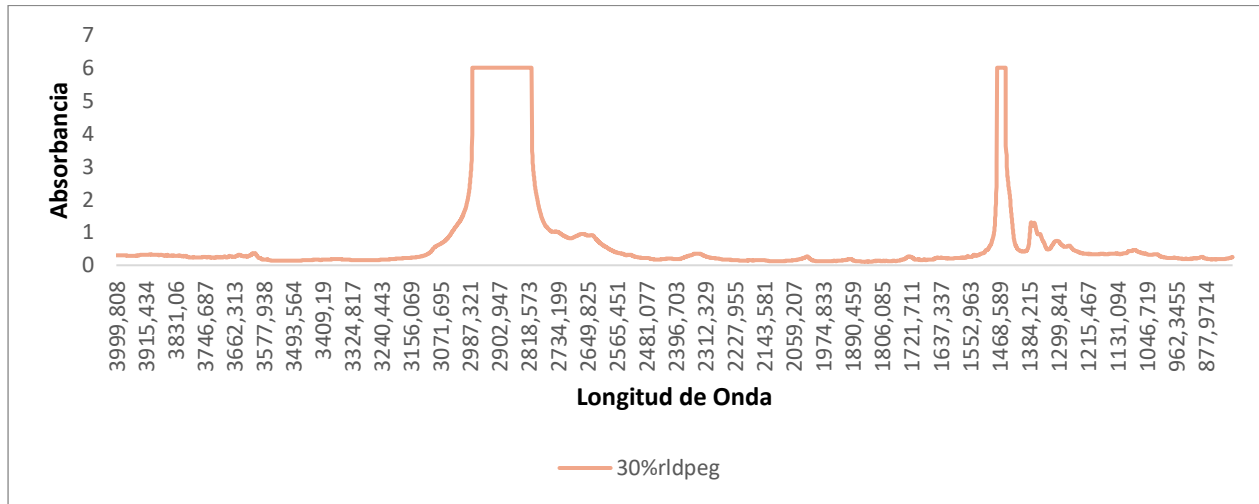
En la figura 12 se observa los valores del espectro generado por la muestra con un 40% en peso de adición al polietileno virgen.

Figura 12. *Espectro 40% reciclado polietileno de baja densidad*



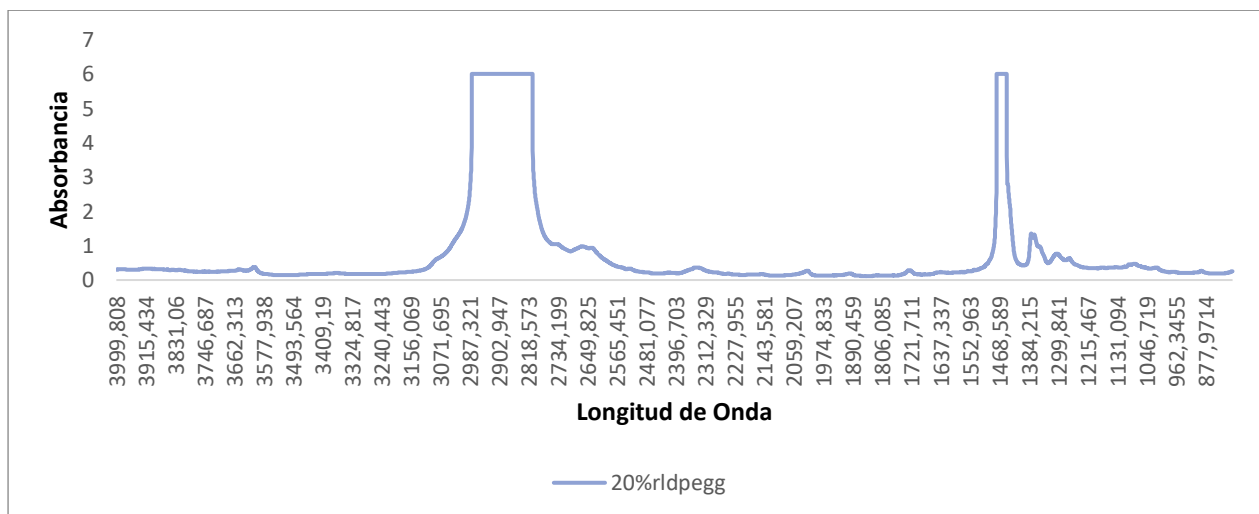
La figura 13 muestra el espectro generado por la mezcla de polietileno virgen con un 30% de reciclaje.

Figura 13. *Espectro 30% reciclado polietileno de baja densidad*



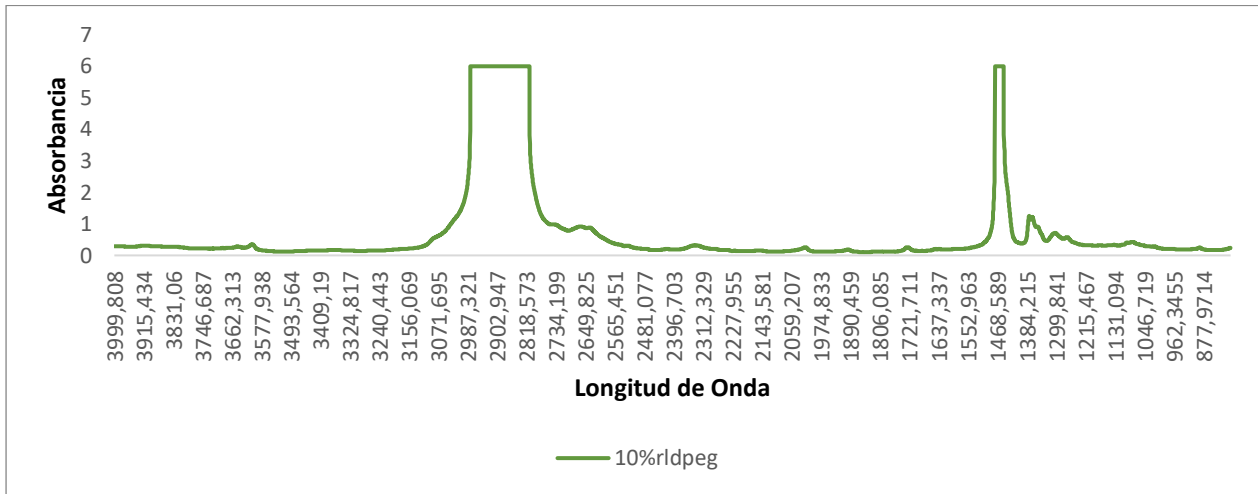
La figura 14 nos deja ver el espectro que genera una muestra de polietileno virgen con un 20% de reciclaje de polietileno de baja densidad.

Figura 14. *Espectro 20% reciclado polietileno de baja densidad*



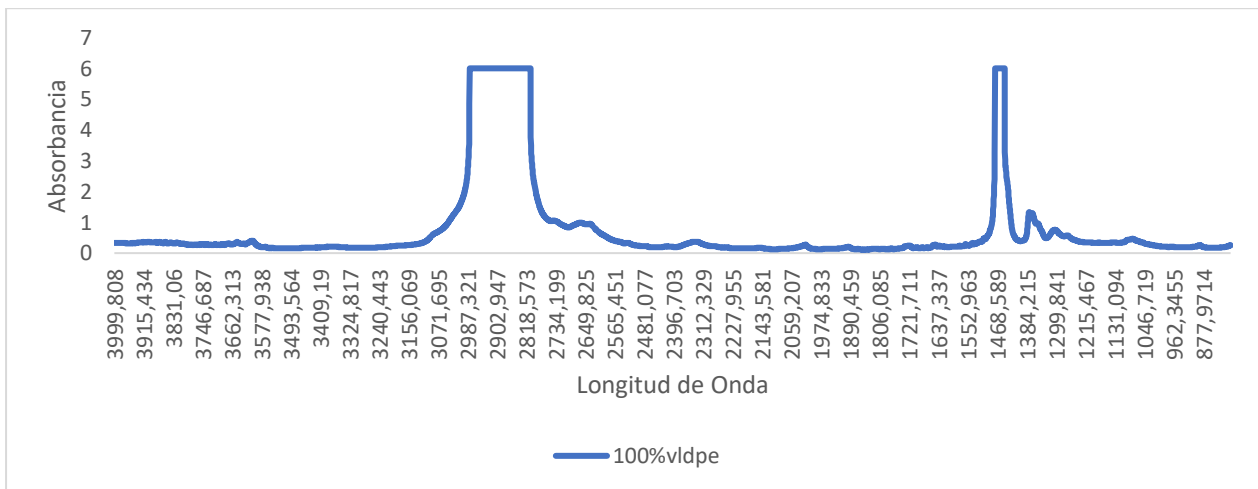
En la figura 15 observamos el espectro generado por la muestra con un contenido de 10% en peso de material reciclado

Figura 15. *Espectro 10% reciclado polietileno de baja densidad*



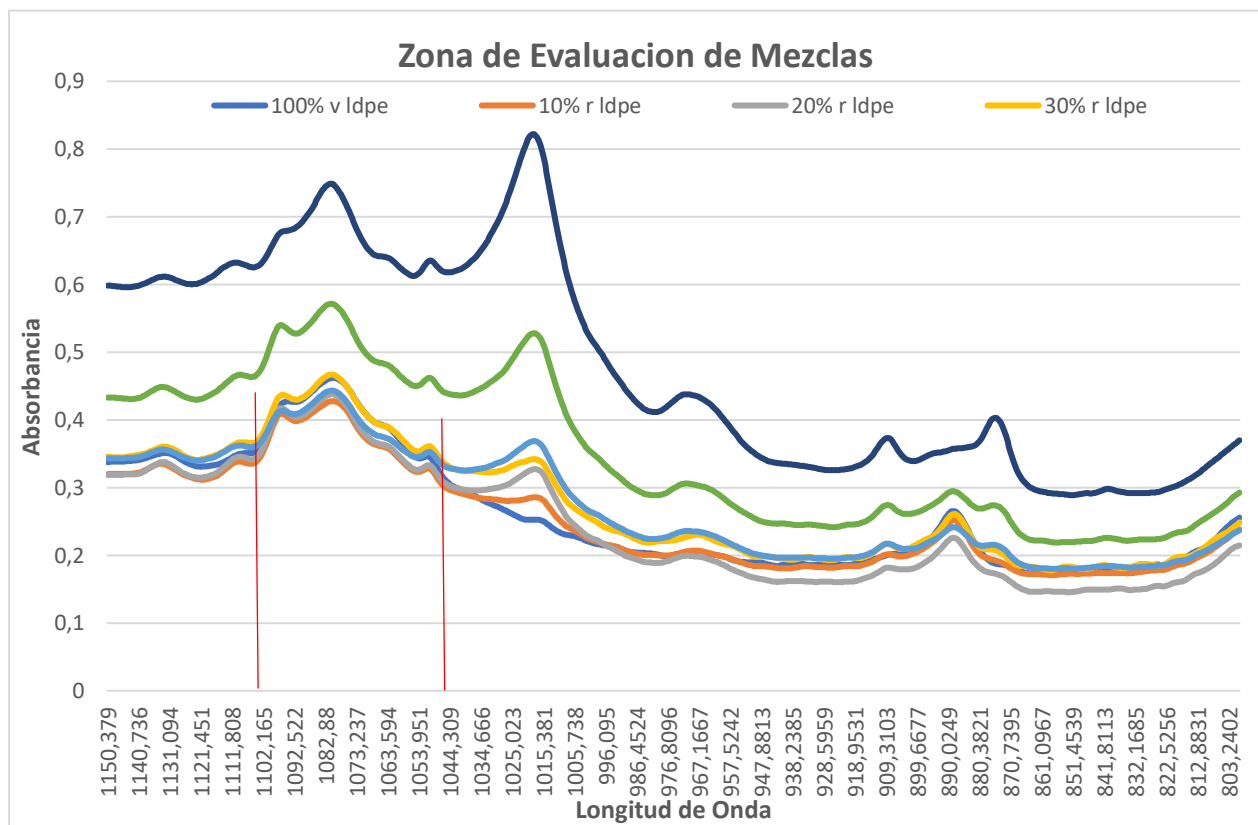
En la figura 16 observamos el espectro generado por la muestra de producto virgen de baja densidad, fabricado en las plantas de la refinería Barrancabermeja, el cual será tomado por patrón o referencia de espectrometría.

Figura 16. *Espectro polietileno de baja densidad polifen 641*



En la figura 17 se superponen los espectros de las mezclas, mostrando que entre las longitudes de onda comprendidas entre 800 y 1150 nm se observan las mayores variaciones, las cuales se pueden tomar para estudios posteriores de evaluación de mezcla, a través de modelos o tratamiento de datos para verificar y evaluar puntos precisos del material.

Figura 17. Zona infrarroja de evaluación de mezclas



4.1 Resultado de los espectros

Podemos observar cómo el espectro generado por la mezcla al 30%, y la del 40% se parecen más a la del espectro de polietileno de baja densidad virgen en el rango de longitud de onda entre 1040 y 1100. Solo en longitudes de onda muy específicas y puntuales hay un cambio considerable en sus valores, pero todos están por debajo de 2%, valor considerado como error de la prueba.

Podemos observar que el espectro del 50% de reciclaje está siguiendo el mismo comportamiento de la virgen, pero mantiene un valor constante mayor al espectro generado por el polímero virgen, razón por la cual este estudio descartara por completo esta opción de mezcla. La decisión de realizar el infrarrojo se toma para constatar las calidades y características de los materiales a adicionar, y que su estructura no varía considerablemente, como parámetro de calidad para que este nuevo producto no sea diferente al material ya suministrado, y de esta manera evitar cambios en los procesos productivos de los clientes de las resinas Polifen.

4.2 Resultados análisis laboratorios de calidad refinería de Barrancabermeja

En la tabla 5 encontramos los valores de las pruebas realizadas a las diferentes muestras, donde se ven los valores encontrados para las diferentes propiedades de los polímeros, que fueron puestas a consideración para este proyecto.

Tabla 5. *Propiedades físicas de las mezclas*

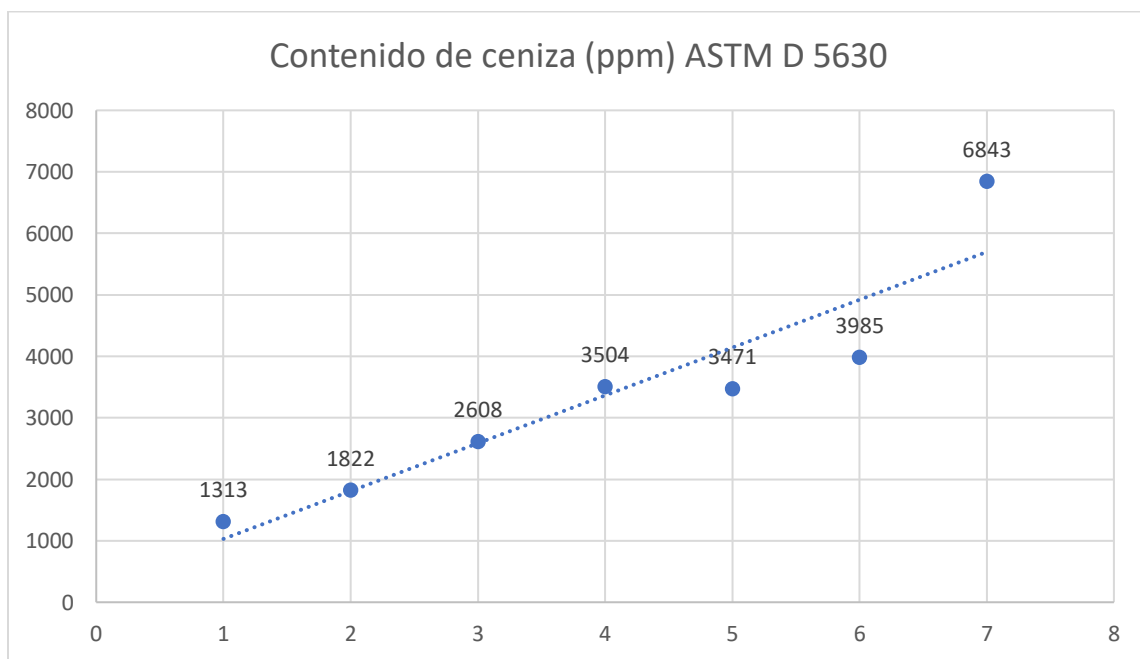
Condiciones					
Temperatura	190 °C				
CARGA Kg	Numero de muestra	ITEM	ÍNDICE DE FLUJO (ASTM D 1238) g/10 min	ÍNDICE DE CIZALLADURA	VISCOSIDAD Pa*s
2,16	1	vPEBD	2,18	5,23	3744
	2	M10%	2,02	4,84	4044
	3	M20%	1,86	4,46	4390
	4	M30%	1,73	4,14	4734
	5	M40%	1,48	3,54	5527
	6	M50%	1,34	3,22	6086
	7	rPEBD	1,00	2,40	8166
COLOR - ASTM D6290					
	X	Y	Z	INDICE DE BLANCU RA	INDICE DE AMARILLE Z
vPEBD	47,7	50,46	55,56	57,91	-3,59
rPEBD	28,84	30,05	27,74	-12,24	18,75

ITEM	Contenido de ceniza (ppm) ASTM D 5630
vPEBD	1313
M10%	1822
M20%	2608
M30%	3504
M40%	3471
M50%	3985
rPEBD	6843

Para el contenido de cenizas observamos un aumento considerable en el valor, ya que las tintas usadas, las impresiones realizadas en los diferentes empaques, aportan valor a esta medición, valores que se podrán compensar con la no adición de aditivos a la resina virgen. En la gráfica 18 podemos revisar el aumento de esta propiedad al aumentar la cantidad de reciclaje en las mezclas.

4.3 Resultados contenido de Cenizas

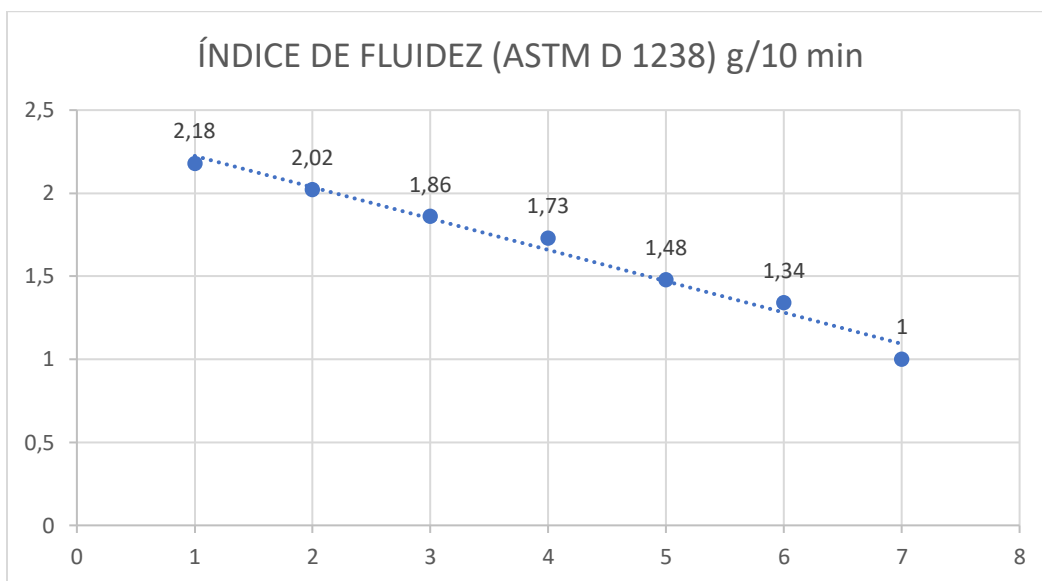
Figura 18. Variaciones del contenido de cenizas en las muestras



Para los valores de índice de fluidez observamos la disminución del valor respecto al aumento en la cantidad de reciclaje, los valores los podemos revisar en la figura 19, donde evidenciamos el contenido de reciclaje contra el valor encontrado en las pruebas de laboratorio para esta variable.

4.4 Resultados índices de Fluidez M.I

Figura 19. Variación del índice de fluidez



Para asegurar la calidad de nuestros productos, la materia prima, en este caso el reciclaje, es pieza fundamental para el logro de nuestros objetivos, uno de los cuales es la forma como se deberá suministrar este material para su debida mezcla con el polímero virgen.

El producto para escoger será el polietileno de baja densidad reciclado, el cual deberá tener un proceso de lavado y separación, aglutinado y picado para alcanzar un tamaño de partícula cercana a los 5 mm de diámetro, este tipo de proceso se encuentra disponible en las asociaciones de recicladores con las que cuenta el distrito de Barrancabermeja, los cuales cuentan con la

infraestructura y la cantidad de material adecuados, en el anexo 1 observaremos el listado de asociaciones de recicladores debidamente conformados en la ciudad, esta información fue suministrada directamente por la cámara de comercio de Barrancabermeja.

El promedio mensual de recolección de estos plásticos esta alrededor de 800 toneladas, cantidad suficiente para que el objetivo del proyecto pueda ser llevado a cabo, además se cuenta con la iniciativa de Ecopetrol en relacionamiento con la comunidad, para afianzar las economías relacionadas al reusó, recolección y reutilización de materiales reciclables, el cual es pilar de desarrollo de la compañía para los próximos años, aumentando la recolección de estos materiales en la región y el departamento, se cuenta con la tecnología necesaria para suministrar el material en las calidades y tamaños adecuados.

Agremiaciones como Acoplasticos, Seccional Santander están dispuesta a impulsar estas iniciativas de innovación. Junto con sus asociados son compradores potenciales de las nuevas resinas amigables con el medio ambiente, además de adelantarnos a las normativas ambientales a regir de forma obligatoria desde el 2030, donde se exigirá que los productores de plásticos tengan en sus productos un máximo de 30% de resina recicladas, lo cual está plasmado en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, y la ODS 12 (objetivos de desarrollo sostenible), igualmente en programas nacionales como el plan nacional para la gestión sostenible de plásticos de un solo uso, la Resolución 1407/2018 la cual plasma acciones de prevención, sustitución, reducción y reincorporación de materiales en el ciclo productivo.

Toda esta investigación para colocar a Ecopetrol S.A a la par de industrial como Enka y Dow las cuales son pioneras a nivel Colombia en reciclaje de PET, o Nestlé en su política de plástico neutro.

5. Conclusiones

Con la revisión de los parámetros definidos en el texto, los cuales son el índice de fluidez, el contenido de cenizas, y el color de los dos tipos de reciclaje propuestos, logramos observar que la opción más viable para la mezcla sería el polietileno de baja densidad, el cual está representado en empaques y bolsas de un solo uso, material que no cuenta con muchas iniciativas de trabajo en el momento, representado un volumen alto disponible para nuestra propuesta, y su proporción más estable para adicionar será al 30% en peso, con estos valores lograríamos el cumplimiento del primer objetivo específico del proyecto.

Dentro de las conclusiones de la iniciativa, no descartamos el uso del polietileno de alta densidad reciclado, pero este deberá ser sometido a más estudios para observar las cantidades a adicionar, y la posibilidad de producir resina virgen sin aditivos.

Como factor de aprovechamiento, la concentración de cenizas, datos asociados a la concentración de sílice en los productos reciclados, generan un valor alto al ser medidos, permitiendo evaluar el retiro o la disminución de la inyección de aditivos al polímero virgen, generando un mayor ahorro al momento de ejecutar la propuesta.

El segundo objetivo lo conseguimos al evaluar el proceso que deben tener estos reciclados al ser suministrados en planta, este material debe llegar limpio, sin contaminantes, como pueden ser otros tipos de polímeros, suciedad o grasas, deberá pasar por un proceso de lavado, secado, aglutinado y picado, con el fin de obtener una mezcla homogénea de reciclaje, el tamaño sugerido de partícula será de alrededor de 5 mm de diámetro, con el fin de aprovechar la energía con la que cuenta el polímero virgen en el extrusor para mezclarse y fundirse adecuadamente las dos resinas, el punto de fusión de las resinas recicladas está en 190 grados Celsius, temperatura con la que se

cuenta en el extrusor de un solo tornillo, este será el punto de incorporación del reciclaje, debido a que con el movimiento de este se homogenizarán la resina virgen con la reciclada.

El tercer objetivo nos plantea el análisis económico de la propuesta, siendo el valor del material reciclado, mucho menor al producto virgen. Donde industrias como ecoindus; Enka; y próximamente Essentia son grandes suministradores del material necesario, consiguiendo en el mercado nacional propuestas de comercialización del orden de 4500 pesos por kilo, versus costos de la resina virgen de alrededor de 8000 pesos por kilo, plantean un ahorro del 56% de costes de materia prima, siendo de más alto valor la reducción en energía para la producción de material virgen, el cual es de al menos un 25% por la no utilización de sistemas de enfriamiento en las plantas, y el no uso de aditivos al polímero virgen, los cuales serán solventados por los presentes en el reciclaje, además de las cadenas de valor que la industria plantea crear en torno a las comunidades de Barrancabermeja, donde se propone el suministro de este material en la región, los precios serán diferenciadores por la no utilización de costos de transporte, además de promover en la región la industrialización de esta tarea de reciclaje, permitiendo generar la economía circular entorno de los empaques de un solo uso, además de generar la solución al problema de la degradación a largo plazo de los plásticos en los vertederos, ya que por su oportunidad de compra, será muy alta su reciclabilidad y su incorporación a la producción de material virgen; la viabilidad económica está planteada en un ahorro del 40 % por tonelada de la resina ecológica versus de la resina virgen.

Referencias

- Arena, U.; Mastellone, M.L.; Perugini, F. (2003) 'Life Cycle Assessment of a Plastic Packaging Recycling System' *International Journal of Life Cycle Assessment* 8 (2), pp 92-98.
- Quezada, I. (2016). Caracterización de mezclas de polietileno virgen con reciclado. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/142062>
- Franco, Urquiza E.A. y MasPOCH M.L. 21 Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACyT, Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial. Playa Pie de la Cuesta 702. Desarrollo San Pablo, Querétaro.
- CCP. (2022) Centre Català del Plàstic, Universitat Politècnica de Catalunya. Edificio Vapor Universitari de Terrassa, carrera Colom 114, Terrassa, Spain, 08222. México. 76125. 2.
- Urquiza, E. A. Franco y MasPOCH M. L. (2017), "Evaluación de las propiedades mecánicas en mezclas de Poliestireno/Polietileno de baja densidad reciclado y tamizado," *Afinidad*, vol. 74, no. 579, pp. 221–227. <https://raco.cat/index.php/afinidad/article/view/328559>.
- Hopewell, J., Dvorak, R. y Kosior, E. (2009). *Plastics recycling: challenges and opportunities*. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 364, 2115–2126. doi:10.1098/rstb.2008.0311
- Carvajal, I. (2016). "Caracterización de mezclas de Polietileno Virgen con Reciclado," Universidad de Chile,
- Huertas M., Castro G. 1998. Evaluación de las propiedades físicas. Mecánicas y de proceso en mezclas de polietileno virgen y reciclado. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia.
- Khan, J. y Ahmed, N. (2003). Photo-oxidative degradation of recycled, reprocessed HDPE: changes in chemical, thermal and mechanical properties. *Bul. J. Phys.*, 30, 158–169.

- Real M. (2009). "Preparación y caracterización térmica y mecánica de mezclas PET-reciclado/Poliiolefinas," Universitat Politècnica de Catalunya,
- Madi, N. (2012). Thermal and mechanical properties of injection molded recycled high density polyethylene blends with virgin isotactic polypropylene. *Materials and Design*, 46, 435-441.
- Perilla. J. Chaparro L.R. Escorcía, C. López, N. (1999). Mezcla de materiales poliméricos 1. Evaluación de las mezclas de poliestireno virgen y reciclado". *Ingeniería e Investigación* 44 diciembre de
- Perugini, F.; Mastellone, M.L.; Arena, U. (2005). 'A Life Cycle Assessment of Mechanical and Feedstock Recycling Options for Management of Plastic Packaging Wastes' *Environmental Progress* Vol. 24, n. ° 2, pp 137-154.
- Santana Pérez, Orlando Onofre. (2009). Proyecto/Trabajo final de carrera, - Acceso abierto
- Semana (2021). En Colombia se recicla menos del 17% de la basura que se genera. vDisponible <https://www.semana.com/en-colombia-se-recicla-menos-del-17-de-los-residuos-que-se-generan/59739/>
- Minambiente. (2021). Colombia aspira a que en 2030 el 100 % de los plásticos de un solo uso del mercado sean reutilizables o compostables. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/colombia-aspira-a-que-en-2030-el-100-de-los-plasticos-de-un-solo-uso-del-mercado-sean-reutilizables-o-compostables/>.
- Sicex. (2019). La industria del plástico representa un mercado muy productivo en Colombia. Obtenido de <https://sicex.com/blog/la-industria-del-plastico-representa-un-mercado-muy-productivo-en-colombia/>.

Tapia, C. P. (2022). Industria del plástico estima crecer 4.2% en 2022; inyectará inversión de 3,500 mdd. Obtenido de <https://www.forbes.com.mx/negocios-industria-del-plastico-estima-crecer-4-2-en-2022-inyectara-inversion-de-3500-mdd/>.

Apéndice B. Listado códigos internos de generación de muestras polietileno de alta densidad.

Lista de Parámetros	Norma	Repetición	Parámetro	Spec Limit	Condición	2110140181	2110140182	2110140183	2110140184	2110140185
						MUESTRA ESPECIAL	MUESTRA ESPECIAL	MUESTRA ESPECIAL	MUESTRA ESPECIAL	MUESTRA ESPECIAL
U-2250 POLIETILENO II			2110140185							
						MUESTR ESPECIAL 50% AZUL+ POLI II -SOLEDAD				MUESTRA ESPECIAL
U-2250 POLIETILENO II			2110140184							
						MUESTR ESPECIAL 40% AZUL+ POLI II -SOLEDAD				MUESTRA ESPECIAL
U-2250 POLIETILENO II			2110140183							
						MUESTR ESPECIAL 30% AZUL+ POLI II -SOLEDAD				MUESTRA ESPECIAL
U-2250 POLIETILENO II			2110140182							
						MUESTR ESPECIAL 20% AZUL+ POLI II -SOLEDAD				MUESTRA ESPECIAL
U-2250 POLIETILENO II			2110140181							
						MUESTR ESPECIAL 10% AZUL+ POLI II -SOLEDAD				MUESTRA ESPECIAL
LP RATA FLUJO TERM (M) (1,1)	ASTM D 1238	1	INDICE DE FUSION (MI)			1.87 g/10 min	1.74 g/10 min	1.47 g/10 min	1.22 g/10 min	1.02 g/10 min
LP ERUCAMIDA EN PELICULA DESLIZ (1,1)	DOW OP-32	1	ERUCAMIDA			727 mg/kg	766 mg/kg	840 mg/kg	1044 mg/kg	1063 mg/kg
LP COLOR EN POLIETILENO (1,1)	ASTM D 6390	1	COLOR (INDICE DE BLANCURA WI)			63.68 N/A	111.19 N/A	119.26 N/A	136.81 N/A	160.46 N/A
LP DENSIDAD A 23 C (1,1)	ASTM D 792	1	DENSIDAD A 23 C			0.9237 g/mL	0.9296 g/mL	0.926 g/mL	0.9512 g/mL	0.9513 g/mL
LP SILICE (1,1)	ASTM D 5630/DOW OP-32	1	PESO VIAL			2.7229 g	2.8627 g	2.1284 g	2.8041 g	2.8033 g
			PESO DE MUESTRA			15.0016 g	15.0482 g	15.0131 g	15.0033 g	15.0131 g
			RESIDUO			201	226	227	262	268
			PESO FINAL			2.743 g	2.8853 g	2.1482 g	2.8223 g	2.9121 g
			SILICE			1339.857081911 mg/kg	1501.840791718 mg/kg	1512.012842118 mg/kg	1879.586480972 mg/kg	1918.324863128 mg/kg
			PESO VIAL			2.8863 g	2.8627 g	3.2804 g	2.741 g	2.5763 g
			PESO DE MUESTRA			15.0486 g	15.0482 g	15.0164 g	15.0113 g	15.0027 g
			RESIDUO			192	226	225	262	298
			PESO FINAL			2.9055 g	2.8853 g	3.2823 g	2.7692 g	2.6081 g
			SILICE			1275.866192533 mg/kg	1501.840791718 mg/kg	1488.381791108 mg/kg	1878.559770842 mg/kg	1982.34515423 mg/kg
PROMEDIO SILICE			1308 mg/kg	1502 mg/kg	1502 mg/kg	1879 mg/kg	1943 mg/kg			
LP TAMAÑO PARTICULA PLASTICO (1,1)	ASTM D 1921	1	GRANULACION GRUMOS			0 g/100g	0 g/100g	0 g/100g	0.1 g/100g	0.2 g/100g
			GRANULACION MALLA 6-8			99.8 g/100g	97.9 g/100g	96.8 g/100g	93.8 g/100g	81.4 g/100g
			GRANULACION FONDOS			0.4 g/100g	2.1 g/100g	3.2 g/100g	6.1 g/100g	8.4 g/100g