



PROCESO: INVESTIGACIÓN, CIENCIA E INNOVACIÓN  
TÍTULO: PRESENTACION DE PROYECTOS DE GRADO  
ACTUALIZADO: Julio 2019

**DISEÑO DEL ÁREA PRODUCTIVA DE UNA PLANTA DE TRANSFORMACIÓN QUÍMICO-MECÁNICO DEL PET RECICLADO PARA OBTENER FIBRA DE POLIESTER EN LA CIUDAD DE CARTAGENA.**

**Por:**

**LEIDY CABALLERO CABALLERO**

**LUIS CONTRERAS TORRES**

**RODRIGO LARA MARRUGO**

**ÁLVARO ZÚÑIGA CARDENAS**

**Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial**

**Asesor disciplinar**

**ANGIE MILENE CACERES PRADA**

**Asesor metodológico**

**MARIA MERCEDES SUAREZ SANCHEZ**

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.**

**2019**

## CONTENIDO

1.	TÍTULO DEL PROYECTO .....	7
2.	PALABRAS CLAVE .....	7
3.	RESUMEN DEL PROYECTO .....	7
4.	PROBLEMA .....	8
4.1.	Planteamiento del Problema .....	8
5.	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN .....	17
6.	JUSTIFICACIÓN .....	18
7.	REVISIÓN LITERARIA .....	19
7.1.	MARCO TEÓRICO .....	19
7.1.1.	Reciclaje Mecánico .....	19
7.1.2.	Reciclaje Químico .....	19
7.1.3.	Diseño de proceso .....	20
7.1.4.	Diagrama de flujo .....	20
7.1.5.	Distribución de plantas .....	21
7.1.6.	Pronostico de la demanda .....	22
7.1.7.	Método de Guerchet .....	22
7.1.8.	Obtención de las fibras de poliéster a partir del PET .....	22
7.2.	.....	25
7.2.	MARCO CONCEPTUAL .....	25

7.2.1.	Polietileno Tereftalato .....	25
7.2.2.	Fibra. ....	26
7.2.3.	Fibras de poliéster. ....	26
7.3.	ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES.....	27
8.	OBJETIVOS.....	28
8.1.	OBJETIVO GENERAL.....	28
8.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	28
9.	METODOLOGÍA .....	29
9.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	29
9.2.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	29
9.2.1.	Población y muestra. ....	29
9.2.2.	Fuentes de información. ....	29
10.	RESULTADOS OBTENIDOS .....	30
	CAPITULO 1 .....	30
10.1.	ESTUDIO DE MERCADO.....	30
10.1.1.	Estudio de clientes.....	30
10.1.2.	Estudio proveedor.....	34
10.1.3.	Análisis de la demanda.....	38
10.1.4.	Análisis de producción mensual .....	42
	CAPÍTULO 2.....	47
10.2.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO .....	47
10.2.1.	Descripción de las etapas del proceso.....	47
10.2.2.	Flujograma del proceso.....	52

10.2.3. Equipos y maquinaria a implementar .....	53
10.2.3.1. Equipos propuestos .....	54
CAPÍTULO 3.....	57
10.3. LOCALIZACION DE LA PLANTA .....	57
CAPÍTULO 4.....	59
10.4. DISTRIBUCION DE LA PLANTA.....	59
10.4.1. Mediciones de superficies .....	62
10.4.2. Layout propuesto .....	67
CAPÍTULO 5.....	68
10.5. INDICADORES.....	68
CAPÍTULO 6.....	70
10.6. PRECIO DEL PRODUCTO.....	70
10.6.1. Precio del producto el método margen de contribución .....	70
10.6.2. Estudio de inversión del proyecto.....	74
10.6.3. Método de financiación con sistema de amortización Francés.....	76
10.6.4. Método de financiación con sistema de amortización Alemán.....	77
10.6.5. 10.6.5. Método de financiación con sistema de amortización Americano.....	78
CONCLUSIONES.....	80

## LISTA DE FIGURAS

Figura. 1. Producción de plástico por categoría, a nivel mundial, 2011 .....	8
Figura. 2. Tipos de envase líderes en el mundo 2015, y su crecimiento en el mundo (2015-2019) .....	9
Figura. 3. Matriz de análisis de causas al problema de contaminación. ....	11
Figura. 4. Proveedores de resinas PET (% de participación) .....	12
Figura. 5. Principales consumidores de PET en el mundo, 2011 .....	13
Figura. 6. Porcentaje de reciclaje de PET (2010). ....	14
Figura. 7. Símbolos empleados para la elaboración de un diagrama de flujo.....	21
Figura. 8. Diagrama de operaciones del proceso para la producción de fibra de Poliéster. ....	24
Figura. 9. Demanda histórica fibra de poliéster en Bogotá .....	39
Figura. 10. Pronóstico promedio móvil ponderado 2 de la fibra de textil hasta el año 2024 .....	40
Figura. 11. Medidas de error de los diferentes pronósticos estudiados. ....	41
Figura. 12. Diagrama de flujo obtención de fibra textil a partir de botellas PET .....	52
Figura. 13. Localización propuesta para el desarrollo del proyecto. ....	59
Figura. 15. Diagrama analítico del proceso de obtención de fibra de poliéster a partir de botellas PET. ....	60

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Relación material y producción mensual de residuos sólidos en la ciudad de Cartagena .....	17
Tabla 2. Relación de antecedentes Reutilización del PET para obtener fibra de poliéster .....	27
Tabla 3. Relación de empresas sector textil en la ciudad de Cartagena. ....	33
Tabla 4. Posibles clientes del proyecto.....	34
Tabla 5. Matriz de evaluación de proveedores .....	36
Tabla 6. Ubicación geográfica de posibles proveedores.....	38
Tabla 7. Estimación de insumos .....	45
Tabla 8. Estimaciones de las proporciones de insumos para la elaboración de Fibra de poliéster. ....	46
Tabla 9. Cantidad de insumos necesarios para la producción mensual. ....	47
Tabla 10. Superficie estática.....	63
Tabla 11. Superficie gravitacional.....	63
Tabla 12. . Superficie de evolución.....	64
Tabla 13. Cálculos de superficie para la distribución de planta. ....	65
Tabla 14. Cálculo de indicadores de capacidad. ....	69
Tabla 15. Costo de producción mensual. ....	71
Tabla 16. Estimado del precio de fibra de poliéster .....	73
Tabla 17. Precios de fibra de textil en Colombia.....	73
Tabla 18. Análisis costo beneficio.....	74
Tabla 19. Tasa efectiva anual de los diferentes bancos. ....	76
Tabla 20. Financiación del proyecto según el método Francés. ....	77
Tabla 21. Financiación del proyecto según el método Alemán.....	78
Tabla 22. Método de financiación con sistema de amortización Americano.....	79

## 1. TÍTULO DEL PROYECTO

DISEÑO DEL ÁREA PRODUCTIVA DE UNA PLANTA DE TRANSFORMACIÓN QUÍMICO-MECÁNICO DEL PET RECICLADO PARA OBTENER FIBRA DE POLIÉSTER EN LA CIUDAD DE CARTAGENA.

## 2. PALABRAS CLAVE

Diseño, economía circular, fibras, fibras cortas, fibras de poliéster, PET, reciclaje.

## 3. RESUMEN DEL PROYECTO

Actualmente el alto crecimiento poblacional, los hábitos de consumo en los países desarrollados y en vía de desarrollo, así como los cambios de costumbres de los consumidores han generado un aumento considerable de la contaminación ambiental (Mora 2017)[41]. Los empaques sintéticos y en especial las bolsas plásticas son un problema de gran magnitud a nivel mundial, la contaminación por plástico está causando daños irreparables en el planeta, en lugar de disminuir aumenta gradualmente, cada día se agudiza más, es por ello que en el presente proyecto se plantea una reutilización de este material como forma de disminuir el impacto ambiental actual pero además generando beneficios económicos.

El presente proyecto de investigación se encuentra enfocado en una propuesta de diseño de un proceso de transformación químico-mecánico del PET para obtener fibra de poliéster como una alternativa para enfrentar el problema de la contaminación por residuos PET en la ciudad de Cartagena. Es una investigación de tipo descriptiva en donde se explicará la situación actual de contaminación por este tipo de residuo tanto en la ciudad de Cartagena como a nivel global, para este proyecto se hará uso de las fuentes primarias y secundarias de información, las cuales ayudaran a cumplir con cada uno de los objetivos propuestos, inicialmente se realizará un diagnostico por medio de la herramienta de productividad 5W, luego un estudio de mercado enfocado en proveedores y clientes para conocer

la capacidad de producción, y de esta forma poder establecer los recursos materiales e infraestructura necesaria para llevar a cabo el proceso productivo. Además se presentará una propuesta para la ubicación diseño y distribución de planta del presente proyecto, teniendo en cuenta todos aquellos factores ambientales, políticos, culturales y Método de Guerchet que permitirá generar una mayor optimización del proyecto.

Finalmente se elaborará la propuesta de factibilidad económica la cual ayudará a identificar las posibilidades de éxito o fracaso para su posterior implementación.

#### 4. PROBLEMA

##### 4.1. Planteamiento del Problema

El PET “es un material que resulta de la combinación del ácido tereftálico y el etilenglicol. Es usado en la fabricación de preformas de botellas para la industria de bebidas gaseosas y agua mineral, así como para cosméticos, medicinas, aceites y frascos de todo tipo” (Pérez & Ruiz, 2009) [47]. Durante el año 2009 el PET registró una participación de alrededor del 65% de todos los envases producidos y en el año 2011 representó tan solo un 6,5% del total en la producción mundial de plásticos (ver gráfica 1).

Figura. 1. Producción de plástico por categoría, a nivel mundial, 2011

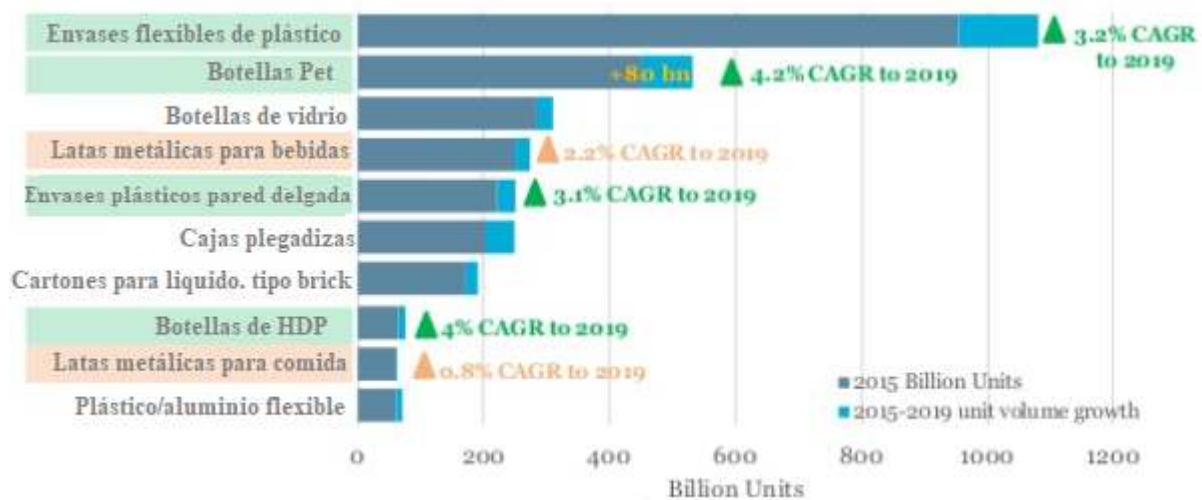


Fuente. Góngora, 2014



Aunque pareciera que el uso del PET cada vez es menos de acuerdo a los porcentajes anteriormente mencionados, se puede observar una tendencia creciente de su utilización y una proyección progresiva en los años futuros, principalmente en la producción de botellas (ver figura 2).

**Figura. 2. Tipos de envase líderes en el mundo 2015, y su crecimiento en el mundo (2015-2019)**



**Fuente. Downey, 2016**

Con el análisis de la figura 2, se evidencia que la demanda y producción de envases a partir de PET para suplir las necesidades de la población ha aumentado hasta la actualidad y se estima que seguirá creciendo durante los próximos años, además, la disminución del uso de otros materiales alternativos como el vidrio y envases de papel, permitirá la generación de una mayor cantidad de residuos a base de este polímero (Downey, 2016) [14]. A pesar de que se sabe que este material no es tóxico, representa un problema medioambiental (Ovalle, 2009) [38].

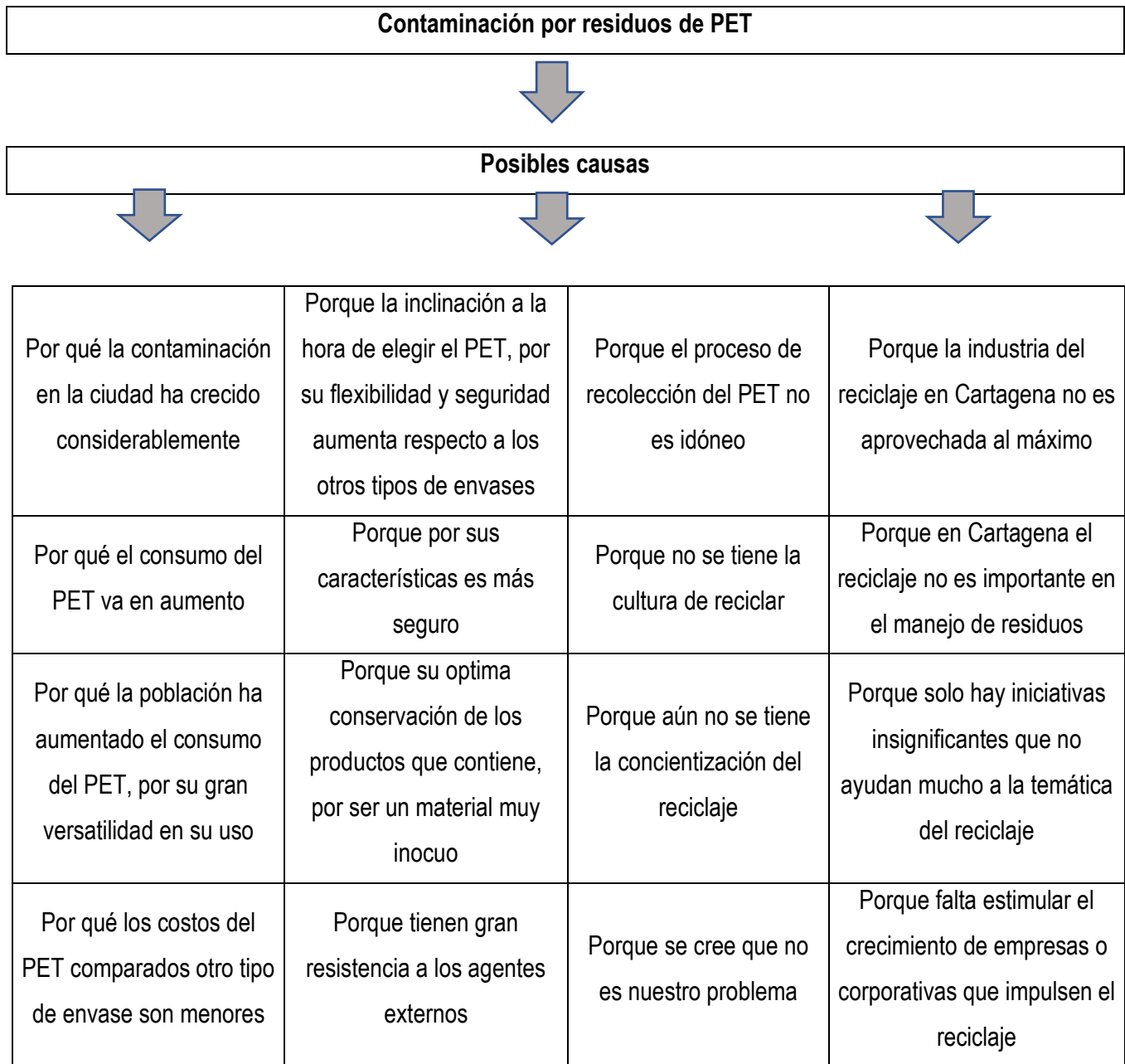
Guzman y Ocoró (2014) mencionan que:

*La no adecuada disposición de los residuos de este material, tales como su acumulación en los rellenos sanitarios y botaderos a cielo abiertos y la quema de residuos de PET, está generando una mayor acumulación en el medio debido a la baja de gradabilidad que presentan (500 años), muerte de animales que quedan atrapados en el interior de botellas*

*cuando son arrojadas a ríos y océanos, inundaciones causadas por el taponamiento de alcantarillas y puntos de desagüe al ser desechados de forma indiscriminada a las calles, disminución de la vida útil de los rellenos sanitarios debido al volumen que ocupan, cuando son destinados para incineración, afectan la salud humana por la emisión de gases tóxicos y contaminación del agua subterránea por infiltración de lixiviados por la disposición final de las cenizas (p.68) [22].*

En el año 2005, PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente) asegura que “por kilómetro cuadrado hay unas trece mil partículas plásticas que se encuentran flotando o en el fondo del mar; las cuales han aumentado unas 100 veces en las últimas cuatro décadas, y en la actualidad la cantidad de plástico que se encuentra en el mar, puede llegar a ser del tamaño de España” (Scripps Institution of Oceanography, 2015) [54]. A continuación, se presenta un análisis estructurado de las posibles causas que dan origen al alto nivel de contaminación que se ha venido generando en el mundo por residuos plásticos (ver figura 3).

Figura. 3. Matriz de análisis de causas al problema de contaminación.

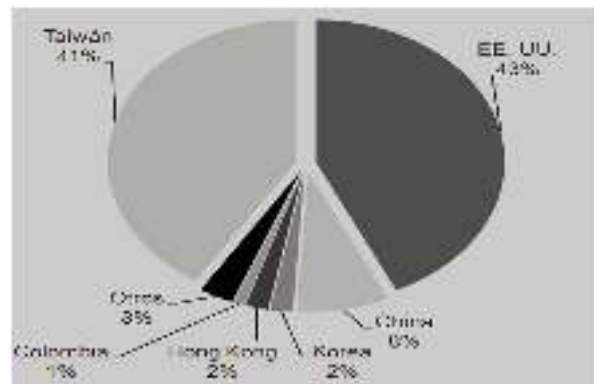


Elaboración. Propia.

Fuente. Múltiples.

Para analizar la situación actual por la contaminación de residuos de PET se debe tener en cuenta que a nivel mundial son Taiwán y EE.UU los países que ocupan los porcentajes más altos en la producción masiva de PET. Estos países productores que son potencia en producción de resinas de este polímero se presentan en la figura 4.

**Figura. 4. Proveedores de resinas PET (% de participación)**

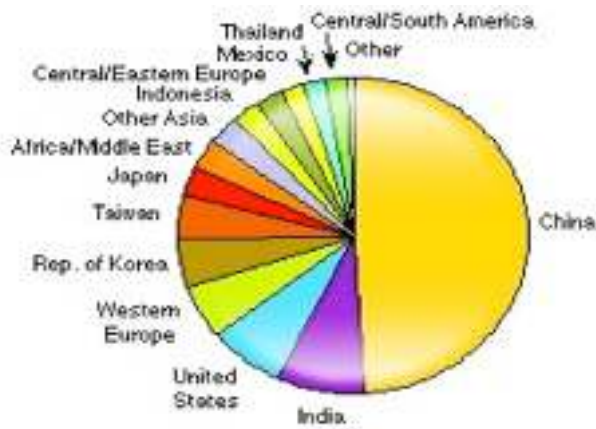


**Fuente. Pérez & Ruiz, 2009.**

Partiendo de la figura 4 se puede deducir cuáles son los principales proveedores de PET en el mundo, y su participación en el mercado, ubicándose como principales los países Estados Unidos y Taiwán, con un 43% y 41% respectivamente. Seguidos por países como China, Korea y Hong Kong. Lo que permite establecer que el continente asiático es el mayor productor de PET con un 53% de la producción mundial para el año del 2009.

Así mismo, se muestra a continuación en la figura 5, la participación por países en el consumo de resinas de este polímero para el año de 2011.

**Figura. 5. Principales consumidores de PET en el mundo, 2011**



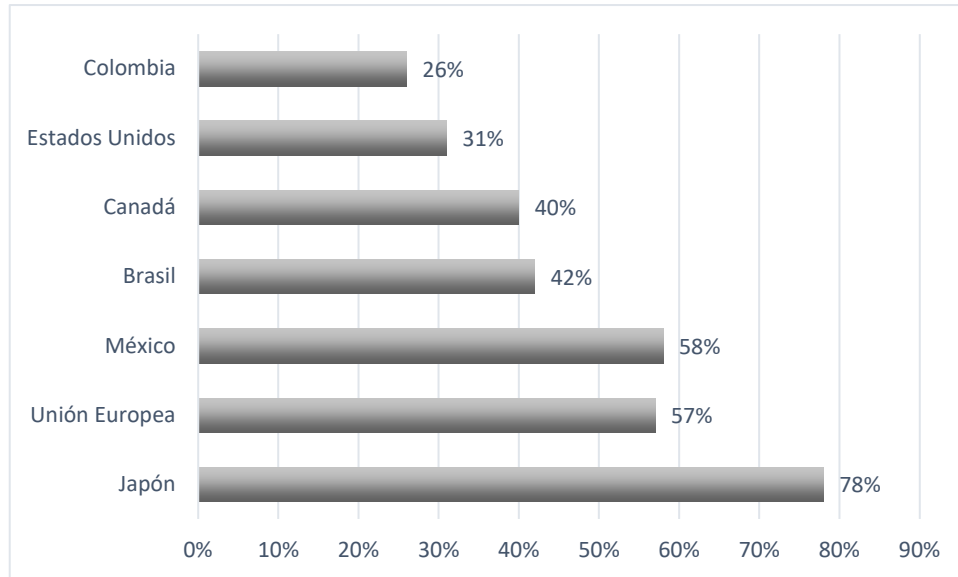
**Fuente. Pecaltex, 2011.**

Con el análisis de la figura 5 se puede deducir que, los principales países consumidores de resina de PET son China, India, Estados Unidos, Europa Occidental, Korea, Japón y Taiwán. Y, estableciendo una relación de estos datos con la figura 4, se concluye que Asia es el continente que más produce y consume este polímero a nivel mundial. Mientras que, en el continente americano, el principal productor y consumidor de PET es Estados Unidos.

La alta producción y consumo por parte de los países, evidenciados en las figuras 4 y 5 y la no retornabilidad de los envases elaborados con PET, ha provocado que algunas de estas naciones estén tomando medidas y lleven a cabo iniciativas que permiten el reciclaje de este plástico.

A continuación, se muestra la gráfica con algunos de los países con promedios de reciclaje de PET a nivel mundial, (ver figura 6).

**Figura. 6. Porcentaje de reciclaje de PET (2010).**



**Elaboración. Propia**

**Fuente: Gómez, Guzmán, Ocoró, Chavarro, Osorio, & Peña, 2018.**

En la figura 6, se evidencia que, las tasas de reciclaje de PET más altas en el mundo las tienen Europa y Asia, con países que superan el 40%; cabe destacar que Asia es el continente que más produce y consume PET a nivel mundial, mientras que América es el segundo en consumo y el segundo en reciclaje siendo, México, Brasil y Canadá, los países con mayor tasa de reciclaje (58%, 42% y 40% respectivamente). Estados Unidos quien es uno de los más grandes productores y consumidores de PET en América, solo muestra un 31% en este rubro y particularmente Colombia refleja un 26% en su tasa de reciclaje de este polímero, una cifra poco representativa si se tiene en cuenta que, para contrarrestar la inadecuada disposición de residuos, “el gobierno colombiano en 1997 reglamentó la política integral para el manejo de residuos sólidos, el decreto 2981 de 2013, la resolución 1045 de 2003, la resolución 1407 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y otra serie de disposiciones para impulsar prácticas de consumo sostenible y manejo adecuado de los residuos”. (Guzmán y Ocoró, 2014)[22].

En relación a las políticas públicas, “Colombia en el año 2016, presentó una tasa de reciclaje del total de los residuos generados del 17%, y se espera un aumento progresivo anual porcentual en razón de 2% de 2022 a 2028, cuando se llegará a un 24%. En 2029 y 2030 el porcentaje subirá a 3 por ciento por año para así llegar al objetivo final de 30 por ciento de material reciclado” (El Heraldo, 2019) [51]. De lo anterior se evidencia la necesidad tangible que tiene el país por incursionar en nuevas alternativas de reciclaje orientadas a este rubro.

Además de las disposiciones implementadas por el gobierno, Reyes y Ortega (2011) mencionan que:

*En Colombia, la iniciativa de reciclaje está liderada por Enka de Colombia S.A<sup>1</sup>, quien desde 1993 ha participado en los procesos de recuperación de PET con una primera planta de 2,800 toneladas de producción que, sumado a una millonaria inversión lo posicionó en el año 2009, como el mayor reciclador de PET a nivel nacional, al recuperar 9,000 toneladas al año de botellas de PET para la producción de fibras de alto valor agregado para el mercado nacional y de exportación.[52].*

Colombia, puede aumentar el porcentaje de reciclaje de PET siguiendo el modelo de Japón. En el paraíso del reciclaje, en el artículo sobre La gestión de residuos sólidos en Tokio, París, Madrid y México, Piñero (2011) menciona:

*La diferencia de otros países, Japón separa los tipos de residuo exclusivamente desde su fuente de generación. Por lo que sus categorías de recolección son determinantes en el destino final. La separación entre los materiales combustibles, materiales reciclables y el resto de los residuos permite que, el destino de los productos queda bastante claro. Casi el 90% corresponde a los residuos previamente separados, así como el 85% de lo incinerado a lo combustible. Así que los servicios, ya sean eficientes o no, son congruentes con la gestión adoptada (p.6).[49].*

Por otro lado para Mejía y Quintana (2010) dicen:

*Japón, es el país que posee uno de los mercados de mayor movimiento en cuanto a importaciones y exportaciones de PET. Del año de 1997 al 2003 el consumo de PET ha tenido un incremento del 87%, pasando de 251.729 Ton a 470.731Ton totales consumidas. En lo que respecta a la recolección de envases post consumo, Japón ha tenido un*

---

<sup>1</sup> Enka de Colombia S.A, empresa productora de polímeros y fibras sintéticas de poliamida (Nylon) y poliéster, destinados a la industria textil y como material de refuerzo para la fabricación de llantas.

*aumento considerable en los volúmenes de recolección ya que en el año de 1997 se recolectaron 21.361Ton, mientras que en el año 2003 se recolectó 226.405Ton.(p.56) [35].*

En este aspecto, Colombia tiene un amplio margen con el cual aplicar el reciclaje, debido a que “salen anualmente al mercado más de un millón y medio de toneladas de empaques, de las cuales 145.000 corresponden a contenedores y botellas fabricadas a partir de PET”. (Robayo, 2019)[53]. Gran parte de estas botellas se utilizan en el envasado de bebidas gaseosas y de agua. A pesar de que este material tiene un potencial casi ilimitado de reciclabilidad, en Colombia se recupera menos de una tercera parte de los envases producidos con este material. La pobre cultura de los consumidores acerca de cómo disponer adecuadamente los residuos, la inexistencia de planes estructurados de selección y recuperación selectiva de las empresas de servicio público de aseo, y la desarticulación entre las entidades públicas responsables de establecer las normas de reciclaje son obstáculos que impiden un mayor aprovechamiento del PET reciclado y su reutilización en la elaboración de nuevos productos. Por eso resultan tan destacables los esfuerzos que se adelantan desde distintos frentes en Colombia para aumentar los índices de reciclaje y reducir el impacto de los plásticos sobre el medioambiente.

Ubicando esta situación en la ciudad de Cartagena, donde se desarrollará este proyecto se encuentra que “diariamente genera un promedio de 800 toneladas de basuras, más de 50% de ellas son residuos plásticos, el cual va destinado al sanitario de los cocos, ubicado en el vecino municipio de Turbana” (Robayo, 2019)[53]; esto ha presentado grandes problemáticas, preocupación y dificultades, ya que ha traído consecuencias sociales, que han generado focos de insalubridad, de inseguridad y por supuesto de intranquilidad para toda la comunidad, esta problemática es debida a todos los desperdicios de residuos sólidos que se generan en la ciudad, produciendo una degradación ambiental.

Cartagena, en el año de 2017 ocupaba la cuarta posición, como una de las ciudades que emite más desperdicios de desechos sólidos provenientes del posconsumo.

En Cartagena los cauces de los arroyos, los canales de desagüe fluvial, caños y manglares están llenos de residuos plásticos, situación que empeora cada día si no se toman medidas que mitiguen esta situación. Hoy día a nivel global, se está tomando conciencia sobre la importancia que tiene el reciclado de todo tipo de productos, para fomentar la sustentabilidad de los procesos, y promover el cuidado del medio ambiente. Como consecuencia de esto, han surgido conceptos revolucionarios que buscan la implementación de medidas que mitiguen estos efectos adversos, un



ejemplo de esto es la economía circular, la cual “se ha convertido en el camino para lograr un cambio integral en función de un problema global y conocido: lograr el desarrollo sostenible” (Jaca, Ormazabal & Sandoval 2017) [27]. A continuación, se presenta una tabla con los porcentajes de producción mensual de la conformación de los residuos sólidos en la ciudad de Cartagena.

**Tabla 1. Relación material y producción mensual de residuos sólidos en la ciudad de Cartagena**

<b>X</b>	<b>Promedio %</b>	<b>Promedio Toneladas/mes</b>
Residuos totales		153,346
Materia orgánica	64%	98801
Plásticos	18,70%	28495
Textiles	4,70%	6119
Papel y cartón	8,20%	12567
Metales	0,80%	1175
Cuero	0,30%	435
Minerales	0,10%	132
Vidrios y cerámicas	1%	1577
Huesos	0,30%	437
Madera	0,60%	932

**Fuente. Mora, 2017**

En la tabla 1, se observa que los desechos plásticos ocupan el segundo lugar en los porcentajes de residuos sólidos de la ciudad de Cartagena producidos por mes, con un 18,7% del total de residuos generados. Lo que evidencia además el cumplimiento de la tendencia mundial (ver gráfico 5) que muestra que la generación de residuos plásticos es superior a los producidos por materiales como el cuero, los textiles, el vidrio y otros.

## **5. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Qué propuesta de diseño del área productiva de una planta de proceso industrial permitirá la transformación de PET a través del reciclado químico mecánico para la obtención de fibras de poliéster en Cartagena?

## 6. JUSTIFICACIÓN

La alta producción de PET, el elevado consumo, y la difícil degradación a través del tiempo de este plástico, ha generado una problemática de contaminación que cada día se agrava más. Se estima que en Colombia se consumen 60.000 TM<sup>2</sup> anuales de envases PET, con un crecimiento anual del 9 por ciento, de los cuales sólo se recicla 26 por ciento, disponiéndose el excedente como residuo sólido en rellenos sanitarios, en el mejor de los casos. “Las plantas de reciclaje de PET del país están ubicadas en Medellín y Barranquilla, integradas a las principales industrias productoras de PET, cuya demanda está destinada en mayor medida a la fabricación de fibras textiles e industriales” (Vitola y Ortega, 2011) [62]. Por su parte, siendo específicos en la ciudad de Cartagena, “diariamente se genera un promedio de 800 toneladas de basuras, de las cuales más del 50% de ellas son residuos plásticos” (Mora, 2017) [41]. Por lo cual se hace necesario el desarrollo de este trabajo, el cual busca diseñar mediante la investigación, un proceso de transformación químico-mecánico de PET reciclado en fibras de poliéster que permitiría disminuir la contaminación del ambiente por residuos de este mismo y de manera conjunta aplicar el modelo de la economía circular, el cual propone “una alternativa de solución que permite hacer negocios atendiendo al crecimiento económico de la sociedad, sustentabilidad ambiental y la disminución de los riesgos por la volatilidad e incertidumbre de precios de las materias primas y los recursos energéticos” (Moreno, 2018)[42].

Es por ello que en el presente proyecto se pondrá en práctica todos los conocimientos adquiridos durante el transcurrir de la carrera de ingeniería cursada, implementando las técnicas adquiridas en las materias de diseño y distribución de plantas, administración de la producción, y métodos y tiempos, pilares dentro de la ingeniería industrial y el desarrollo de esta investigación. A su vez se busca implementar el objetivo 12 de los ODS<sup>3</sup> donde las Naciones Unidas (2016) dice:

*El objetivo del consumo y la producción sostenibles es hacer más y mejores cosas con menos recursos, incrementando las ganancias netas de bienestar de las actividades económicas mediante la reducción de la*

---

<sup>2</sup>Toneladas métricas

<sup>3</sup> Objetivo de desarrollo sostenible

*utilización de los recursos, la degradación y la contaminación durante todo el ciclo de vida, logrando al mismo tiempo una mejor calidad de vida (p.57) [59].*

Así mismo este proyecto es pertinentemente ambiental y social, ya que en la ciudad de Cartagena “cada tonelada de PET que se procese equivale a alrededor de 14,000 envases de gaseosa, considerando que 14 botellas plásticas de gaseosa corresponden a 1 kg” (Vitola, 2011) [62]. Y al evaluar las propiedades químicas del PET se mostró que “con un kilo del material se pueden producir 900 gramos de fibra; es decir, casi se obtiene un rehusó completo del material” (Schwanse, 2007) [55].

## **7. REVISIÓN LITERARIA**

### **7.1. MARCO TEÓRICO**

#### **7.1.1. Reciclaje Mecánico**

“El reciclado mecánico es menos costoso, pero obtiene un producto final de menor calidad para un mercado más reducido con un mayor volumen de rechazos”(Reyes & Ortega, 2011) [52]. El primer paso para el proceso de recuperación mecánica del PET, es proceder a la identificación y clasificación de botellas, seguido del lavado de estas y la separación de etiquetas. Luego, se ejecuta el triturado y la separación de partículas pesadas y otros materiales como polipropileno, polietileno de alta densidad, entre otros. Se lava nuevamente seguido de un secado mecánico para finalmente almacenar la escama. Es este producto al que se le incrementa su viscosidad y se cristaliza, con el fin de ser apto para su transformación en nuevos elementos de PET.

#### **7.1.2. Reciclaje Químico**

El reciclado químico o quimiólisis de PET postconsumo “es alcanzado por despolimerización total en los monómeros o despolimerización parcial en los oligómeros. Los productos químicos utilizados para la despolimerización de PET incluyen agua (Hidrólisis), metanol (metanólisis) y EG (glicólisis).

El reciclado químico constituye un avanzado proceso de reciclaje que consiste en la inmediata aplicación del producto químico procesado. “Para el caso del reciclaje químico del PET, el polímero es descompuesto en sus moléculas

básicas, incluido el dimetiltereftalato y el etilenglicol, los cuales pueden ser luego repolimerizados para producir resina virgen” (Reyes & Ortega, 2011) [52].

### 7.1.3. Diseño de proceso

Giudice y Pereyra (2005) Mencionan:

*El diseño del proceso establece la modalidad de desarrollo de las actividades productivas en función del tipo de producto a elaborar y condicionado por las tecnologías seleccionadas para llevar a cabo dichas operaciones. Reside en la elección de las entradas, las operaciones, los flujos y los métodos para la producción de bienes y servicios, así como en su especificación detallada. [21].*








Para el desarrollo del diseño del proceso se emplearan varias herramientas de productividad como lo son, diagrama de procesos, pronósticos de la demanda y para la el diseño de planta se ha empleado el método de Guerchet.

### 7.1.4. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo, es un diagrama que expresa gráficamente las distintas operaciones que componen un procedimiento o parte de este, estableciendo su secuencia cronológica. “Según su formato o propósito, puede contener información adicional sobre el método de ejecución de las operaciones, el itinerario de las personas, las formas, la distancia recorrida el tiempo empleado” (Gómez, 1997)[18].

El Diagrama de flujo emplea diferentes símbolos para su estructuración ver figura 7.

**Figura. 7. Símbolos empleados para la elaboración de un diagrama de flujo**

	Indica el inicio o fin de un proceso
	Indica cada actividad que necesita ser ejecutada
	Indica un punto de toma de decisión
	Indica la dirección de flujo
	Indica los documentos utilizados en el proceso
	Indica una espera
	Indica que el flujo continúa a partir de ese punto en otro círculo, con la misma letra o número, que aparece en su interior

**Fuente. Símbolos empleados para la elaboración de un diagrama de flujo.**

#### 7.1.5. Distribución de plantas

Para Muther (1965) la distribución de plantas:

*“Es una herramienta propia de la ingeniería Industrial, donde el ingeniero tiene que poner a trabajar toda su inventiva, creatividad y sobre todo muchas técnicas propias para plasmar en una maqueta o dibujo, lo que se considera que es la solución óptima de diseño del centro de trabajo e incluye los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios como la maquinaria y equipo de trabajo, para lograr de esta manera que los procesos se ejecuten de manera más racional. La distribución en planta implica la ordenación física de los elementos industriales y comerciales. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las actividades de servicio”. [4].*

La decisión de distribución en planta comprende determinar la ubicación de los departamentos, de las estaciones de trabajo, de las máquinas y de los puntos de almacenamiento de una instalación. Su objetivo general es disponer de estos elementos de manera que se aseguren un flujo continuo de trabajo o un patrón específico de tráfico.

#### 7.1.6. Pronostico de la demanda

“Un pronóstico de ventas es una estimación o nivel esperado de ventas de una empresa, línea de productos o marca de producto, que abarca un periodo de tiempo determinado y un mercado específico” (Diccionario de Marketing, 1999) [14]. Es de vital importancia para los directivos de la empresa porque les permite tomar decisiones de mercadotecnia, producción, aprovisionamiento y flujo de caja. Por tanto, debe ser elaborado con sumo cuidado, dejando de lado el optimismo desmedido o la exagerada moderación, porque pueden afectar seriamente a la empresa en su conjunto.

#### 7.1.7. Método de Guerchet

Es una herramienta empleada para calcular los espacios físicos que se requerirán en la planta. El método consiste en que cada elemento a distribuir, la superficie total necesaria se calcula como la suma de tres superficies totales en donde:

- Superficie estática (Ss): Es la superficie correspondiente a los muebles, máquinas e instalaciones.
- Superficie de gravitación (Sg): Es la superficie que se utiliza alrededor de los puestos de trabajo por el obrero y por el material acopiado para las operaciones en curso. Esta superficie se obtiene para cada elemento, multiplicando la superficie estática por el número de lados (N) a partir de los cuales el mueble o maquinaria debe ser utilizado  $S_g = S_s \times N$ .
- Superficie de evolución (Se): Es la superficie que hay que reservar entre los puestos de trabajo para los desplazamientos de personal y para la manutención.  $S_e = k \times (S_s + S_g)$  donde k es un coeficiente igual a 0.05. Éste se calcula como una relación de las dimensiones de los hombres u obreros desplazados y el doble de las cotas medias en los muebles o maquinarias entre los cuáles éstos se desenvuelven.
- La superficie total necesaria para cada elemento a distribuir es:  $S_T = S_s + S_g + S_e$  (Valencia, 2019) [61].

#### 7.1.8. Obtención de las fibras de poliéster a partir del PET

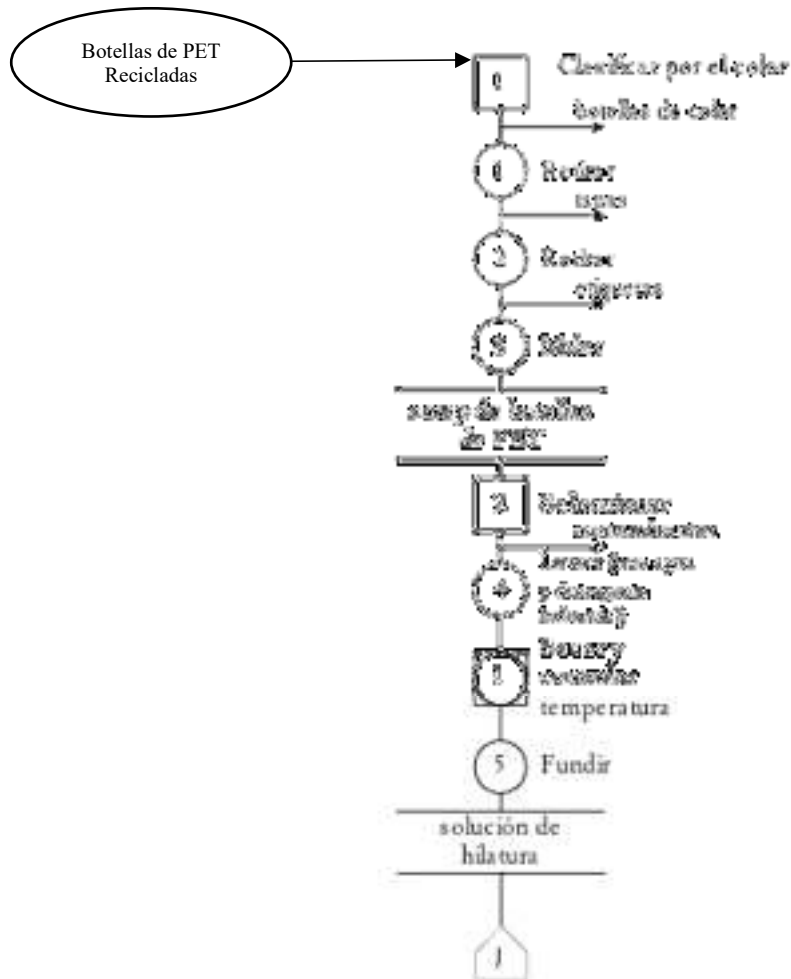
Para El proceso de obtención de las fibras del PET, se inicia con la recepción de la materia prima la cual ingresa en botellas plásticas, se realiza una inspección y limpieza del material; evitando la presencia de residuos no plásticos, suciedad, restos metálicos, compuestos de papel o cartón, etcétera” (Pérez & Ruiz, 2009)[48], luego pasa al lavado con agua a presión que contiene proporciones convenientes de detergente industrial para un proceso más efectivo y posterior a ello el material es enjuagado con agua pura y luego depositado en recipientes que tienen como base una malla metálica antioxidante, que permite que fluya el agua con los residuos aún presentes (Pérez & Ruiz, 2009)[41]. El proceso siguiente es el secado en donde los fragmentos de PET, ya inspeccionados y limpios, antes de entrar al proceso de fundido para el hilado, deben ser secados bajo un constante control de temperatura. Posteriormente, el scrap<sup>4</sup> ya libre de cualquier vestigio de humedad, puede continuar con el proceso siguiente” (Pérez & Ruiz, 2009) [41]. Sigue el proceso de fundido, filtrado y extrusión para hilatura, por medio de un reactor esférico en donde se cargan los polímeros y los monómeros hidroxilados, durante esta etapa se emplea un condensador vertical para evitar la pérdida de material por evaporación. La resina se homogeniza y se descarga en un recipiente metálico” (Centro & Tecnológico, n.d.). “La extrusión es una parte muy importante del proceso de hilatura, consiste en forzar o bombear la solución de hilatura a través de los pequeños orificios de una hilera o tobera. Las fibras obtenidas por la extrusión se enfrían y endurecen al hacer contacto con el aire. Para elaborar una mecha se recolectan fibras de varias hileras. Cada mecha contiene unos 2.400 den<sup>5</sup>. Las mechas se unen para formar el sub-tow que se coloca en recipientes (canecas) capaces de almacenar hasta 300 kilogramos” (Pérez & Ruiz, 2009) [48]. A continuación, se muestra un diagrama del proceso para la producción de fibras de poliéster:

---

<sup>4</sup> Residuos derivados del proceso industrial

<sup>5</sup> Denier. Unidad de medida empleada en el sistema de medición inglés para medir la densidad o masa lineal de las fibras textiles

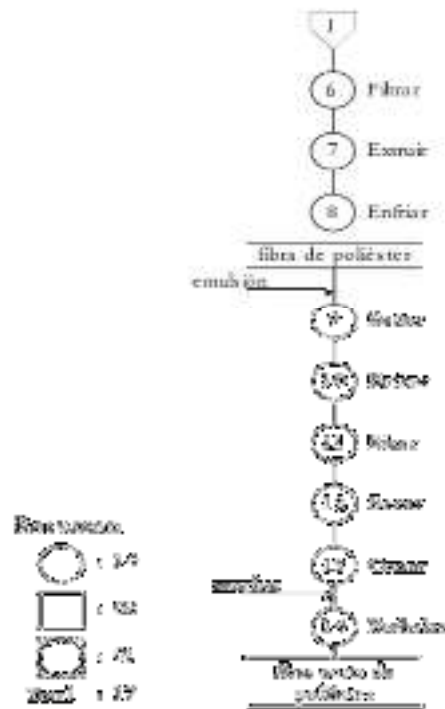
Figura. 8. Diagrama de operaciones del proceso para la producción de fibra de Poliéster.



(continúa)



Introducción



Fuente: Pérez & Ruiz, (2009)

## 7.2. MARCO CONCEPTUAL

### 7.2.1. Polietileno Tereftalato

Para Oviedo (2014):

*El PET (Polietileno Tereftalato) es un material termoplástico liviano, impermeable, poco tóxico, transparente (aunque admite algunos colorantes), no absorbe humedad, inerte (a su contenido), resistente a esfuerzos permanentes y al desgaste, buenas propiedades térmicas (se deforma muy poco con el calor) y actúa como barrera para los gases. Debido a sus propiedades, se ha intensificado su uso en la fabricación de botellas de bebidas (agua mineral, gaseosas,*

*etc.), de aceites, mayonesas, cosméticos, detergentes, bidones, empaques de diversos productos (de alimentos, de ropas, productos farmacéuticos), bandejas, fibras textiles, entre otros. No es biodegradable, pero es totalmente reciclable. [45].*

### 7.2.2. Fibra.

Las fibras “son sustancias muy alargadas producidas por plantas y animales o bien pueden ser artificiales, que se pueden hilar para obtener hebras, hilos o cordelería; en tejidos, en géneros de punto, en esteras o unidas, forman telas esenciales para la sociedad” (Marín & Monroy, 2013) [29].

- Tipos de fibra.

Las fibras se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- Fibras Naturales: “Las fibras naturales son sustancias muy alargadas producidas por plantas y animales, que se pueden hilar para obtener hebras, hilos o cordelería; en tejidos, en géneros de punto, en esteras o unidas, forman telas esenciales para la sociedad” (Marín & Monroy, 2013) [34].
- Fibras Manufacturadas o artificiales: “Las fibras manufacturadas se clasifican en celulósicas (sintetizadas por modificación de celulosa proveniente de árboles o plantas), como rayón, y lyocell, y sintéticas (producidas a partir de compuestos químicos obtenidos del petróleo o el gas natural), como poliéster y nailon” (Doctorovich & Aldabe, n.d.) [15]. Más de la mitad de las fibras que se usan en el mundo son manufacturadas y se forman por extrusión

### 7.2.3. Fibras de poliéster.

Es la fibra manufacturada más vendida y también la más reciclada. Está formada por ésteres tipo (-RO-CO-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-CO-O-) y (-ROCO-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-O-). “Es resistente al estiramiento debido a las fuertes interacciones dipolo-dipolo entre sus cadenas, que se dan principalmente entre los grupos carbonilo (-CO). También resiste a los agentes químicos, las arrugas y la abrasión. Se usa en ropa, cortinas, sábanas, neumáticos, mangueras, cuerdas, redes, etc” (Doctorovich & Aldabe, n.d.) [15].

7.2.4. Tack Time: ritmo en el que se debe trabajar un sistema para cubrir la demanda de un día.

### 7.3. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

**Tabla 2. Relación de antecedentes Reutilización del PET para obtener fibra de poliéster**

Autor/Año	Título	Problema	Metodología o herramientas empleada
Mora, 2017	Propuesta para la reutilización de los residuos PET en la ciudad de Cartagena	Incremento de desechos plásticos en las zonas turística de la ciudad de Cartagena	Modelo Canvas y diagrama de operaciones
Castro, Guevara, Crovetto & Escudero, 2017	Telas de poliéster elaboradas en material reciclado PET	Las empresas de la competencia se están reinventando generando una alternativa de productos reciclados	Matriz DOFA, investigación de mercado y diagrama de proceso
López, 2016	Reciclado del plástico PET para la obtención de fibra textil	Inexistencia de tratamiento de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina	Análisis de oferta y demanda, método cualitativo por puntos para localización óptima del proyecto, método de escala y diagrama de bloques
Oviedo, 2014	Estudio de Factibilidad para Planta de Reciclado de Residuos de Plástico PET	Contaminación a causa del plástico en la ciudad de Córdoba Argentina	Flujograma del reciclado mecánico del PET, Estructura de división del trabajo (EDT), diagrama de Gantt
Chavarro & Valderrama, 2014	Estudio dinámico del impacto ambiental asociado al reciclaje y reutilización de envases pet en el valle del cauca	Problemas ambientales a causa del incremento en el uso de PET en el valle del cauca y el resto del país	Diagramas causales, diagrama de Forrester
Reyes & Ortega, 2011	Modernización de la planta de reciclaje de polietilen tereftalato de la empresa polisuin s.a acoplado un sistema de tratamiento de efluentes.	Coagulación inapropiada en el proceso de clarificación en la planta de reciclaje del PET	Curva de calibración y diseño básico de equipos

**Elaboración. Propia.**

**Fuente. Múltiples**

## 8. OBJETIVOS

### 8.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer un diseño del área productiva de una planta que permita la transformación de las botellas plásticas PET recicladas, mediante un proceso químico- mecánico, para obtener fibras de poliéster, con la finalidad de minimizar la contaminación de este tipo de residuo en Cartagena.

### 8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar, por medio de la investigación y documentación de datos estadísticos, posibles proveedores y clientes para de esta manera poder estimar la demanda de la planta a través del método de pronóstico que mejor se ajuste a los datos.
2. Diseñar el flujograma del proceso, y describir de manera estandarizada cada una de las actividades que hacen parte del proceso.
3. Definir la localización de la planta en la ciudad de Cartagena teniendo en cuenta los factores geográficos, económicos y socio-políticos, que proporcionen una mayor optimización de la propuesta, según el POT<sup>6</sup>.
4. Proponer el layout<sup>7</sup> del diseño de la planta mediante el uso de las ecuaciones dimensionales estáticas, gravitacionales y de evolución, de tal manera que se cumplan los criterios de capacidad y localización planteados anteriormente.
5. Presentar los indicadores de productividad de la planta que permitan medir la capacidad y eficiencia de la misma.
6. Definir el nivel de inversión necesario para construir la planta de transformación química-mecánica del PET diseñada, mediante la cotización de los equipos, mano de obra y demás recursos necesarios.

---

<sup>6</sup> Plan de ordenamiento territorial

<sup>7</sup> Diseño

## 9. METODOLOGÍA

### 9.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación tiene un enfoque aplicado, pues, se conoce el problema y se busca dar solución mediante la aplicación de técnicas investigativas y el planteamiento de respuestas a este.

Es de tipo descriptiva debido a que detalla la situación del estado actual de la producción, consumo, generación de residuos e índices de reciclaje a nivel mundial, en Colombia y en la ciudad de Cartagena; y de tipo propositiva, pues, se fundamenta en la necesidad de disminuir los niveles de contaminación por residuos de PET, y una vez se realicen las investigaciones pertinentes, busca como posible solución al problema, el diseño de un proceso de transformación químico-mecánico del PET reciclado en fibra de poliéster.

### 9.2. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

La recolección de información para el desarrollo de este proyecto se realiza mediante la investigación en bases de datos, de artículos científicos, tesis de grados y proyectos de investigación desarrollados en el área en mención, teniendo en cuenta datos estadísticos de la producción, consumo y el nivel de contaminación de PET que se genera como resultado de estas mismas actividades. Lo que permite realizar un diagnóstico de la situación actual de contaminación por estos residuos en la ciudad de Cartagena.

#### 9.2.1. Población y muestra.

Se realizó la investigación en un ámbito global, en donde se tuvo en cuenta datos estadísticos de los comportamientos de las poblaciones por países en cuanto a la contaminación por residuos de PET, luego se tomó como punto de referencia la contaminación generada a nivel nacional y partiendo de esta, se hizo más específica en la ciudad de Cartagena, en donde se tomaron datos de consumo, y generación de residuos de PET así como de las tasas de reciclaje de este mismo, por parte de la población de esta ciudad.

#### 9.2.2. Fuentes de información.

Fuentes primarias:

- Asesorías docentes de la universidad, datos estadísticos y artículos de investigación.

Fuentes secundarias:

- Tesis, proyectos de investigación, consultas en internet y otras bibliografías.

## 10. RESULTADOS OBTENIDOS

Objetivo 1: Identificar, por medio de la investigación y documentación de datos estadísticos, posibles proveedores y clientes para estimar la demanda de la planta a través del método de pronóstico que mejor se ajuste a los datos.

### CAPITULO 1

Objetivo 1: Identificar, por medio de la investigación y documentación de datos estadísticos, posibles proveedores y clientes para de esta manera poder estimar la demanda de la planta a través del método de pronóstico que mejor se ajuste a los datos.

#### 10.1. ESTUDIO DE MERCADO

Para el análisis del mercado de este proyecto, es necesario reconocer todos los agentes que, con su participación, tendrán algún grado de influencia sobre las decisiones que definirán la estrategia comercial del proyecto. El presente estudio se enfocará a posibles proveedores y clientes, con el fin de tener un amplio conocimiento que permita diseñar el proceso, teniendo en cuenta los aspectos como: materia prima, insumos, localización y distribución estratégica, los cuales que faciliten el desarrollo del proyecto.

Para el desarrollo de esta investigación se acudió a las fuentes de información secundarias, las cuales hacen referencia a datos ya existentes, es decir los datos que han sido publicados con anterioridad.

##### 10.1.1. Estudio de clientes

Es importante, explicar las características de aquellos agentes económicos, que requerirán el producto final al llevar a cabo el proyecto, ya que a partir de ellos se tomarán decisiones importantes que se relacionan con la estrategia comercial del producto.

Si se conocen las características de los consumidores del producto, es posible conocer el comportamiento,

gustos, preferencias y percepciones que tienen. Además, se pueden inferir las posibles reacciones que tendrán frente al bien o servicio. Por lo tanto, el principal determinante del éxito del proyecto, radica en la demanda que exista del producto.

- Definición del mercado relevante.

La fibra de poliéster es empleada a parte de la industria textil, en la automovilística para insonorización del vehículo y en la industria alimenticia para la filtración de los alimentos, sin embargo, el grupo de clientes a los cuales estará dirigido el producto final del proyecto, corresponde a todas aquellas empresas del sector textil que quieran trabajar con materia prima de calidad pero que a su vez hagan parte de la economía circular. El mercado objetivo inicial se encuentra en la ciudad de Cartagena, pero además en la ciudad de Medellín y Bogotá, ciudades donde se encuentran las grandes textileras del país.

Identificación de las bases opcionales para la segmentación.

Según las características del cliente, teniendo en cuenta que el producto final será la materia prima de otro proceso industrial, y en donde el consumidor final no es cliente directo nuestro, es irrelevante analizar la segmentación pictográfica y socioeconómica donde se estudia comportamiento de las personas, características del estilo de vida, las actitudes y la personalidad.

Teniendo en cuenta la segmentación geográfica, el proyecto estará ubicado en la ciudad de Cartagena, en donde “el sector textil cuenta con una expectativa de crecimiento bastante amplia debido a nuevas alianzas que se han realizado con otros países durante el último año” (Hernández, 2019)[24].

El segundo enfoque se relaciona con las respuestas del cliente. Aquí se encuentran las siguientes segmentaciones:

a) La segmentación por beneficios: aquí ubicamos a todos los posibles clientes del proyecto, teniendo en cuenta que el producto que buscan cumplen con las razones básicas para comprarlo, es decir, producto de buena calidad, amigable con el medio ambiente y a un buen precio.

b) La segmentación por uso, se concentrará en el tipo y extensión de los patrones de uso. Es decir, el tipo de usuarios, como usuarios frecuentes, usuarios medios, ocasionales y no usuarios del producto. En esta segmentación se puede hablar se unos clientes frecuentes, teniendo en cuenta que

actualmente en la costa atlántica, la producción de fibra textil de forma natural ha presentado disminución y estancamiento además que los precios no son competitivos.

c) Por servicio.

La segmentación por servicio, es un subconjunto de la segmentación por beneficio, pero considera la manera en cómo los clientes responden a ofertas de servicio variadas. Los diversos elementos del servicio a clientes que se ofrecen y la posible diferenciación en términos de niveles de servicio dentro de estos elementos, representan una oportunidad considerable. Sin duda alguna esta propuesta tiene un gran factor diferenciador, que es la obtención de la fibra textil a partir de material reciclable, esto genera un plus adicional generando un nivel de confiabilidad alto a los posibles clientes y por ende permitirá que ellos mejoren el nivel de sus eco-indicadores.

Teniendo en cuenta todos los aspectos anteriores, la fuerza de ventas del presente proyecto ofrecerá productos textiles a empresas que necesiten de ello para realizar su proceso productivo, que generalmente es la elaboración de prendas de vestir u otros. A estas empresas serán denominadas empresas responsables, ya que trabajaran con telas elaboradas de productos reciclados, a continuación se mencionaran algunos de los posibles clientes que harán parte del proyecto teniendo en cuenta la segmentación anteriormente mencionada.

Los insumos obtenidos en la primera etapa, son procesados para la producción de telas, hilados, tejidos planos y de punto. En conjunto, con la experticia de los operadores y los instrumentos, estos productos se transforman en confecciones. En los últimos cinco años, se registraron en promedio 196 empresas industriales de confecciones en la ciudad de Cartagena (Ver tabla 3). A continuación, se evidencian alguna de las empresas del sector textil ubicadas cerca de mamona, zona propuesta para el desarrollo del proyecto.



**Tabla 3. Relación de empresas sector textil en la ciudad de Cartagena.**

Actividad de la empresa	Micro	Pequeña
Hilatura de algodón	1	
Confección de artículos con materiales textiles no producidos en la misma unidad	10	
Confección de cortinas y artículos de ornamentación en textiles	3	
Fabricación de carpas	1	
Confección de cubrelechos, almohadas	2	
Confección de colchas, toallas, cobijas	1	
Fabricación de tejidos y artículos de punto y ganchillo	1	
Fabricación de prendas de vestir en tejido de punto elaborados en la misma unidad de producción	2	
Fabricación de prendas de vestir, Preparado y teñido de piel	3	
Fabricación de prendas de vestir, excepto prendas de piel	123	4
Fabricación de ropa exterior, para hombre y niño	11	1
Fabricación de ropa exterior para mujer y niña	12	
Fabricación de ropa para bebé	1	
Fabricación de ropa de trabajo	12	
Fabricación de vestidos de baño	4	
Fabricación de ropa sobre medidas	4	
<b>Total</b>	<b>191</b>	<b>5</b>

**Elaboración. Propia**

**Fuente. López & Cámara de comercio Cartagena, 2013**

A continuación, se relacionarán los posibles clientes del proyecto.

**Tabla 4. Posibles clientes del proyecto**

Coltejer	Medellín
Fabricato	Medellín
Tejicondor	Medellín
Textimundo	Bogotá
Na	Bogotá
Nypol s.a.s	Bogotá
Exiplast	Bogotá

**Elaboración. Propia.**

#### 10.1.2. Estudio proveedor

Para un diseño de proceso químico-mecánico que permita la transformación de las botellas plásticas PET recicladas, para la obtención de fibras de poliéster se requieren variedad de insumos y equipos tanto para la obtención de un producto final como la instalación del proceso. En este sentido, los equipos que se utilizan para este fin, se caracterizan por ser muy costosos y de una elevada mantención a causa de su gran complejidad tecnológica. Por el contrario, los insumos utilizados para la fabricación de fibras de poliéster a partir de PET son, por lo general más económicos y están disponibles en el mercado nacional y la materia prima se obtendrá por medio del reciclaje en la ciudad, el cual se hará a través de la compra a recicladores y recolección en puntos de acopio en la ciudad de Cartagena. De acuerdo a esta diferenciación es factible distinguir entre distintos mercados en este rubro económico.

- Determinación de requerimientos de calidad.

Al momento de seleccionar un proveedor es necesario tener un amplio conocimiento sobre sus características, clientes, experiencia en la industria, todo esto con el fin de saber si pueden garantizar los mejores productos y servicios para brindar una confianza a los clientes, ya que si se selecciona un proveedor que no cumple con los requisitos de calidad es posible que se generen altos costes de producción y una incidencia negativa en la rentabilidad de la empresa.

Para la presente investigación se han seleccionado algunos de los aspectos fundamentales para la selección de los

proveedores que proporcionaran los insumos al proyecto.

- La empresa debe conocer los requerimientos normativos y legales en torno a la calidad.
  - Debe contar con una excelente reputación, la cual genere credibilidad, garantizando el poder contar con los insumos y las materias primas en las cantidades, los plazos y en las condiciones requeridas en cuanto a calidad y especificaciones, trabajar con empresas serias que puedan garantizar cierta continuidad en el suministro y que tengan un alto grado de cumplimiento.
  - El poder contar con un proveedor dentro de la misma ciudad, puede ser la mejor alternativa, sin embargo, al hacer uso de las fuentes secundarias se pudo constatar que muchos de los insumos necesarios para el proceso no se encuentran en esta ciudad, pero a nivel nacional hay empresas que poseen un lead time bajo y minimizan los posibles retrasos, proporcionando un excelente desplazamiento y logística necesaria para hacer la entrega just in time.
  - Tener un plan de auditorías internas donde se involucren todas las áreas de la compañía, que puedan garantizar un proceso de calidad y por ende un producto de excelentes condiciones.
- Identificación y ubicación geográfica de los posibles proveedores.

Para la selección de los posibles proveedores se ha elaborado una matriz de evaluación en donde se califica todos los aspectos mencionados anteriormente correspondiente a calidad, capacidad técnica, precio, atención al cliente y certificaciones, teniendo en cuenta que los proveedores con un puntaje superior al 70% obtuvieron resultados satisfactorios y pueden prestar el servicio al proyecto y los que obtuvieron una calificación menor o igual a 69%, necesitan realizar mejoras en sus procesos y todavía no están listos para ser proveedores nuestros.

A continuación, se presentan una matriz de evaluación de posibles proveedores la cual muestra los resultados finales obtenidos luego de haberle realizado el estudio de proveedor (Ver anexo 1) a varias empresas del sector químico que ofrecen los insumos necesarios para la elaboración de nuestro producto como lo son, catalizador de Zinc, Anhídrido maleico, octoato de Cobalto entre otros, (Ver tabla 5).

**Tabla 5. Matriz de evaluación de proveedores**

Criterios	Proveedor 1 Protokimica s.a.s	Proveedor 2 Bioquigen	Proveedor 3 Química del caribe	Proveedor 4 Interkrol	Proveedor 5 Elementos Químicos	Proveedor 6 Producciones química	Proveedor 7 Dow Química Colombia	Proveedor 8 Real s.a.s
Criterio 1 ( Cumplimiento)								
Tiempo y cantidad del producto	5	5	5	5	5	5	5	5
Apoyo técnico oportuno	5	5	1	5	5	5	5	5
Servicio al cliente	5	1	5	5	5	5	5	5
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
Criterio 2 (Capacidad técnica)								
Personal y tecnología adecuada	5	5	1	5	5	5	5	5
Stock de mercancía y recursos suficientes para la prestación del servicio	5	5	1	5	5	5	5	1
Garantía del producto	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>11</b>
Criterio 3 (Precio)								
Precios asequibles	5	1	5	5	5	1	5	1
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>1</b>

Criterio 4 (Calidad)								
Cumplimiento de los requisitos solicitados	5	5	5	5	5	5	5	5
Certificación de calidad de una entidad conocida	5	5	1	5	5	5	5	1
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>6</b>
Criterio 5 (Ubicación)								
Cercanía con la planta principal	1	1	5	1	1	1	5	5
Conexiones de transporte	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>Puntaje Total %</b>	<b>83,6</b>	<b>78,2</b>	<b>70,9</b>	<b>92,7</b>	<b>92,7</b>	<b>85,5</b>	<b>100</b>	<b>78,2</b>

Fuente: Propia.

Luego de haber realizado el estudio antes mencionado se han seleccionado los proveedores que obtuvieron una mayor calificación los cuales cumplen con los requisitos propuestos, como lo son calidad, cumplimiento, infraestructura y precio. A continuación, se resumen los proveedores seleccionados con el producto requerido para nuestro proceso (Ver tabla 6).

**Tabla 6. Ubicación geográfica de posibles proveedores**

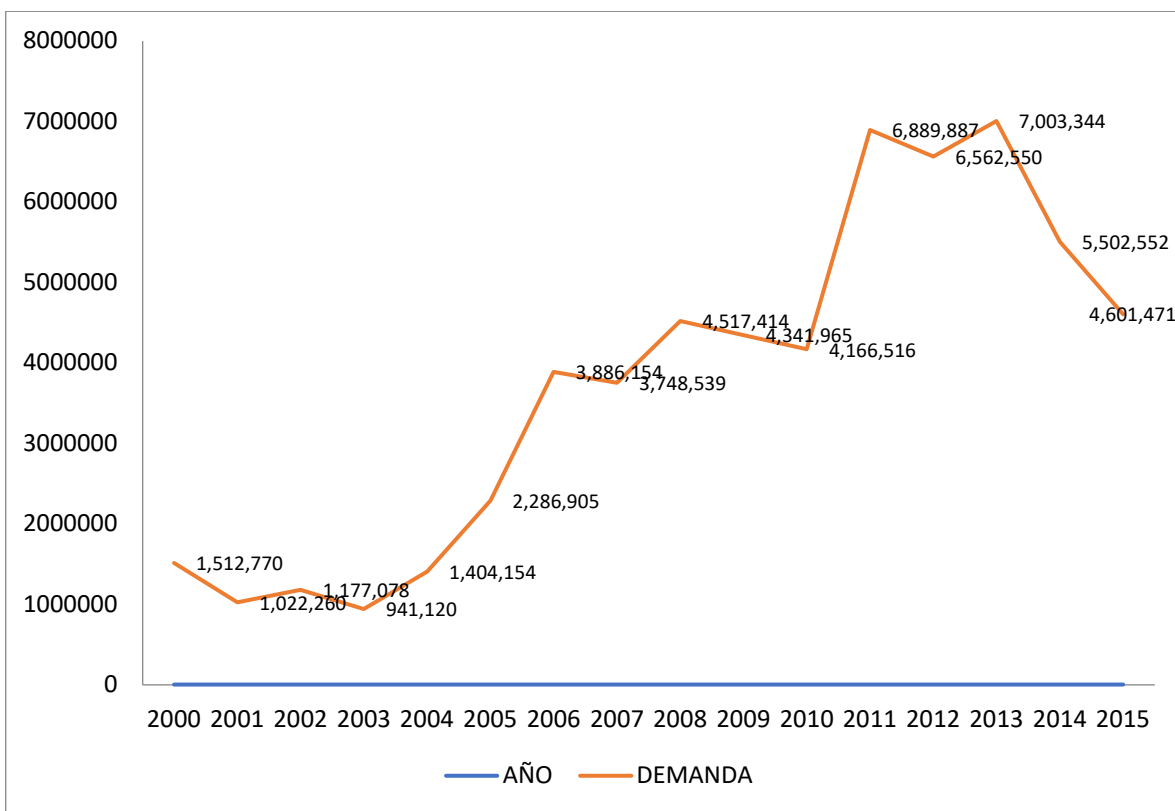
Concepto	Nombre	Posibles proveedores	Ubicación	
Materia prima	Botellas plásticas PET	Recicladores, empresas, barrios o comunidades que reciclen.	Cartagena	
Catalizador	Dióxido de Zinc	Protokimica sas,	Medellín	
		Bioquigen	Bogotá	
Aditivos	Anhídrido Maléico	Dow Química de Colombia S.A.,	Bogotá	
		Interkrol		
		Elementos químicos Ltda		
	Estireno	Químicos plásticos,	Bogotá	
		Dow Química de Colombia S.A		
		Interkrol,		
	Octoato de Cobalto		Andercol	Cartagena
			Producciones químicas s.a.s	Bogotá
		Mar químicos	Bogotá	
MEK-peróxido	Polisuin			

**Elaboración. Propia.**

### 10.1.3. Análisis de la demanda

A la fecha la ciudad de Cartagena no cuenta con datos históricos correspondientes a clientes de fibra de poliéster, dado que en la ciudad no hay proyecto similar al que se propone, por tal razón se ha tomado como objeto de estudio la demanda histórica de los periodos 2000-2015 de las fibras de poliéster de la ciudad de Bogotá, teniendo en cuenta que es una de los grandes productores de este material (Dane Bogotá, 2015) [11].

**Figura. 9. Demanda histórica fibra de poliéster en Bogotá**

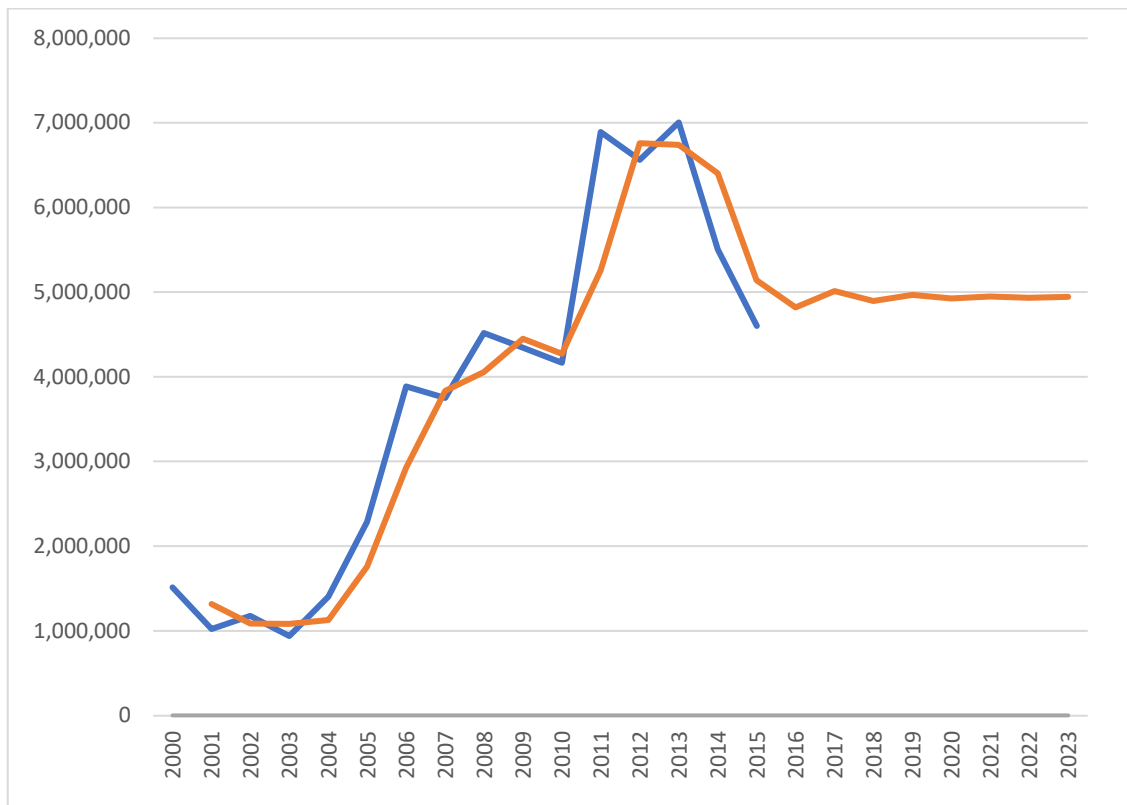


**Fuente. Dane Bogotá, 2015**

**Elaboración. Propia**

Para tener un estimado de la demanda de este producto hasta el año 2024, se pronosticará con los datos históricos mencionados anteriormente, el método seleccionado ha sido promedio móvil ponderado 2 (Ver figura 10)

**Figura. 10. Pronóstico promedio móvil ponderado 2 de la fibra de textil hasta el año 2024**

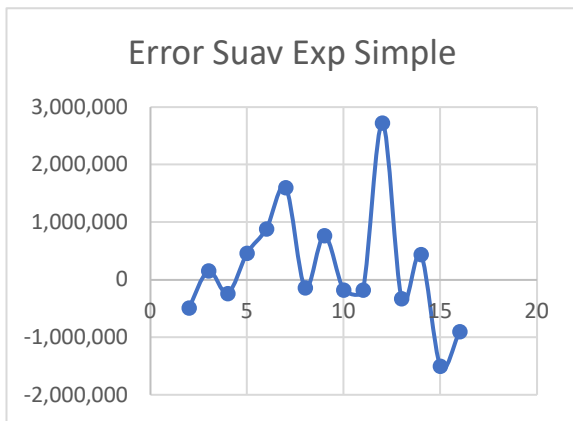


**Elaboración. Propia**

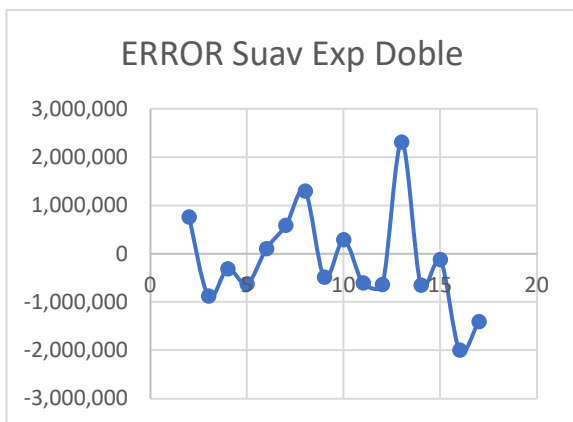
Para la selección del método anterior se estudiaron varios métodos de pronósticos dentro de los cuales se encuentran: suavización exponencial simple y doble, mínimos cuadrados, promedio móvil ponderado de orden 2 y 3. En cada uno de ellos se determinó la medida error y al realizar su comparación se obtuvo que el método que menor error presentaba era el promedio móvil ponderado de orden dos con un error porcentual del 16% y una ponderación de 0,6 para los datos históricos antiguos y 0,4 para los datos históricos más recientes (Ver figura 11). De esta forma se obtiene que para el año 2020 la demanda de fibra de poliéster corresponderá a 4.923.612 Kilogramos.



Figura. 11. Medidas de error de los diferentes pronósticos estudiados.

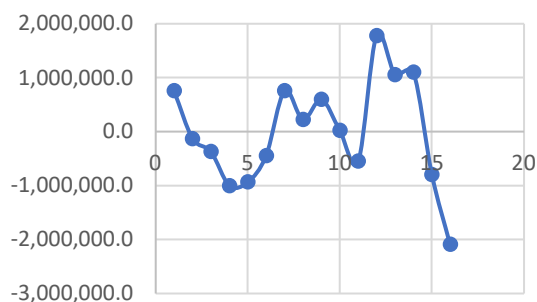


Suav. Exp. Simple	
ME	205.913
MAD	731.806
MSE	1.021.712.363.111
MAPE	22%



Suav. Exp. Doble	
ME	- 150.114
MAD	817.040
MSE	1.045.467.721.413
MAPE	29%

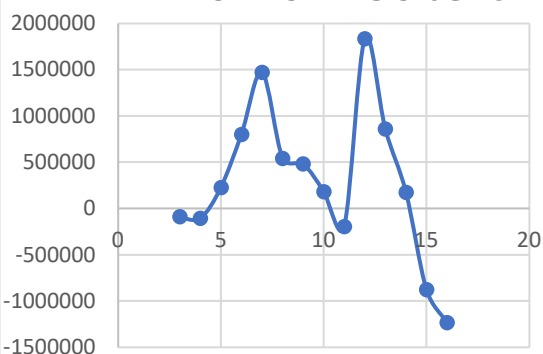
Error Minimo Cuadrados



Mínimos Cuadrados

ME	-
MAD	788.134
MSE	911.664.966.192
MAPE	29%

Error Movil De orden 3



Prom. Móvil. Pond P3

ME	357.703
MAD	740.754
MSE	824.105.630.394
MAPE	23%

#### 10.1.4. Análisis de producción mensual

La producción mensual con la que trabajaría el proyecto sería de un 50% de la demanda estudiada anteriormente, la cual garantizaría el cumplimiento de la demanda en la ciudad de Cartagena equivalente al 3% de la industria de fibra textil a nivel nacional (superintendencia de Industria y Comercio, 2010) [58], y también permitirá tener clientes en las ciudades Medellín y Bogotá, teniendo en cuenta la fuerte participación de las mismas en la industria. Otro criterio para la selección de este porcentaje está relacionado con las características técnicas de los equipos que ofrece el mercado para el montaje de este proyecto, donde se pudo evidenciar que si se trabaja con una demanda inferior a la propuesta no habría equipos con dicha capacidad de producción, es decir se comprarían equipos con una

capacidad mucho mayor a la producción causando así, un desempleo de factores generado por el desequilibrio que hay entre la capacidad instalada y un mínimo volumen de la producción.

Si la demanda pronosticada para el año 2020 corresponde a 4.923.612 Kilogramos de fibra textil anuales, el 50% equivale a:

$$50\% \text{ de } 4.923.612 = 2.461.806 \text{ Kg de FP anuales}$$

Lo cual corresponde a una producción mensual de:

$$2.461.806 \div 12 = 205.150,5 \text{ Kg}$$

Para calcular la materia prima (PET) requerida para poder realizar la producción mensual de 205.150,5 Kg de fibra de textil, se tiene la premisa que con cada Kilo de PET se pueden obtener 900 gramos de fibra de poliéster (Schwanse, 2007) [55]. Para ello es necesario trabajar con las mismas unidades de medida por tal razón:

$$900 \text{ gr.} \cdot \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ gr}} = 0,9 \text{ Kg}$$

Con lo anterior se puede determinar la cantidad de PET requerida para cumplir con la demanda mensual de Fibra de poliéster.

$$1 \text{ Kg PET} \rightarrow 0,9 \text{ Kg de fibra de poliester}$$

$$X \rightarrow 205.150,5 \text{ Kg}$$

(Cantidad de PET requerida) (Cantidad mensual de fibra de poliéster a producir)

De esta forma:

$$X = \frac{1 \text{ Kg de PET} \times 205.150,5 \text{ Kg de FP}}{0,9 \text{ Kg de FB}}$$

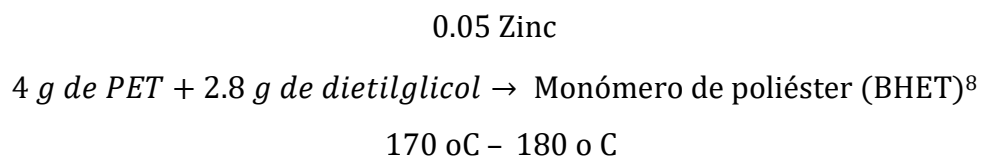
$$X = 227.944.4$$

Es decir, la cantidad de Kg de PET requeridas mensualmente para cumplir con la demanda es de 227.944,4

#### 10.1.5. Análisis de insumos mensual

Para analizar las proporciones de insumos requeridas para la elaboración de 205.150,5 Kg de fibra de poliéster es necesario estudiar algunas de las propiedades de sus componentes tales como el etilenglicol, el cual es producido por oxidación catalítica del etileno, es empleado para la producción de fibras de poliéster como disolvente del plástico. Es muy importante para que en la síntesis industrial el glicol esté exento de impurezas coloreadas, agua, ácidos o halógenos. “Uno de los factores principales de que el proceso se desarrolle de manera óptima es el catalizador, en este caso corresponde al dióxido de Zinc el cual ayuda con el rompimiento de la cadena polimérica, este se emplea en una proporción de 0.05 %” (Dimitu y Firas, 2015) [13].

La primera etapa del proceso se puede resumir en la siguiente ecuación:



Luego de obtener el monómero de poliéster, este reacciona con el ácido anhídrido y el anhídrido ftálico para producir la fibra de poliéster final, esto se hace a través del proceso de polimerización específicamente por la policondensación, la cual se realiza en presencia de ácidos carboxílicos multifuncionales como, por ejemplo, los ácidos Maléico, succínico, adípico e itacónico. Y posterior a ello se realiza un tratamiento con ácidos ftálico, como el Maléico o el succínico, para sustituir los grupos terminales hidroxilo por carboxilo. Todo lo anterior se da a través de agente reticulante en el que generalmente se utiliza el estireno, la polimerización con estireno se produce a la temperatura ordinaria según un mecanismo de radicales libres, sin que se originen productos secundarios. Para la

---

<sup>8</sup> bis hidroxietil tereftalato

producción de fibra de poliéster, el porcentaje de la presencia de esta sustancia corresponde del 30 % y 60%.

Ideam en la guía de Anhídrido Maleico, Ideam (2015) menciona:

*El ácido anhídrido Maléico se utiliza mucho para la producción de poliéster, manufactura de resinas alquímicas, lacas para interiores, terminaciones de automóviles, plastificadores reactivos y pinturas y lacas para aplicaciones navales. La alta reactividad del Anhídrido Maléico se debe a la presencia del doble enlace en la estructura. La adición de sustancias halógenas permite la formación de anhídridos maléicos succínicos mono o di halogenados, dependiendo de las condiciones de reacción. La hidrogenación produce Anhídrido succínico, 1,4-butanodiol, tetrahidrofurano o butirólactona, dependiendo de las condiciones de reacción. Por la adición de olefinas se forman anhídridos alquenosuccínicos. El Anhídrido Maléico es utilizado para reacciones de homo polimerización y copolimerización.[25].*

De esta forma se pueden obtener estimaciones de las proporciones requeridas de los insumos para la elaboración de fibra textil obteniendo la siguiente relación:

**Tabla 7. Estimación de insumos**

Descripción de insumos	Proporciones
Alcohol monómero etilenglicol	
PET (escamas)	
Acido anhídrido Maléico	20,00%
Estireno	45,00%
Anhídrido ftálico	2,00%
Catalizador dióxido de Zinc	0,05%
Total	67,05%

**Fuente. Propia.**

En la tabla anterior aún no se ha determinado la participación de dos sustancias fundamentales que son las escamas de PET y el Etilen glicol, correspondiendo estas al 32.97%. Anteriormente se había mencionado una relación de peso para la obtención del monómero de poliéster, dicha relación corresponde al 58.8 % de la presencia de PET y el 41.1% de Etilglicol necesaria para la obtención de la fibra de poliéster; de esta forma es fácil determinar su participación en la tabla de proporciones de insumos. Si 32.97 equivale al 100%, el 58.8% de gramos de PET corresponde al 19.3, análogamente se hace con el Etilglicol, obteniendo una proporción del 13.5%, de esta forma se obtiene la relación total de insumos y sus proporciones para la elaboración de fibra de poliéster. (Ver tabla 8).

**Tabla 8. Estimaciones de las proporciones de insumos para la elaboración de Fibra de poliéster.**

Descripción de insumos	Proporciones
Alcohol monómero dietilenglicol	13,50%
PET (escamas)	19,30%
Acido anhídrido Maléico	20,00%
Estireno	45,00%
Anhídrido ftálico	2,00%
Catalizador dióxido de Zinc	0,05%

**Fuente. Propia.**

Teniendo en cuenta que la cantidad de PET requerida equivale a 227.944,4 Kilogramos mensuales para la elaboración de 205.150,5 Kg de fibras de poliéster, y además los porcentajes requeridos de cada insumo, se puede determinar las cantidades de cada uno de los insumos para la producción mensual (Ver tabla 9).

**Tabla 9. Cantidad de insumos necesarios para la producción mensual.**

Descripción de insumos	Proporciones	Cantidad requerida para la producción mensual (Kg)
Alcohol monómero alcohol dietilen glicol	13,50%	159.442,90
PET (escamas)	19,30%	227.944.4
Acido anhídrido Maléico	20,00%	236.212
Estireno	45,00%	531.477
Anhídrido ftálico	2,00%	23.621,20
Catalizador dióxido de Zinc	0,05%	590,5

**Fuente. Propia.**

## **CAPÍTULO 2**

Objetivo 2: Diseñar el flujograma del proceso, y describir de manera estandarizada cada una de las actividades que hacen parte del proceso.

### **10.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

#### 10.2.1. Descripción de las etapas del proceso

Para la obtención de fibra textil por medio de la transformación de las botellas de PET recicladas, se debe contar con la materia prima principal que son botellas plásticas PET. Este es el principal componente para el desarrollo del proceso productivo antes mencionado. La propuesta está encaminada a su obtención por medio del reciclaje de este material en la ciudad de Cartagena.

- Inspección: el proceso inicia con una inspección de la materia prima realizada por tres operadores en un tiempo promedio de 15 minutos, cada uno de ellos verifica el material para evitar la presencia de residuos no plásticos, suciedad, restos metálicos, compuestos de papel o cartón, y además verificando que el material sea PET y no otro tipo de plástico, si el material

no corresponde se elimina del proceso si pertenece sigue a la siguiente etapa. esta etapa tiene un tiempo aproximado de 15 minutos y es realizado por 3 operadores. (Pérez & Ruiz, 2009)[47].

- Clasificación por color: los mismos tres operadores son los encargados de llevar a cabo esta etapa del proceso, por medio del trabajo manual se encargan de separar cada una de las botellas PET por su color, esto se realiza en un tiempo aproximado de 10 minutos y luego de ello el material es colocado en una banda transportadora para siguiente proceso.
- Retiro de tapas: análogamente al proceso anterior se realiza el retiro de las tapas de forma manual y con el mismo número de operadores, las etapas son eliminadas porque el material del que están hechas es PoliPropileno (plástico 5, PP), un tipo de plástico diferente al de las botellas (PET), por esto lo ideal es remover las tapitas de las botellas y juntarlas por separado. Este material puede servir de materia prima para otros procesos, razón por la cual pueden ser donadas a otras entidades que recolectan este tipo de material, como la fundación esperanza de vida (FUNDIVIDA), ayudando a los niños que pelean contra el cáncer y enfermedades hematológicas.
- Eliminación de etiquetas: cuando las botellas PET llegan a esta estación del proceso, un operador es el encargado de ingresar el material por la parte superior del equipo denominado saca-etiquetas, el cual se compone de un eje con paletas que al girar a gran velocidad despoja a las botellas de las etiquetas por autofricción hasta un 96%. Las paredes metálicas del equipo presentan perforaciones, de aproximadamente 5cm, que permiten la eliminación de las mismas, el proceso toma un tiempo promedio de 15 minutos.
- Molino de botellas: en esta etapa del proceso las botellas luego de ser despojadas de las tapas y etiquetas, se introducen en un molino triturador cuya capacidad es de 300 a 500kg/h, este proceso tarda 10 minutos y es supervisado por un operador.
- Lavado: este proceso tiene una duración aproximada de 45 minutos y es realizada por un trabajador, cuyo objetivo es eliminar todos los residuos no plásticos del material, por medio de una máquina de lavado que trabaja de 300 Kg/h a 1000Kg/h y empleando detergente para un proceso más efectivo. Las entradas para el proceso son agua, y PET reciclado (RPET). Este proceso debe darse a una temperatura por debajo de la fusión siendo el adecuado 54°C. El material es depositado en recipientes que tienen como base una malla metálica antioxidante de



no más de 1/8 de pulgada de diámetro, que permite que fluya el agua con los residuos aún presentes, , luego el material es transportado por la misma banda transportadora a la secadora.

- Secado: los fragmentos de PET, ya inspeccionados y limpios, antes de entrar al proceso de fundido para el hilado, deben ser secados bajo un constante control de temperatura. En esta etapa el material que se encuentra en la banda transportadora es depositado a unos recipientes que tienen como base una malla metálica antioxidante de no más de 1/8 de pulgada de diámetro, que permite que fluya el agua con los residuos aún presentes. Esta operación está a cargo de un operador, tarda 45 minutos y emplea un secador de tambor rotatorio el cual tiene una capacidad de 300 Kg/h a 720Kg/h y con una potencia de 350 W. (Pérez & Ruiz, 2009)[47].
- Fundido: el material PET ya libre de cualquier vestigio de humedad, puede continuar con el proceso de fundido, etapa en el que el proceso pasa de ser mecánico a químico, añadiéndole todas aquellos aditivos y catalizadores tales como el dióxido de Zinc, Alcohol monómero alcohol dietileno glicol, estireno y Acido anhídrido Maléico en una proporción de 0,05%, 13,5%, 45% y 20% respectivamente y formando una solución viscosa (tipo jarabe), que se da por medio del proceso de fundición en una mezcladora cuya capacidad es de 300 a 600 kg/h, es aquí donde se forma la resina de poliéster, el cual es una solución de hilatura o pasta hilable, esta fase es realizada por un operador el cual se encarga de ingresar las sustancias a la mezcladora y supervisar los parámetros del proceso como las concentraciones y temperatura, la reacción tiene un duración de 180 minutos.
- Extrusión: el segundo subproceso corresponde a la extrusión de esta solución a través de una tobera para formar la fibra, la extrusora trabaja con una capacidad de 300Kg/h a 500Kg/h este proceso tarda 10 minutos y es una parte muy importante del proceso de hilatura, la cual consiste en forzar o bombear la solución de hilatura a través de los pequeños orificios de una hilera o tobera, (Una hilera es una boquilla pequeña, semejante a un dedal). “Las fibras obtenidas por la extrusión se enfrían y endurecen al hacer contacto con el aire. Para elaborar una mecha se recolectan fibras de varias hileras. Cada mecha contiene unos 2.400 den” (Pérez y Ruiz, 2009) [47]. Las mechas se unen para formar el sub-tow que se coloca en recipientes (canecas) capaces de almacenar hasta 300 kilogramos. Luego, las canecas se colocan en filetas, esperando la siguiente subetapa del proceso. Esta operación tarda 10 minutos aproximadamente y está a cargo de un operador.

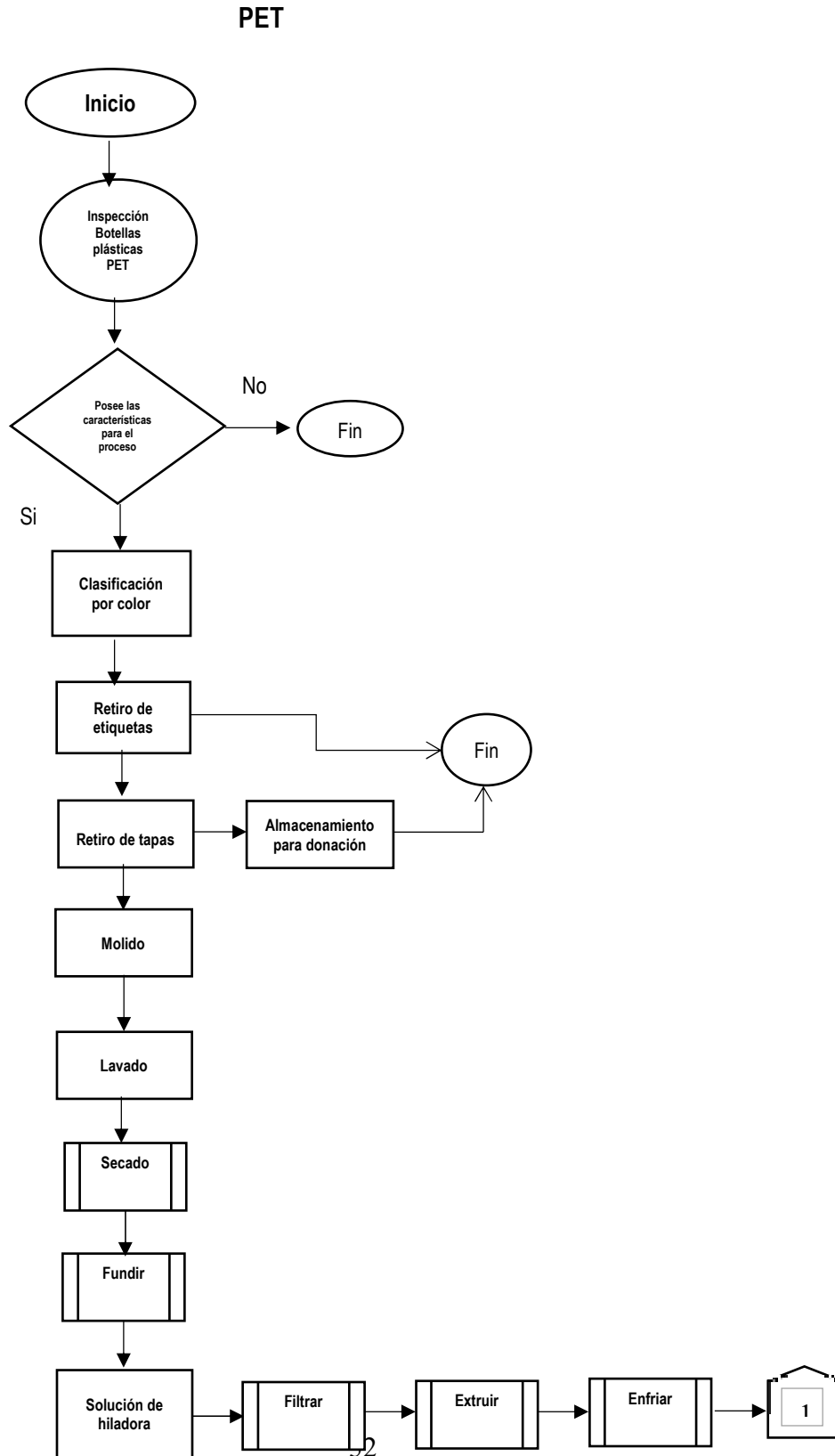
- Enfriamiento: la solidificación de la fibra por coagulación, evaporación o enfriamiento se da través de un baño de agua con aceite dentro de la misma extrusora la cual posee esta tecnología, la cual posee una capacidad de producción de 100 a 1.000 kg/h, este proceso es vital para el proceso de estiramiento, en donde las fibras artificiales, al ser extruidas, presentan un estado molecular aleatorio, sin orientar, esta fase tarda 5 minutos y la persona que se encarga de controlar los parámetros es la misma de la etapa anterior teniendo en cuenta que el equipo es el mismo.
- Estirado: por medio de este proceso se aumenta la cristalinidad y distribución interna ordenada de la fibra reduciendo el diámetro (disminuyendo por consiguiente el título o denier) y agrupando las moléculas juntándolas más. En el proceso de estirado los poliésteres deben estirarse en caliente para que la alineación molecular sea efectiva. Las cadenas moleculares se mantienen unidas entre sí por enlaces cruzados o por fuerzas intermoleculares (llamadas enlaces de hidrógeno y fuerzas de Van der Waals) La cristalinidad y orientación se relaciona con propiedades físicas de la fibra. La resistencia a la abrasión, la elongación, la absorción de humedad, así como la receptividad de la fibra a los colorantes, son algunas de esas propiedades (Coreño y Méndez, 2010) [9].
- Rizado: Continúa la etapa de rizado, el cual hace referencia a las ondas, quiebres, rizos o dobleces a lo largo de su longitud. Este tipo de ondulación aumenta la cohesión, resiliencia, resistencia a la abrasión, elasticidad, volumen y conservación del calor. El rizado también aumenta la absorbencia, y si bien favorece la comodidad al contacto con la piel, puede reducir el lustre. Este proceso se hará de forma mecánica a partir de unos rodillos gravados con una capacidad desde los 300 kg/h, una duración de 5 minutos y la operación está a cargo de una persona capacitada. El rizado o crimpado favorece la cohesión, es decir, la capacidad de las fibras de permanecer juntas durante la hilatura. Además, contribuye a darle resistencia al deshilachado de la tela posteriormente. El material (sub-tow) una vez rizado, pasa por un túnel de secado para fijar el rizo en la fibra, esto toma un tiempo de 10 minutos aproximadamente. La mecha continua se llama ahora tow, quedando lista para la obtención de fibra corta, dándole la longitud de corte deseada. También el tow puede ser acondicionado para mezcla con lana si es cortado de manera especial para este fin unos 6 den (Pérez y Ruiz, 2009) [47].
- Empaque: luego del corte del tow de acuerdo a las longitudes predeterminadas el producto se

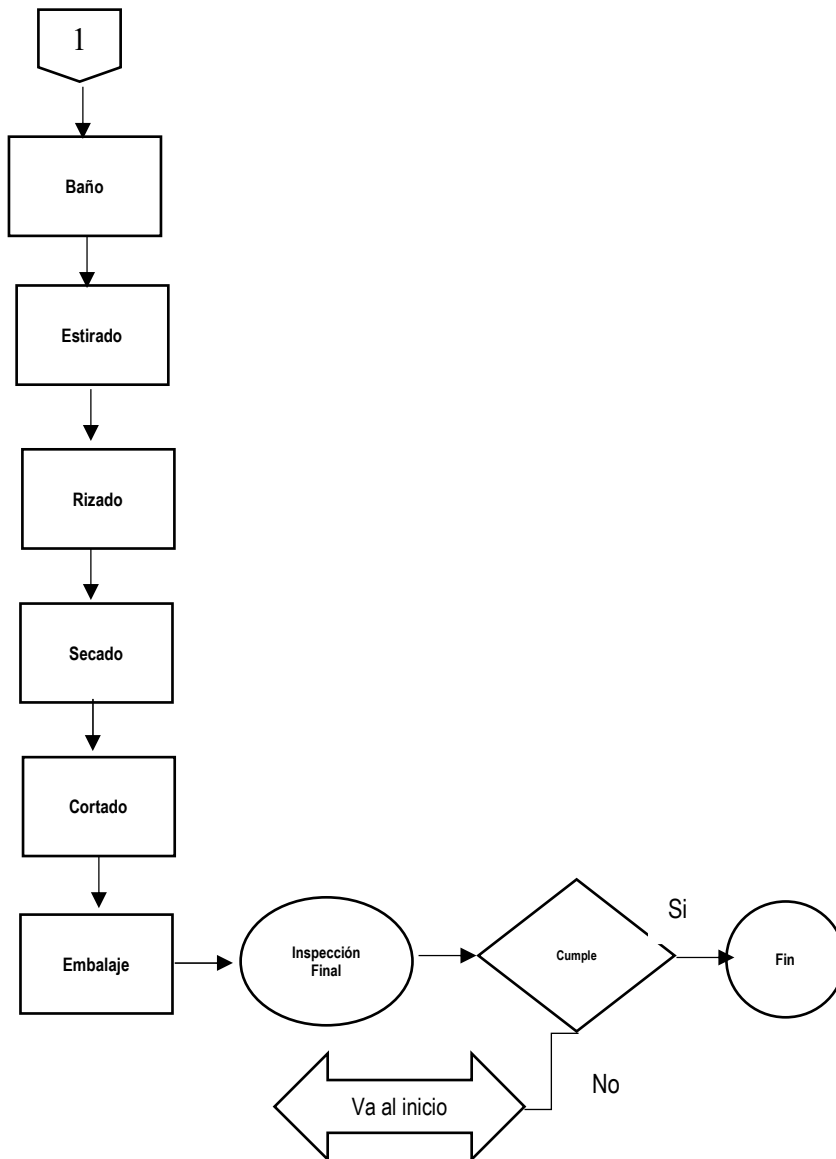
embala en pacas de unos 300 kilogramos, ajustadas con zunchos de plástico, este proceso tiene una duración de 20 minutos.

- Inspección final: El producto final está listo para ser comercializado bajo el nombre de fibra corta de poliéster, de acuerdo a las especificaciones solicitadas y requeridas por el mercado. El proceso concluye con una inspección final la cual es realizada por tres operadores y tarda unos 30 minutos, en donde se determina si el producto cumple con las características requeridas, por ejemplo, dimensiones y peso (Ver figura 12).

10.2.2. Flujograma del proceso.

Figura. 12. Diagrama de flujo obtención de fibra textil a partir de botellas





### 10.2.3. Equipos y maquinaria a implementar

Para determinar los equipos y maquinaria a implementar es necesario tener varios aspectos en cuenta como lo son, demanda a satisfacer, turnos laborales y capacidad de producción de los equipos.

El arranque de una planta de procesos implica tiempo, costo y responsabilidad, para ello es necesario realizar un análisis de las condiciones operativas, para garantizar que las variables dentro del proceso estén dentro de los parámetros, para la obtención de fibra de textil a partir de PET es necesario cuidar

ciertas variables tales como temperatura, presión y concentración de los insumos, si dentro de este proceso se realizaran paradas y posterior a ello arruques de plantas habría que hacer muestras de los primeros productos que se obtienen y mirar si cumple con las especificaciones, de no serlo es necesario realizar ajustes y seguir con prueba y error; por esta razón en este proyecto se empleara el metodo de escalación, el cual permite determinar la capacidad óptima de producción, teniendo en cuenta los equipos disponibles en el mercado y de trabajar en 3 turnos al dia.

La demanda que se desea cumplir mensualmente corresponde a 205.150,5 Kilogramos de fibra de poliéster, sin embargo, para hallar la demanda diaria se ha decidido contemplar dos paradas correspondientes a mantenimientos preventivos por tal motivo no se dividirá la demanda mensual en 30 días sino en 28, obteniendo de esta forma:

$$205.150,5 \div 28 \text{ dias} = 7.326,8 \text{ Kg/dia y}$$

$$7.326,8 \div 22.5 = 325,63 \text{ kg/h}$$

Para cumplir con lo anterior se trabajará de forma continua, en donde la planta funcionará por 3 turnos laborales al día, durante los 7 días de la semana, para ello es necesario buscar equipos que cumplan con esta capacidad de producción (325,63 Kg / hora).

#### 10.2.3.1. Equipos propuestos

<b>Removedor de etiqueta Mooge technology EI LMD-11</b>	
Capacidad	300-500 kg/h
Peso	1400 KG
Dimensiones	3800*1400*2300mm
Precio	USD3.100
<b>Molino Martillo</b>	
Capacidad	100-500 Kg/h
Peso	1800 Kg
Dimensiones	2000 x 1800 x 2800 mm

Precio	USD2.500
<b>Máquina de limpieza de agua WR—PET</b>	
Tecnología	De agua
Características	de acero inoxidable, de fricción, para botellas, para plástico, tratamiento por vía húmeda, por aspersion, por rotación y agitación
Modo de funcionamiento	Automatizada
Capacidad	1000 Kg/h
Peso	10-30ton
Dimensiones	120*85*170 cm
Precio	USD25.000
<b>Malla metálica antioxidante</b>	
Características	Malla de caja de acero inoxidable
Tamaño	116X103X97 cm
Dimensiones de la rejilla	50*50 mm
Capacidad	1000 kg
Precio	US 660
<b>Secador al vacío NASER NHD600</b>	
Dimensiones	1580*1160*2400 mm
Peso	280 Kg
Capacidad	300-500 Kg
Precio	USD2.879
Temperatura de aire de entrada	Menor que 700 °C
Potencia del ventilador	350
<b>Molino triturador</b>	
Dimensiones LxAxh	1300x1000x1520mm
Peso	800 Kg
Capacidad	300-720 Kg/h

Precio	USD4.800
Potencia	10 CV (7,5 KW)
<b>Mezcladora</b>	
Dimensiones (L*W*H)	1580*1300*2400mm
Peso	310 Kg
Capacidad	300-600 Kg/h
Precio	\$3,874.86
Voltaje	380 V/50Hz/3 fase
<b>Extrusora</b>	
Dimensiones	21 m * 2.8 m * 2,6 m
Peso	19.5 Ton
Capacidad	300-500Kg/h
Precio	USD 28.200
Potencia	100KW
Tensión	220/380 V
<b>Rodillos gravados</b>	
Dimensiones	3200mmx6000mm
Capacidad	100set/Month
Precio	USD \$ 10000
Velocidad	Ajustable
<b>Túnel secador</b>	
Características	Equipo de secado rotativo
Dimensiones ( L* A*A)	1800*1000*1280mm
Tensión	380 V
Peso	160 Kg
Precio	USD110.000
Energía	4100 W
Capacidad	25 Set/Month
<b>Cortadora Maisheng MS-1600-4</b>	



Dimensiones ( L* A*A)	6200x1600x1500
Peso	1760Kg
Precio	USD20.300
Energía	5.5kw
Capacidad	300-500kgs/H

**Elaboración. Propia**

**Fuente. Múltiples.**

### **CAPÍTULO 3**

Objetivo: Definir la localización de la planta en la ciudad de Cartagena teniendo en cuenta los factores geográficos, económicos y socio-políticos, que proporcionen una mayor optimización de la propuesta, según el POT.

#### **10.3. LOCALIZACION DE LA PLANTA**

Como base fundamental para la determinación de la localización del proyecto es necesario conocer cuáles son las áreas donde se pueden desarrollar actividades industriales. Para ello es indispensable conocer “el DECRETO No. 0977 DE NOVIEMBRE 20 DE 2001, el cual establece el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) como instrumento básico que desarrolla el conjunto de directrices y políticas para la utilización del suelo” (Secretaria de planeación Cartagena, 2001)[55].

El POT en su reforma plantea ampliar el área industrial de la ciudad de Cartagena hacia el sur de Mamonal, con especial énfasis en un área delimitada por la Variante Mamonal – Gambote y el Canal del Dique, teniendo en cuenta que se ha identificado un amplio crecimiento en las empresas industriales durante los últimos años (Altamar,2017)[2]. Es por esta razón que el punto de ubicación propuesto para la elaboración del proyecto se encuentra en la zona industrial mamonal en las coordenadas (10.347579,75.499282), dado que permite realización de actividades correspondientes a producción, elaboración, fabricación, preparación, recuperación, construcción, reparación, transformación, tratamiento, almacenamiento y/o bodegaje, pero además conserva los precios del territorio actual más accesibles.

Además, de contemplar aspectos legales es necesario tener en cuenta otros factores que ayudaran a que el proyecto se desarrolle óptimamente, tales como:

- Medios y costos de transporte

La zona industrial mamonal es un punto que tiene fácil acceso brindando la salida y entrada a otras ciudades, sus vías están habilitadas para el tipo de transporte terrestre especialmente para tránsito de vehículo pesado lo cual no restringe el uso, por tal razón los costos de transportes no serán elevados. y estará determinado por el tipo de carga a transportar que en este caso corresponde a sustancias químicas y a los trayectos (Ver costo logístico en la tabla).

La lejanía de la ubicación del proyecto con el resto de la zona urbana de la ciudad permite una mayor comodidad para la carga y descarga de camiones y su desplazamiento por la zona, teniendo muy cerca los accesos a rutas tanto nacionales como provinciales.

- Disponibilidad y costo de mano de obra

Gracias a la presencia de varios parques industriales en esta zona, se abre la posibilidad a la empresa de contratar personal calificado para las operaciones, el costo de la mano de obra no será muy elevado debido a que la mayoría de los trabajadores son residentes de barrios aledaños.

- Cercanía del mercado

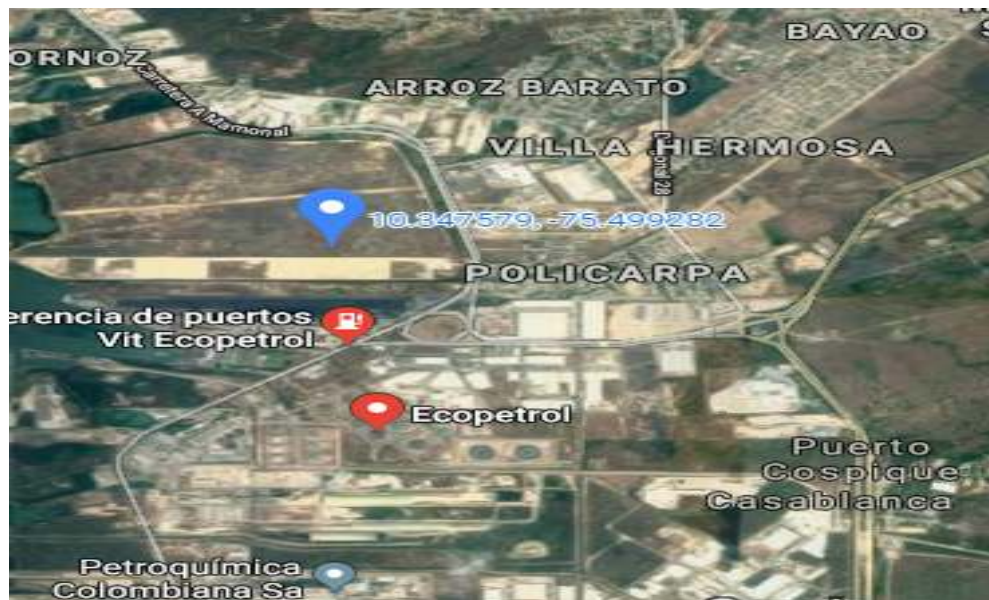
El proyecto se ubicara en la zona industrial de mamonal, lugar en el que funcionan varias empresas del sector petroquímico y plástico tales como Ecopetrol, Essencia, Yara, Dowquimica entre otros. Todos los posibles compradores son empresas industriales que de acuerdo con normas urbanísticas territoriales Art 15 ley 388/ 97 y al plan de ordenamiento territorial se ubicaran en la misma zona donde funcionaria el proyecto, proporcionando cercanía con los clientes en la ciudad y fácil acceso a clientes ubicados en otras ciudades.

- Disponibilidad y calidad de los servicios públicos

Por ser un parque industrial cuenta con todos los servicios básicos como lo son agua, electricidad y gas, los cuales están a la disponibilidad, calidad y costos requeridos, por ejemplo, el agua potable se encuentra el m3 a \$12.650 y el KB de energía a un precio de \$200, las estimaciones de los costos de

los servicios de plantas requeridos para la elaboración del proyecto estarán desarrollado en el ítem 14,1. Además cabe resaltar que esta zona dispone de las redes de la tensión y voltaje necesarias para el correcto funcionamiento de las máquinas.

**Figura. 13. Localización propuesta para el desarrollo del proyecto.**



Fuente. Google Maps.

## CAPÍTULO 4

Objetivo 4: Proponer el layout del diseño de la planta mediante el uso de las ecuaciones dimensionales estáticas, gravitacionales y de evolución, de tal manera que se cumplan los criterios de capacidad y localización planteados anteriormente.

### 10.4. DISTRIBUCION DE LA PLANTA

Carcaño (2009) menciona:

La distribución de planta es la ordenación física de los elementos industriales. Esta ordenación, ya practicada o en proyecto, incluye tanto los espacios necesarios para el movimiento de materiales, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, así como el equipo de trabajo y el personal del taller. Una buena distribución de planta es la que proporciona condiciones de trabajo aceptables y permite la operación más económica, a la vez que mantiene las condiciones óptimas de seguridad y bienestar para los trabajadores [5].

Para diseñar la distribución de la planta es necesario analizar cada una de las actividades del proceso y sus movimientos, para ello nos hemos apoyado en un diagrama de flujo de proceso (Ver figura 15).

**Figura. 14. Diagrama analítico del proceso de obtención de fibra de poliéster a partir de botellas PET.**

Detalles del método	Duración (Minutos)	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Notas
Ingreso del material		○	↓	□	●	▽	
Verificación del material	15	○	↓	□	●	▽	Inspección para validar que el material que ingresa sea PET y no otro tipo de plástico
Clasificación por color	15	○	↓	□	●	▽	
Retiro de tapas	10	○	↓	□	●	▽	
Retiro de etiquetas	10	○	↓	□	●	▽	
Molino	10	○	↓	□	●	▽	Molenda de botellas PET
Lavado	45	○	↓	□	●	▽	
Secado	140	○	↓	□	●	▽	
Fundido	180	○	↓	□	●	▽	Proceso en el que pasa de mecánica a mecánico-química
Extrusión	10	○	↓	□	●	▽	
Enfriado	5	○	↓	□	●	▽	Inspección para validación de temperatura de acuerdo a procedimiento
Estrado	10	○	↓	□	●	▽	
Rizado	5	○	↓	□	●	▽	
Secado	10	○	↓	□	●	▽	
Cortado	10	○	↓	□	●	▽	
Embalaje	20	○	↓	□	●	▽	
Inspección final	30	○	↓	□	●	▽	Verificación del producto, para determinar si cumple con las características requeridas, por ejemplo, dimensiones y peso
Almacenamiento		○	↓	□	●	▽	
<b>TOTAL</b>	<b>525</b>						

Fuente. Propia.

Según lo anterior y analizando los distintos tipos de distribución de planta los cuales son, distribución por producto, por proceso, por células de fabricación y por posición fija, se define que el proyecto trabajará bajo una distribución de planta por producto, teniendo en cuenta que todas las actividades se encuentran orientadas a la producción continua del mismo. La línea está orientada según el flujo del producto de acuerdo a la secuencia de las operaciones, colocando una operación inmediatamente adyacente a la siguiente.

En este tipo de distribución que se ha seleccionado para el proyecto, hay varios aspectos a analizar:

- Proceso de trabajo: Los puestos de trabajo se ubican según el orden implícitamente establecido en el diagrama del proceso (Ver ítem 9.1). Con esta distribución se consigue mejorar el aprovechamiento de la superficie requerida para la instalación.
- Material en curso de fabricación: El material en curso de fabricación se desplaza de un puesto a otro, pero en este proceso de fibra de poliéster por ser químico- mecánico, solo se desplazará una sola vez, teniendo en cuenta que es en la mezcladora donde se adicionan todos los insumos, generando así una menor manipulación y recorrido en transportes, a la vez que admite un mayor grado de automatización en la maquinaria.
- Versatilidad: No permite la adaptación inmediata a otra fabricación distinta para la que fue proyectada.
- Continuidad de funcionamiento: El principal problema que se puede presentar es lograr la continuidad de funcionamiento. Cualquier avería producida en la instalación ocasiona la parada total de la misma, a menos que se duplique la maquinaria, es uno de los inconvenientes que se pueden presentar teniendo en cuenta que el montaje del proceso productivo es continuo.
- Cualificación de mano de obra: La distribución en línea requiere maquinaria de elevado costo por tenderse hacia la automatización. por esto, la mano de obra no requiere una cualificación profesional alta, aunque en este proyecto si se contempla una mano de obra calificada y con experiencia en el sector, aunque el número de operadores será baja teniendo en cuenta que será todo prácticamente automatizado.

La distribución de la planta se encontrará en forma de “U”, lo cual ayudará con la optimización del proyecto, permitiendo la reducción de las distancias entre los equipos, recurso humano y transporte, facilitando que un mismo operario pueda acceder a varias etapas manera simultánea. Esto proporciona una gran flexibilidad para adaptarse a los cambios de demanda, aumentando o reduciendo el número de trabajadores dentro de una línea y el número de máquinas manejado por cada uno de ellos, “además ayudará a controlar los desequilibrios que puedan producirse dentro de la planta, ya que cualquier problema que retrase la salida de un producto será fácilmente detectado” (Machuca J.A, 1996) [33].

El primer paso al efectuar una distribución o redistribución de elementos en planta corresponde al cálculo de las superficies. “Éste es un método de cálculo que para cada elemento a distribuir supone que su superficie total necesaria se calcula como la suma de tres superficies parciales que contemplan la superficie estática, la superficie de gravitación y la superficie de evolución o movimientos”. (Ingeniería Industrial Online, 2016)[26](Ver tabla 11).

#### 10.4.1. Mediciones de superficies

- Superficie estática ( $S_s$ ): Es la superficie correspondiente a los muebles, máquinas e instalaciones.

**Tabla 10. Superficie estática**

Dependencia	Superficie (Metro <sup>2</sup> )
Removedor de etiqueta	5,32
Molino de martillo	3,6
Máquina de limpieza de agua	1,02
Malla metálica antioxidante	1,19
Secador al vacío	2,054
Molino triturador	1,3
Mezcladora	2,05
Extrusora	5,88
Rodillos gravados	19,2
Túnel de secador	1.8
Cortadora	9,92
Total	53,3

**Elaboración. Propia.**

**Fuente. Múltiples**

- Superficie de gravitación (Sg): Es la superficie utilizada alrededor de los puestos de trabajo por el obrero y por el material acopiado para las operaciones en curso. Esta superficie se obtiene para cada elemento multiplicando la superficie estática por el número de lados a partir de los cuales el mueble o la máquina deben ser utilizados.  $Sg = Ss \times N$  (Ver tabla 11).

**Tabla 11. Superficie gravitacional**

Dependencia	Superficie (Metro <sup>2</sup> )	N	Superficie gravitacional(m <sup>2</sup> )
Removedor de etiqueta	5,32	1	5,32
Molino de martillo	3,6	2	7,2
Máquina de limpieza de agua	1,02	1	1,02
Malla metálica antioxidante	1,19	2	2,38
Secador al vacío	2,05	2	4,1
Molino triturador	1,3	2	2,6
Mezcladora	2,05	2	4,1
Extrusora	5,88	2	11,76
Rodillos gravados	19,2	2	38,4
Túnel de secador	1.8	1	1,8
Cortadora	9,92	2	19,84
Total			98,54 m <sup>2</sup>

**Elaboración. Propia.**

**Fuente. Múltiples**

- Superficie de evolución (Se): Es la superficie que hay que reservar entre los puestos de trabajo para los desplazamientos del personal y para la manutención.  $Se = (Ss + Sg) (K)$ , K (Coeficiente constante), Coeficiente que puede variar desde 0.05 a 3 dependiendo de la razón de la empresa, (para la industria textil e hilado corresponde al 0.05-0.25, (Caballero & Galindo, 2017) [4]. Para el proyecto se ha tomado la media entre ambos que corresponde a 0.15. (Ver tabla 12).

**Tabla 12. . Superficie de evolución**

	Superficie estática	Superficie gravitacional	Superficie de evolución
	5,32	5,32	1,6
	3,6	7,2	1,62
	1,02	1,02	0,3
	1,19	2,38	0,53
	2,054	4,1	0,92
	1,3	2,6	0,58
	2,05	4,1	0,92
	5,88	11,76	2,64
	19,2	38,4	8,64
	1,8	1,8	0,54
	9,92	19,84	4,464
Total	53,3 m <sup>2</sup>	98,54 m <sup>2</sup>	22,75 m <sup>2</sup>

**Elaboración. Propia.**

**Fuente. Múltiples**

*Superficie total = Sumatoria de todas las superficies*

$$St = Ss + Sg + Se$$

$$St = 53,3m^2 + 98,54m^2 + 22,75m^2 = 174,6 m^2$$

Además de las áreas anteriormente calculadas, hay otras que, aunque no pertenecen directamente al proceso si es fundamental que se contemplen. Para hallar las superficies totales se han tomado medidas estándar del material inmobiliario requerido en cada uno de ellas y para el área de recibo y entrega de mercancía se han contemplado las medidas de tres camiones de carga larga y pesada (Ver tabla 13).



Tabla 13. Cálculos de superficie para la distribución de planta.

Descripción	Cantidad	Dimensiones m2	N	Superficie estacional	Superficie gravitacional	Superficie de Evolución	Total Superficie total por área
<b>Recibo de mercancía</b>							
Camiones de carga	2	8*2,6	1	20,8	20,8	41,6	<b>166,4</b>
<b>Almacén de materia prima</b>							
Mesa de inspección	2	2*1,5	1	2	3	5	20
Estanterías	5	4*2,4	1	9,6	21,6	31,2	312
							<b>332</b>
<b>Depósito de tapas</b>							
Tanque de almacenamiento	2	1,2*1,2	2	1,44	2,88	8,64	25,92
Escritorio	2	1,20* 7,69	2	9,23	18,46	55,38	166,14
							<b>192,06</b>
<b>Almacén de producto terminado</b>							
Mesa de inspección	2	2*1,5	2	3	6	18	54
Estantería de estivas	4	4*2,4	2	14,4	21,6	72	432
							<b>486</b>
<b>Oficinas Administrativas</b>							
							0
Escritorio	5	1,30* 3,69	2	4,7	18,46	46,32	347,4
Armarios	5	1,20*1,95	1	2,3	2,36	4,66	46,6
Nevera	1	0,74*0,55	1	0,4	0,37	0,77	1,54
							<b>395,54</b>
<b>Oficina de producción</b>							
Escritorio	3	1,20* 7,69	2	9,23	18,46	55,38	249,21
Armarios	3	1,20*1,97	1	2,36	2,36	4,72	28,32
							<b>277,53</b>
<b>Entrega de mercancía</b>							
camiones de carga	1	12*2,6	2	31,2	31,2	124,8	<b>187,2</b>
<b>Total</b>				<b>110,66</b>	<b>167,55</b>	<b>468,47</b>	<b>746,68</b>

Elaboración. Propia

Por lo anterior se calcula  $S_t$  de demás áreas

$$S_t = 110,66m^2 + 167,55m^2 + 468,47m^2 = 746,68m^2$$

Para obtener el tamaño del lote donde se desea realizar el montaje del proyecto solo basta con sumar la superficie total hallada para el área de los equipos y demás departamentos.

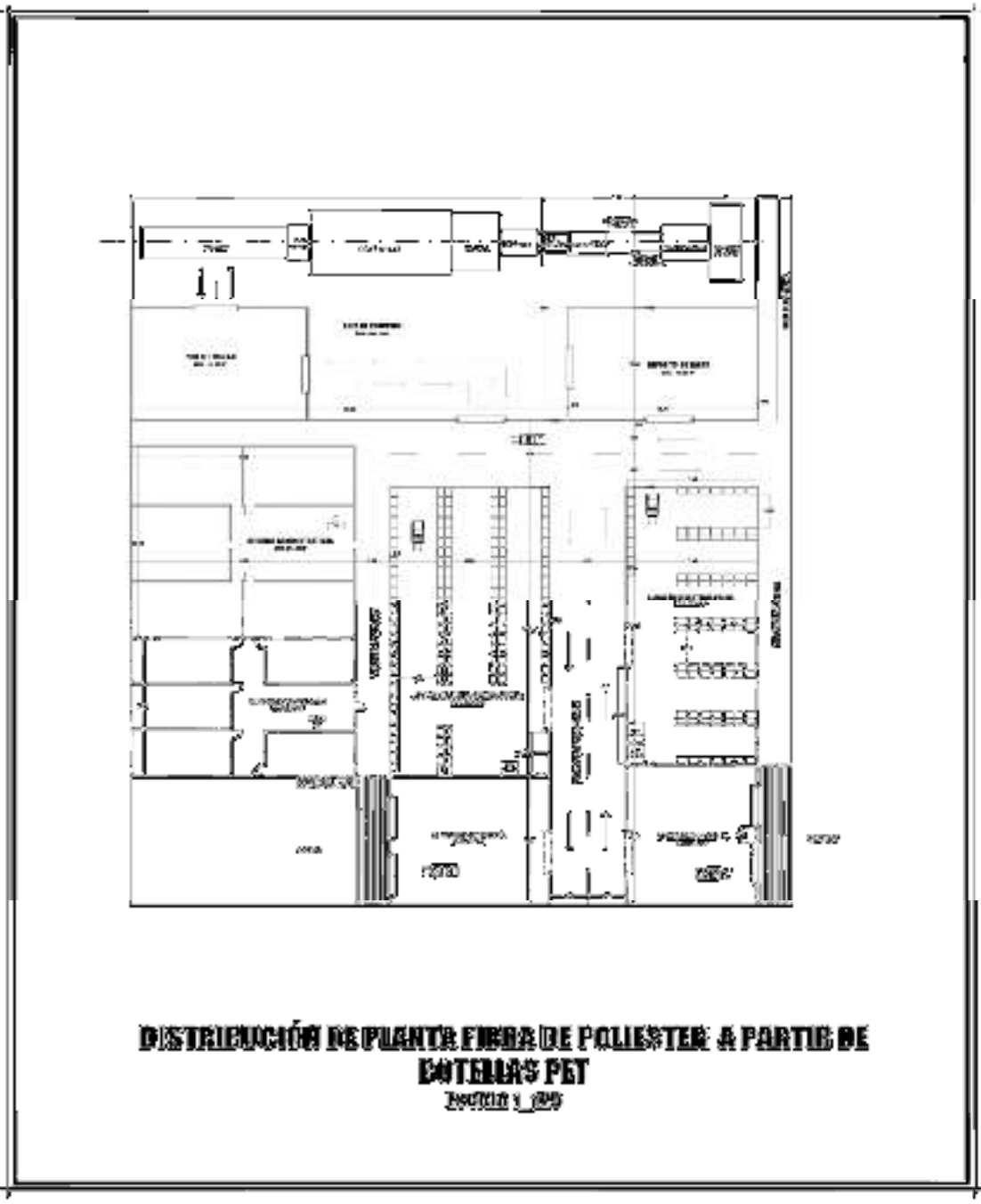
$$S_t = 174,6 m^2 + 746,68m^2 = 921,28m^2$$

Ya teniendo en cuenta el orden de las etapas del proceso así como los diferentes departamentos que componen el proyecto se procede a elaborar la propuesta de diseño de planta, dentro del cual se espera se logre una mayor optimización. (Ver figura 18).



10.4.2. Layout propuesto

Figura 18. Layout distribución de plantas.



## CAPÍTULO 5

Objetivo 5: Presentar los indicadores de productividad de la planta que permitan medir la capacidad y eficiencia de la misma.

### 10.5. INDICADORES

Los indicadores de productividad son herramientas aplicadas frecuentemente en la gestión empresarial, con el fin de evaluar el rendimiento y la eficiencia de los procesos en las empresas. A continuación se presentaran los indicadores de la planta de producción propuesta, los cuales servirán para medir la cantidad de recursos que utilizará el proyecto para generar el producto final que es la fibra de poliéster.

- Tack Time: ritmo en el que se debe trabajar un sistema para cubrir la demanda de un día.

Tiempo de funcionamiento	Tiempo de ocio	Tiempo disponible
24h/día	30 minutos/turno=90 minutos	22,5h/día

$$TT = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Unidades demandadas}} = \frac{22,5h/día}{7.326,8 \text{ kg/día}} = \frac{81.000 \text{ sg/día}}{7.326,8 \text{ Kg/día}}$$

$$= 11,1sg/Kg$$

- Tiempo de ciclo: Tiempo que hace falta para producir una pieza.

El tiempo de ciclo es el resultado de las decisiones. Se ha diseñado el sistema productivo y a partir de ahí, sabemos a qué ritmo somos capaces de producir y lo marca nuestro sistema productivo (Lean Manufacturing, 2019) [31].

Para definir el tiempo el ciclo hay que tener en cuenta aspectos como el tiempo de respuesta que espera el cliente, el nivel de servicio al cliente que se pretende dar o la eficiencia del sistema en cuestión. De acuerdo a todo lo anterior se ha determinado para el tiempo de ciclo, una cantidad a

producir correspondiente a 8.400 Kg/día, es decir los equipos trabajarán a 350Kg/h teniendo en cuenta que los equipos del proceso poseen una capacidad de entre 300 y 500 Kg/h contemplando que la demanda puede presentar estacionalidad.

$$TC = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Unidad a producir}} = \frac{81.000 \text{ sg/día}}{8.400 \text{ Kg/día}} = 9.6 \text{ sg/Kg}$$

- Indicadores de Capacidad

Para el desarrollo de los indicadores de capacidad es necesario tener en cuenta el número de maquinas del proceso, (ver ítem 9.2.2) la capacidad de cada una de ellas la cual esta determinada por las especificaciones de cada uno de los fabricantes y que se tomaron acorde a necesidades de la demanda, el metodo de escalación seleccionado y el porcentaje de eficiencia razonable, que corresponde al 90%, aunque las especificaciones de la maquina plantean una eficiencia del 99,9%, es necesario contemplar que ningun proceso es perfecto (Ver tabla 14)

**Tabla 14. Cálculo de indicadores de capacidad.**

No de maquinas	Estándar	días/mes	Horas/días	Capacidad diseñada kg/mes	Eficiencia	Capacidad Efectiva kg/mes	Capacidad Real kg/mes
11	360kg/h	28	22,5	2.494.800	94%	2.245.320	2.120.580

Teniendo en cuenta lo anterior se procede al cálculo de los indicadores:

$$\text{Utilización} = \frac{\text{Capacidad Real}}{\text{Capacidad diseñada o teórica}} = \frac{2.120.580 \text{ Kg}}{2.494.800 \text{ mes}} = 85\%$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Capacidad Real}}{\text{Capacidad efectiva}} = \frac{2.120.580 \text{ Kg}}{2.245.320 \text{ h}} = 94\%$$

- Impacto ambiental

En la ciudad de cartagena se producen mensualmente 28.495 Toneladas de plastico (Mora, 2017)[41] , equivalentes a 28.495.000Kg , dentro de los cuales el 25% equivale a material PET (Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, 2004)[38], esto equivale a 7.123.750 Kg de PET/mensual. Para la elaboración del presente proyecto se necesitarían 227.944,4 Kg de material PET mensual para el cumplimiento de la demanda, esto generaría una reducción en la contaminación en un 3,2%, cada mes, evitando que este tipo de plastico llegue a los rios y mares por la mala disposición que se hace del mismo.

## CAPÍTULO 6

Objetivo 6: Definir el nivel de inversión necesario para construir la planta de reciclaje diseñada, mediante el coste de los equipos, mano de obra y demás recursos necesarios.

### 10.6. PRECIO DEL PRODUCTO

Para calcular el precio de cualquier producto o servicio es necesario tener en cuenta varios factores como lo son el costo de producción, demanda y precio de la competencia, en el presente proyecto se ha determinado el precio de acuerdo al método de margen de contribución explicado por el consultor financiero Enrique Núñez Montenegro, desarrollado a continuación.

#### 10.6.1. Precio del producto el método margen de contribución.

El método incluye una serie de pasos sistemáticos, dentro de los cuales se encuentra hallar el costo variable unitario, para ello es necesario inicialmente determinar el costo de producción mensual (Ver tabla 15).

**Tabla 15. Costo de producción mensual.**

Rubro	Descripción	Unidad de medida	Valor unitario	Cantidad requerida	Costo total
	Botellas PET recicladas	1K	\$700	227.944,40	\$159.561.080
Materia Prima	Alcohol monómero alcohol dietilen glicol	1K	\$39.270,00	159.442,90	\$ 6.261.322.683
	Acido anhídrido Maléico	1K	3.500	236.212	\$ 826.742.000
	Estireno	1K	14.400	531.477	\$ 7.653.268.800
	Anhídrido ftálico	1K	\$3.600	23.621,20	\$ 85.036.320
	Catalizador dióxido de Zinc	1K	\$4.000,00	590,5	\$ 2.362.000
Servicios de planta	Energía	KB	\$200	6.500	\$1.300.000
	Agua	m3	\$12.650,00	95	\$ 1.201.750
<b>Terreno</b>	Arriendo de lote	m2	\$21.622,00	921,2	\$ 19.915.376
<b>Transporte</b>	Trayecto de (1060.3 Km)	GBL	\$12.500.000	1	\$ 12.500.000
Mano de obra	Auxiliar de operación	UND	1.411.680	12	\$ 16.940.160
	Aux. de mantenimiento	UND	1.411.680	2	\$ 2.823.360
	Inspector de calidad	UND	2.352.720	3	\$ 7.058.160
	Ingeniero de proceso	UND	4.235.040	1	\$ 4.235.040
	Ing. De mantenimiento	UND	4.235.040	1	\$ 4.235.040
Total					\$15.058.501.769

**Elaboración. Propia.**

**Fuente. Múltiples.**

Según el análisis anterior se obtuvo que el costo de producción mensual para la elaboración de 205.151 kilogramos de fibra de poliéster corresponde a \$ 15,058,501,769, con esta información se procede a definir los demás aspectos propuestos por el método de contribución.

$$1. \text{ Costo variable} = \frac{\text{Costo total}}{\text{Unidades producidas}}$$

$$\text{Costo variable Unitario} = \frac{\$15.058.501.769}{205.151Kg} = \$73.402$$

2. El método propone un porcentaje de contribución el cual cubra los costos fijos y las ganancias deseadas, que corresponde al 50%.

Para obtener un margen de contribución del 50% el costo variable sería del 50% del precio de venta, teniendo en cuenta que (100% – 50% = 50%).

3. Cálculo del precio de venta dividiendo el costo variable entre el margen de contribución.

$$\text{Precio de venta} = \frac{\text{Costo variable unitario}}{\text{margen de contribucion}}$$

$$\text{Precio de venta} = \frac{\$73.402}{50\%} = \$146.804$$

El precio de venta obtenido ha sido \$146.804 por kilo de fibra de poliéster, sin embargo es necesario analizar si el producto a ofrecer está dentro de un precio competitivo, para ello es importante estudiar los precios del producto a nivel internacional ya que este varía de acuerdo al precio internacional del petróleo y del dólar, teniendo en cuenta que la fibra de poliéster por ser sintética es derivada de este hidrocarburo. (Ver tabla 16).



**Tabla 16. Estimado del precio de fibra de poliéster**

Empresa	Ubicación	Cantidad	Precio	Envase y embalaje
YNS(Yu Nian Shui fiber technology)	Shanghai, China	1 Kg	US 25,9	Bundles and Pallets
Realtex	Rio de Gallegos, Argentina	1 Kg	US 51,76	Rollos
Maya y Peña importaciones	Ciudad de México, Mexico	1 Kg	US 58,77	Pallets
Mamba Polimeros	Cundinamarca, Colombia	1 Kg	US 75,66	Rollos
Promedio			US 53.02	

**Fuente. Propia**

Después de haber estudiado los precios del kilo de la fibra de poliéster en otras partes del mundo se puede determinar que el precio más económico lo ofrece la empresa china YNS(Yu Nian Shui fiber technology) en US 25,9 lo que equivale en precios colombianos a \$90.650. Para el análisis del precio del producto a nivel nacional se hará el análogamente el mismo estudio. (Ver tabla 17).

**Tabla 17. Precios de fibra de textil en Colombia**

Empresa	Ubicación	Cantidad	Precio
Mybecca	Bogotá	1K	\$139.200,00
Fairfield	Bogotá	1 K	\$131.990,00
Enko Colombia	Medellín	1k	\$155.000,00
Yaxa Tienda	Cundinamarca	1k	\$165.700,00
SHOPPRA Group	Medellín	1k	\$182.200
Media			\$158.722,50

**Fuente. Propia.**

Según lo anterior se puede concluir que el precio del kilo de la fibra de poliéster en Colombia se encuentra en un intervalo de \$131.200 y \$182.200 para un promedio de \$154.818 por kilo, el precio obtenido según el método de margen contributivo es \$146.804 lo que quiere decir que el producto a ofrecer dispone de un precio competitivo.

#### 10.6.2. Estudio de inversión del proyecto.

**Tabla 18. Análisis costo beneficio.**

Descripción	Unidad de medida	Cantidad requerida	Valor unitario	Costo total
<b>Maquinaria</b>				
Removedor de etiqueta	UND	1	\$10.540.000	\$10.540.000
Molino de martillo	UND	1	\$8.500.000	\$8.500.000
Máquina de limpieza de agua	UND	1	\$85.000.000	\$85.000.000
Malla metálica antioxidante	UND	1	\$2.244.000	\$2.244.000
Secador al vacío	UND	1	\$9.788.600	\$9.788.600
Molino triturador	UND	1	\$16.320.000	\$16.320.000
Mezcladora	UND	1	\$13.171.600	\$13.171.600
Extrusora	UND	1	\$95.880.000	\$95.880.000
Rodillos gravados	UND	1	\$34.000.000	\$34.000.000
Túnel de secador	UND	1	\$374.000.000	\$374.000.000
Cortadora	UND	1	\$69.020.000	\$69.020.000
<b>Material mobiliario</b>				
Escritorios	UND	13	\$249.000	\$3.237.000
Sillas	UND	13	\$186.000	\$2.418.000
Computadores	UND	8	\$1.569.000	\$12.552.000
Estanterías	UND	2	\$637.500	\$1.275.000
Estanterías de estivas	UND	6	\$849.966	\$5.099.796
Mesas de inspección	UND	4	\$770.000	\$3.080.000
Mesa de herramienta	UND	1	\$470.000	\$470.000
Tanques de almacenamiento	UND	2	\$275.000	\$550.000
Armarios	UND	13	\$1.870.000	\$24.310.000
Nevera	UND	1	\$1.175.000	\$1.175.000
<b>Materia prima (kilo)</b>				

Botellas PET recicladas	KG	227.944,40	\$700	\$159.561.080
Alcohol monómero dietilenglicol	KG	159.442,90	\$39.270,00	\$6.261.322.683
Acido anhídrido maleico	KG	236.212	3.500	\$826.742.000
Estireno	KG	531.477	14.400	\$7.653.268.800
Anhídrido ftálico	KG	23.621,20	\$3.600	\$85.036.320
Catalizador dióxido de Zinc	KG	590,5	\$4.000,00	\$2.362.000
<b>Servicio de planta</b>				
Energía	KB	6.500	\$200	\$1.300.000
Agua	M3	95	\$12.650,00	\$1.201.750
<b>Recursos humanos</b>				
Auxiliar de operación	UND	12	1.411.680	\$16.940.160
Aux. de mantenimiento	UND	2	1.411.680	\$2.823.360
Operador de montacarga	UND	3	2.352.720	\$7.058.160
Ingeniero de proceso	UND	1	4.235.040	\$4.235.040
Ing. De mantenimiento	UND	1	4.235.040	\$4.235.040
<b>Gastos logísticos</b>				
Transporte	Trayecto de (1060.3 Km)	1	\$12.500.000	\$12.500.000
Arriendo del lote	UND	921,07	\$21.622	\$19.915.376
Total				\$15.831.132.765

### Elaboración. Propia

La tabla anterior evalúa cada uno de los aspectos necesarios para llevar a cabo el presente proyecto obteniendo como resultado una inversión inicial correspondiente a \$15.831.132.765 la cual incluye, todos los equipos de planta, personal operativo, insumos del primer mes, servicios de planta y demás material mobiliario necesario.

Teniendo en cuenta que el proyecto no dispone de los recursos económicos para su ejecución, se proponen tres métodos de financiamiento según los diferentes tipos de amortización. El banco seleccionado para realizar el presente estudio ha sido Davivienda teniendo en cuenta que ofrece una de las tasas nominal actual más baja del mercado, equivalente al 14,69% (Ver tabla 19).

**Tabla 19. Tasa efectiva anual de los diferentes bancos.**

Entidad	Entre 31 y 365 días	Entre 366 y 1095 días	Entre 1096 y 1825 días
Banco caja social	22,85%	22,93%	21,29%
Banco W SA		15,56%	22,51%
Av Villas	17,79%	15,47%	15,06
Banco Serfinanzas	25,56%	23,42%	15,41%
BBVA Colombia	15,40%	17,56%	17,82%
Banco Davivienda	18,07%	15,60%	14,69%
Banco Fallabella S.A	21,22%	20,97%	21,65%
Banco GNB Sudameris	10,90%	16,61%	15,97%
Banco Mundo Mujer S.A	28,62%	28,54%	
Banco Pichincha S.A	26,82%	14,52%	14,35%
Banco Popular	14,46%	14,17%	14,22%
Banco Santander		18,02%	13,83%
Banco Bogotá	18,88%	21,68%	18,53%
Banco de Occidente	10,49%	14,41%	14,74%
Bancolombia	28,04%	22,06%	19,63%

**Elaboración. Propia.**  
**Fuente. Superfinanciera, 2019.**

A continuación se estudiará los tres escenarios de financiación de acuerdo al tipo de amortización y posterior a ello se seleccionará el que más se adapte a las condiciones del proyecto.

### 10.6.3. Método de financiación con sistema de amortización Francés.

El sistema francés de amortización consiste en la amortización de un préstamo mediante una renta constante de  $n$  cuotas. Este es uno de los sistemas más utilizados por la banca para amortizar un crédito. Su principal característica es la cuota de amortización constante para todo el período del préstamo (Alarcón, 2014) [1] (Ver tabla 20).

**Tabla 20. Financiación del proyecto según el método Francés.**

Valor del préstamo	\$15.831.132.765	Pesos colombianos
Plazo de la obligación	5	Años
Tasa nominal anual	14,69%	% Vencido
Cuotas	\$4.688.056.940	

Periodo	Anualidad o cota	Intereses	Amortización	Capital vivo	Capital amortizado
0				\$ 15.831.132.765	
1	\$ 4.688.056.940	\$ 2.325.593.403,18	\$ 2.362.463.537	\$ 13.468.669.228	\$ 2.362.463.537
2	\$ 4.688.056.940	\$ 1.978.547.509,59	\$ 2.709.509.431	\$ 10.759.159.797	\$ 5.071.972.968
3	\$ 4.688.056.940	\$ 1.580.520.574,23	\$ 3.107.536.366	\$ 7.651.623.431	\$ 8.179.509.334
4	\$ 4.688.056.940	\$ 1.124.023.482,06	\$ 3.564.033.458	\$ 4.087.589.973	\$ 11.743.542.792
5	\$ 4.688.056.940	\$ 600.466.967,06	\$ 4.087.589.973	\$ 0	\$ 15.831.132.765
<b>Total</b>	<b>\$ 23.440.284.701</b>	<b>\$ 7.609.151.936</b>	<b>\$ 15.831.132.765</b>	<b>\$ 51.798.175.195</b>	

**Elaboración. Propia.**

#### 10.6.4. Método de financiación con sistema de amortización Alemán.

Este método se caracteriza por pagar los tipos de interés de manera anticipada en cada cuota. Cabe destacar que los tipos de interés a pagar se calculan sobre el saldo pendiente de pagar, el cual va disminuyendo a lo largo del tiempo. (Jéldrez, 2016)[28]. (Ver tabla 21).

**Tabla 21. Financiación del proyecto según el método Alemán.**

Valor del préstamo	\$ 15.831.132.765	Pesos colombianos
Plazo de la obligación	5	Años
Tasa nominal anual	14,69	% Vencido
Amortización constante	\$ 3.166.226.553	

Periodo	Anualidad o cuota	Intereses	Amor. Constante	Saldo
0				\$ 15.831.132.765
1	\$ 5.491.819.956	\$ 2.325.593.403	\$ 3.166.226.553	\$ 12.664.906.212
2	\$ 5.026.701.276	\$ 1.860.474.723	\$ 3.166.226.553	\$ 9.498.679.659
3	\$ 4.561.582.595	\$ 1.395.356.042	\$ 3.166.226.553	\$ 6.332.453.106
4	\$ 4.096.463.914	\$ 930.237.361	\$ 3.166.226.553	\$ 3.166.226.553
5	\$ 3.631.345.234	\$ 465.118.681	\$ 3.166.226.553	\$ 0
Total	\$ 22.807.912.975	\$ 6.976.780.210	\$ 15.831.132.765	

**Elaboración. Propia.**

#### 10.6.5. Método de financiación con sistema de amortización Americano.

Este método de financiación consiste en pagar, de forma periódica, solamente los intereses generados por el préstamo. Finalmente, en el último plazo (correspondiente al vencimiento) se pagan los últimos intereses y el capital prestado. (Ver tabla 22)

**Tabla 22. Método de financiación con sistema de amortización Americano.**

Valor del préstamo	\$15.831.132.765	Pesos colombianos
Plazo de la obligación	5	Meses
Tasa nominal anual	14,69	% Vencido

Periodo	Anualidad o cuota	Intereses	Amor. Constante	Saldo
0				\$ 15.831.132.765
1	\$ 2.325.593.403	\$ 2.325.593.403	\$ 0	\$ 15.831.132.765
2	\$ 2.325.593.403	\$ 2.325.593.403	\$ 0	\$ 15.831.132.765
3	\$ 2.325.593.403	\$ 2.325.593.403	\$ 0	\$ 15.831.132.765
4	\$ 2.325.593.403	\$ 2.325.593.403	\$ 0	\$ 15.831.132.765
5	\$ 18.156.726.168	\$ 2.325.593.403	\$ 15.831.132.765	\$ 0
<b>Total</b>	<b>\$ 27.459.099.781</b>	<b>\$ 11.627.967.016</b>	<b>\$ 15.831.132.765</b>	

**Elaboración. Propia.**

Teniendo en cuenta que el nivel de inversión para la realización del proyecto equivale a \$15.831.132.765, se ha seleccionado el método de amortización alemán el cual brinda una cuota de amortización constante durante los 5 años que se han propuesto para el pago de la deuda, generando además menos intereses que los dos métodos anteriores, correspondiente al \$6.976.780.210.

## CONCLUSIONES

- Hoy día el reciclaje mecánico en comparación con el reciclado químico es mucho más económico, pero brinda un producto de menor calidad y genera mayor número de rechazos. El presente proyecto propone la articulación de los dos tipos de reciclaje generando economía y un producto de acuerdo a los estándares de calidad.
- Actualmente en la ciudad de Cartagena no hay un proyecto similar que además de generar beneficios económicos ayude a disminuir el impacto ambiental causado en la ciudad a través del plástico.
- Para la elaboración del proyecto se pudo comprobar mediante la herramienta promedio móvil ponderado de orden 2 una demanda para el año 2020 correspondiente a 4.923.612 de fibra de poliéster y en donde se seleccionó una participación del 50% para el cumplimiento de una demanda mensual de 205.150.5 Kg mensual.
- De acuerdo a la demanda estimada y el tiempo de operación propuesto se pudo establecer que los equipos del proceso productivo deben tener una capacidad de trabajo mínima de 325,63Kg/h.
- Se comprobó mediante cálculos de superficie tanto de equipos como de material mobiliario que las medidas del lote requerido para la puesta en marcha del proyecto corresponden a 921,07 m<sup>2</sup>.
- Se pudo concluir mediante el estudio de los factores geográficos, económicos y políticos y según el plan de ordenamiento territorial de la ciudad de Cartagena que la mejor ubicación y localización del proyecto se encuentra en la zona industrial de mamonal.
- Se pudo comprobar que con la puesta en marcha del proyecto se obtendrían unos indicadores de productividad positivos en donde el Tack time correspondería al 11,1s/Kg, una utilización del 85% y una eficiencia de los equipos del 94%.
- Con las condiciones locativas y estructurales planteadas en este proyecto se podrían generar excelentes resultados logrando beneficios económicos y una disminución de 3.2 % del impacto de contaminación en la ciudad causada por este tipo de material.
- Al analizar el nivel de inversión se pudo constatar que el dinero necesario para llevar a cabo el presente proyecto corresponde a \$15.831.132.765, en el cual, el mejor método de



financiación es el método de amortización alemán el cual brinda una cuota de amortización constante durante los 5 años que se han propuesto para el pago de la deuda, generando además menos intereses que los otros métodos propuestos, correspondiente a \$6.976.780.210.

- Se llegó a la conclusión que el mejor banco para financiar el proyecto es el banco Davivienda, el cual maneja una cuota de interés del 14,69% nominal anual.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alarcón, 2014. Análisis de las ventajas e inconvenientes de las mejores hipotecas del mercado.  
Recuperado de: <https://www.rankia.com/blog/mejores-hipotecas/2402047-que-sistema-amortizacion-aleman>
- [2] Altamar, (2017). Economía nacional.
- [3] Álvarez Gómez, C. (2013). Reciclaje y su aporte en la educación ambiental.
- [4] Caballero & Galindo, 2017. propuesta de un diseño de redistribución de planta para reducir los costos de manejo de material en la empresa de calzado ronaldo s.a. c., trujillo-perú, 2017
- [5] Carcaño, (2009). Distribución de plantas, 2<sup>da</sup> edición.
- [6] Centro & Tecnológico. (n.d.). Obtención de Fibras de Poliéster a Partir de Pet Reciclado, 60–61.
- [7] Chavarro Guzmán, L., & Valderrama Ocoró, M. (2014). Estudio dinámico del impacto ambiental asociado al reciclaje y reutilización de envases pet en el Valle Del Cauca.
- [8] Constitución política de Colombia [Const.] (1991) Artículo 79, 80,81,82 [Titulo II] [Capitulo 3].
- [9] Coreno Mendez, (2010). Relación estructura-propiedades de polímeros.
- [10] Cortadora industrial, (2019). Catalogo Maicheang.
- [11] Dane Bogotá, 2015. Demanda de fibra de poliéster en Bogota año 2015.
- [12] Del, G., & Federal, D. (2008). El PET y su situación actual.
- [13] Dimitu & Firas, (2015). Estudio dinámico del reciclaje de envases pet en el Valle del Cauca.
- [14] Diccionario de Marketing, (1999).  
Recuperado de: <https://neoattack.com/diccionario-de-marketing-online/>
- [15] Doctorovich, F., & Aldabe, S. (n.d.). Plásticos y fibras.
- [16] Downey. 2016. El tamaño del envase está determinando el crecimiento de la industria mundial de empaques.  
Recuperado de: <http://www.elempaque.com/blogs/El-tamano-del-envase-esta-determinando-el-crecimiento-de-la-industria-mundial-de-empaques+115237>
- [17] Fedsarrollo (2007). Impacto del tlc en bogotá-cundinamarca, la cadena química petroquímica,.

- Recuperado de: [http://camara.ccb.org.co/documentos/2007\\_3\\_7\\_14\\_44\\_44\\_petroquimica.pdf](http://camara.ccb.org.co/documentos/2007_3_7_14_44_44_petroquimica.pdf) [citado marzo 2007]. p 65.
- [18] Gómez Gutiérrez, C. (2013). El desarrollo sostenible: conceptos básicos, alcance y criterios para su evaluación.
- [19] Gómez, J. (2016). Diagnóstico del impacto del plástico, botellas sobre el medio ambiente: un estado del arte, 1–81.
- [20] Góngora, J. P. (2014). La industria del plástico en México y el mundo.
- [21] Giudice & Pereyra, (2005). Diseño de proceso.
- [22] Guzmán y Ocoró, (2014). Mercurio y metales tóxicos en cenizas provenientes de procesos de combustión e incineración.
- [23] Hachi Quintana, J., & Rodríguez Mejía, J. (2010). Estudio de factibilidad para reciclar envases plásticos de polietileno tereftalato (PET), en la ciudad de Guayaquil.
- [24] Hernández, A. (2019). Mercado actual del reciclaje del pet en la zona metropolitana, 1–46.
- [25] Ideam (2015). Guía de Anhidrido Maleico,
- [26] Ingeniería Industrial online (2016). Métodos de distribución y redistribución en planta
- [27] Jaca, Ormazabal & Sandova, (2017). Economía circular: relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación
- [28] Jéldrez, (2016). Los depósitos a plazo más rentables para el inversor sin riesgo.  
Recuperado de: <https://www.rankia.cl/blog/mejores-depositos-a-plazo/3259729-tipos-sistemas-amortizacion-frances-aleman-americano>
- [29] Landazury, D., Márquez, M., & Navarro, A. (n.d.). Proyecto final : manejo de residuos sólidos : reciclaje de PET.
- [30] Lazo, Perez, Simon & Roca, Planta Recicladora de Botellas de Plástico de Polietilentereftalato, 2013.
- [31] Lean Manufacturing, 2019.  
Recuperado de: <https://leanmanufacturing10.com/takt-time-tiempo-ciclo-definicion-ejemplos>
- [32] Lituma, M. E., & Kuniyoshi, J. N. (2009). Poliéster insaturado desde residuos de PET, 75(1), 26–32.
- [33] Machuca J.A, (1996). Investigación de servicios en el ámbito de operaciones.
- [34] Marín, V., & Monroy, G. (2013). Fibras textiles naturales sustentables y nuevos hábitos de

consumo.

- [35] Mejía & Quintana, (2010) Estudio de Factibilidad Para Reciclar Envases Plásticos.
- [36] Métodos físico-químicos de caracterización de las fibras de polilactida, Terrassa 2012.
- [37] Ministerio de medio ambiente, Normatividad básica, 1991.
- [38] Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, mesa nacional de reciclaje, 2007
- [39] Ministerio de transporte, costos eficientes de transporte automotor, 2010.
- [40] Mooge Machinery. Pastic Recycling Machine.  
Recuperado de: <http://www.moogetech.com/mooge/english/>
- [41] Mora Castiblanco, G. (2017). Propuesta para la reutilización de los residuos PET en la ciudad de Cartagena.
- [42] Moreno González, A. Y. (2018). Economía circular: crecimiento inteligente, sostenible e integrador., 1–65.
- [43] Muther, Richard, distribución en planta 4° edición
- [44] Ovalle, A. (2009). Resinas Insaturadas.
- [45] Oviedo, T. (2014). Universidad Nacional de Córdoba Escuela de Ingeniería Industrial Estudio de Factibilidad para Planta de Reciclado de Residuos de Plástico PET.
- [46] Paniagua, M., Ossa, A., & Ruiz, G. (2008). Características de adhesión entre fibras de queratina y poliéster insaturado, 15–23.
- [47] Pérez, L. M., & Ruiz, M. R. (2009a). Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster.
- [48] Pérez, L. M., & Ruiz, M. R. (2009b). Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster, 123–137.
- [49] Piñero, F. (2011). La gestión de residuos sólidos en tokió, parís, madrid y méxico.
- [50] Prieto Sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). Economía circular : Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación sustainability and strategies for its implementation, 15, 85–95.
- [51] Redacción El Heraldo. (2019). Industria colombiana deberá responder por material reciclado, *El Heraldo*. p.1.  
Recuperado de <https://www.elheraldo.co/colombia/industria-colombiana-debera-responder-por-material-reciclado-633852>

- [52] Reyes & Ortega, (2011). Modernización de la planta de reciclaje de polietilen tereftalato de la empresa polisuin s.a acoplado un sistema de tratamiento de efluentes
- [53] Robayo, Lilian.(2019) Mundo del Embalaje.
- [54] Scripps Intitution of Oceanography,(2015).  
Recuperado de: <https://scripps.ucsd.edu/annual-reports>
- [55] Schwanse, (2007). Diseño estratégico de la cadena de suministro de una recicladora de PET en México
- [56] Secretaria de planeación Cartagena, (2001). Plan de ordenamiento territorial del Distrito Turístico y cultural de Cartagena de indias.
- [57] Superfinanciera, 2019).Establecimiento de crédito, tasas efectivas anuales.
- [58] superintendencia de Industria y Comercio, 2010
- [59] Unidas, N. (2016). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe.
- [60] Valderrama Ocoró, M., Chavarro Guzmán, L., Osorio Gómez, J., & Peña Montoya, C. (2018). Estudio dinámico del reciclaje de envases, *15*(1), 0–1.
- [61] (Valencia, 2019).
- [62] Vitola Reyes, T., & Ortega Acevedo, S. (2011). Modernización de la planta de reciclaje de polietilen tereftalato de la empresa polisuin s.a acoplado un sistema de tratamiento de efluentes.

## Anexos 1

- Evaluación de proveedores

EVALUACION DE PROVEEDORES			
Nombre o Razón Social Proveedor:		Protokimica s.a.s	
Nit / C.C.:		Dirección:	Medellín, Carrera 52 # 6 Sur 35
Teléfono:	(+57) (4) 444-8787	e mail :	<a href="mailto:servicioalcliente@protokimica.com">servicioalcliente@protokimica.com</a>
Aspecto a Evaluar	Producto:	x	Servicio: Cual: Dioxido de Zinc
Evaluado por:	Rodrigo Lara		
Califique 5 y/o 10 si hay cumplimiento del Item y Califique 1 si no hay cumplimiento del Item			
No.		Puntaje Parcial	Puntaje Obtenido
<b>1. Oportunidad (10)</b>			
1	Entrega el producto y/o servicio solicitado en el tiempo acordado y completo.	5	5
2	Brinda el apoyo técnico requerido de manera oportuna de acuerdo a la naturaleza del producto y/o servicio.	5	5
<b>2. Capacidad Técnica (15)</b>			
3	Cuenta con personal y tecnología adecuada.	5	15
4	Cuenta con stock suficiente de productos o con los recursos suficientes para la prestación del servicio.	5	
5	Brinda garantía para el producto y/o servicio ofrecido.	5	
<b>3. Precio (5)</b>			
6	El precio ofrecido es adecuado al producto y/o servicio suministrado.	5	5
<b>4. Calidad (10)</b>			
9	Sus productos y/o servicios cumplen siempre con las especificaciones de calidad solicitadas.	10	10
<b>5. Atención (10)</b>			
12	Esta atento a resolver inquietudes y tomar pedido; así como prestar asesoría técnica sobre los productos y/o servicios que ofrece.	10	10
<b>6. Certificación de Calidad (5)</b>			
15	Esta certificado por una entidad reconocida.	5	5
<b>TOTAL</b>			<b>50</b>
<b>Proveedor Clase II Desempeño satisfactorio en la prestación del servicio: Puntaje superior 70%</b> <b>Proveedor Clase I Requiere mejora en la prestación del servicio: Puntaje menor o igual a 69%</b>			
Estado del Proveedor:		Aprobado (II)	En seguimiento (I)
<b>OBSERVACIONES:</b>			

## EVALUACION DE PROVEEDORES

<b>Nombre o Razón Social Proveedor:</b>		Bioquigen	
<b>Nit / C.C.:</b>		<b>Dirección:</b>	Bogotá, Calle 78 N. 27 – 43
<b>Teléfono:</b>	: (571) 545 87 88		<b>e mail :</b>
<b>Aspecto a Evaluar</b>	<b>Producto:</b>	x	<b>Servicio:</b> Cual: Dioxido de Zinc
<b>Evaluated por:</b>	Rodrigo Lara		

Califique 5 y/o 10 si hay cumplimiento del Item y  
Califique 1 si no hay cumplimiento del Item

No.	1. Oportunidad (10)	Puntaje Parcial	Puntaje Obtenido
1	Entrega el producto y/o servicio solicitado en el tiempo acordado y completo.	5	5
2	Brinda el apoyo técnico requerido de manera oportuna de acuerdo a la naturaleza del producto y/o servicio.	5	5
No.	2. Capacidad Técnica (15)	Puntaje Parcial	Puntaje Obtenido
3	Cuenta con personal y tecnología adecuada.	5	15
4	Cuenta con stock suficiente de productos o con los recursos suficientes para la prestación del servicio.	5	
5	Brinda garantía para el producto y/o servicio ofrecido.	5	
No.	3. Precio (5)	Puntaje Parcial	Puntaje Obtenido
6	El precio ofrecido es adecuado al producto y/o servicio suministrado.	5	5
No.	4. Calidad (10)	Puntaje Parcial	Puntaje Obtenido
9	Sus productos y/o servicios cumplen siempre con las especificaciones de calidad solicitadas.	10	10
No.	5. Atención (10)	Puntaje Parcial	Puntaje Obtenido
12	Esta atento a resolver inquietudes y tomar pedido; así como prestar asesoría técnica sobre los productos y/o servicios que ofrece.	1	1
No.	6. Certificación de Calidad (5)	Puntaje Parcial	Puntaje Obtenido
15	Esta certificado por una entidad reconocida.	5	5
<b>TOTAL</b>			<b>41</b>

**Proveedor Clase II Desempeño satisfactorio en la prestación del servicio:** Puntaje superior 70%  
**Proveedor Clase I Requiere mejora en la prestación del servicio:** Puntaje menor o igual a 69%

**Estado del Proveedor:**

Aprobado (II)

En seguimiento (I)

**OBSERVACIONES:**

### EVALUACION DE PROVEEDORES

Nombre o Razón Social Proveedor:		Elementos quimicos	
Nit / C.C:		Dirección:	Bogotá, Cra. 68D No. 11-76
Teléfono:	(571) / 5523040	e mail :	<a href="mailto:ventas4@elementosquimicos.com.co">ventas4@elementosquimicos.com.co</a>
Aspecto a Evaluar	Producto:	x	Servicio: Cual: Anhidrido maleico
Evaluado por:	Rodrigo Lara		

Califique 5 y/o 10 si hay cumplimiento del Item y  
Califique 1 si no hay cumplimiento del Item

No.		Puntaje Parcial	Puntaje Obtenido
<b>1. Oportunidad (10)</b>			
1	Entrega el producto y/o servicio solicitado en el tiempo acordado y completo.	5	5
2	Brinda el apoyo técnico requerido de manera oportuna de acuerdo a la naturaleza del producto y/o servicio.	5	5
<b>2. Capacidad Técnica (15)</b>			
3	Cuenta con personal y tecnología adecuada.	5	15
4	Cuenta con stock suficiente de productos o con los recursos suficientes para la prestación del servicio.	5	
5	Brinda garantía para el producto y/o servicio ofrecido.	5	
<b>3. Precio (5)</b>			
6	El precio ofrecido es adecuado al producto y/o servicio suministrado.	5	5
<b>4. Calidad (10)</b>			
9	Sus productos y/o servicios cumplen siempre con las especificaciones de calidad solicitadas.	10	10
<b>5. Atención (10)</b>			
12	Esta atento a resolver inquietudes y tomar pedido; así como prestar asesoría técnica sobre los productos y/o servicios que ofrece.	10	10
<b>6. Certificación de Calidad (5)</b>			
15	Esta certificado por una entidad reconocida.	5	5
<b>TOTAL</b>			<b>50</b>

Proveedor Clase II Desempeño satisfactorio en la prestación del servicio: Puntaje superior 70%  
Proveedor Clase I Requiere mejora en la prestación del servicio: Puntaje menor o igual a 69%

Estado del Proveedor:

Aprobado (II)

En seguimiento (I)

OBSERVACIONES:



### EVALUACION DE PROVEEDORES

<b>Nombre o Razón Social Proveedor:</b>		Dow Quimica Colombia	
<b>Dirección</b>		Cartagena, Zona Industrial de Mamonal, Km. 14	
<b>Teléfono:</b>	6688000		
<b>Aspecto a Evaluar</b>	<b>Producto:</b>	x	<b>Servicio:</b> Cual: Anhídrido maleico
<b>Evaluado por:</b>	Rodrigo Lara		
Califique 5 y/o 10 si hay cumplimiento del Item y Califique 1 si no hay cumplimiento del Item			
<b>No.</b>	<b>1. Oportunidad (10)</b>	<b>Puntaje Parcial</b>	<b>Puntaje Obtenido</b>
1	Entrega el producto y/o servicio solicitado en el tiempo acordado y completo.	5	5
2	Brinda el apoyo técnico requerido de manera oportuna de acuerdo a la naturaleza del producto y/o servicio.	5	5
<b>No.</b>	<b>2. Capacidad Técnica (15)</b>	<b>Puntaje Parcial</b>	<b>Puntaje Obtenido</b>
3	Cuenta con personal y tecnología adecuada.	5	15
4	Cuenta con stock suficiente de productos o con los recursos suficientes para la prestación del servicio.	5	
5	Brinda garantía para el producto y/o servicio ofrecido.	5	
<b>No.</b>	<b>3. Precio (5)</b>	<b>Puntaje Parcial</b>	<b>Puntaje Obtenido</b>
6	El precio ofrecido es adecuado al producto y/o servicio suministrado.	5	5
<b>No.</b>	<b>4. Calidad (10)</b>	<b>Puntaje Parcial</b>	<b>Puntaje Obtenido</b>
9	Sus productos y/o servicios cumplen siempre con las especificaciones de calidad solicitadas.	10	10
<b>No.</b>	<b>5. Atención (10)</b>	<b>Puntaje Parcial</b>	<b>Puntaje Obtenido</b>
12	Esta atento a resolver inquietudes y tomar pedido; así como prestar asesoría técnica sobre los productos y/o servicios que ofrece.	10	10
<b>No.</b>	<b>6. Certificación de Calidad (5)</b>	<b>Puntaje Parcial</b>	<b>Puntaje Obtenido</b>
15	Esta certificado por una entidad reconocida.	5	5
<b>TOTAL</b>			<b>50</b>
<b>Proveedor Clase II Desempeño satisfactorio en la prestación del servicio:</b> Puntaje superior 70% <b>Proveedor Clase I Requiere mejora en la prestación del servicio:</b> Puntaje menor o igual a 69%			
<b>Estado del Proveedor:</b>		Aprobado (II)	En seguimiento (I)
<b>OBSERVACIONES:</b>			

### EVALUACION DE PROVEEDORES

<b>Nombre o Razón Social Proveedor:</b>		Interkrol Ltda	
<b>Nit / C.C.:</b>		<b>Dirección:</b>	Bogota, Carrera 64 # 5 A – 55
<b>Teléfono:</b>	57 (1) 4201330	<b>e mail :</b>	<a href="mailto:ventas@interkrol.com">ventas@interkrol.com</a>
<b>Aspecto a Evaluar</b>	<b>Producto:</b>	x	<b>Servicio:</b> Cual: Anhídrido maleico
<b>Evaluado por:</b>	Rodrigo Lara		
Califique 5 y/o 10 si hay cumplimiento del Item y Califique 1 si no hay cumplimiento del Item			
<b>No.</b>	<b>1. Oportunidad (10)</b>	<b>Puntaje Parcial</b>	<b>Puntaje Obtenido</b>
1	Entrega el producto y/o servicio solicitado en el tiempo acordado y completo.	5	5
2	Brinda el apoyo técnico requerido de manera oportuna de acuerdo a la naturaleza del producto y/o servicio.	5	5
<b>No.</b>	<b>2. Capacidad Técnica (15)</b>	<b>Puntaje Parcial</b>	<b>Puntaje Obtenido</b>
3	Cuenta con personal y tecnología adecuada.	5	15
4	Cuenta con stock suficiente de productos o con los recursos suficientes para la prestación del servicio.	5	
5	Brinda garantía para el producto y/o servicio ofrecido.	5	
<b>No.</b>	<b>3. Precio (5)</b>	<b>Puntaje Parcial</b>	<b>Puntaje Obtenido</b>
6	El precio ofrecido es adecuado al producto y/o servicio suministrado.	5	5
<b>No.</b>	<b>4. Calidad (10)</b>	<b>Puntaje Parcial</b>	<b>Puntaje Obtenido</b>
9	Sus productos y/o servicios cumplen siempre con las especificaciones de calidad solicitadas.	10	10
<b>No.</b>	<b>5. Atención (10)</b>	<b>Puntaje Parcial</b>	<b>Puntaje Obtenido</b>
12	Esta atento a resolver inquietudes y tomar pedido; así como prestar asesoría técnica sobre los productos y/o servicios que ofrece.	10	10
<b>No.</b>	<b>6. Certificación de Calidad (5)</b>	<b>Puntaje Parcial</b>	<b>Puntaje Obtenido</b>
15	Esta certificado por una entidad reconocida.	5	5
<b>TOTAL</b>			<b>50</b>
<b>Proveedor Clase II Desempeño satisfactorio en la prestación del servicio: Puntaje superior 70%</b> <b>Proveedor Clase I Requiere mejora en la prestación del servicio: Puntaje menor o igual a 69%</b>			
<b>Estado del Proveedor:</b>		<b>Aprobado (II)</b>	<b>En seguimiento (I)</b>
<b>OBSERVACIONES:</b>			

### EVALUACION DE PROVEEDORES

<b>Nombre o Razón Social Proveedor:</b>		Producciones químicas	
<b>Nit / C.C:</b>		<b>Dirección:</b>	Bogota, Tv. 124 # 17 - 97
<b>Teléfono:</b>	(571) 418 80 66	<b>e mail :</b>	<a href="mailto:ventas@produccionesquimicas.com">ventas@produccionesquimicas.com</a>
<b>Aspecto a Evaluar</b>	<b>Producto:</b>	x	<b>Servicio:</b> Cual: octoato de Cobalto
<b>Evaluado por:</b>	Rodrigo Lara		
<b>Califique 5 y/o 10 si hay cumplimiento del Item y Califique 1 si no hay cumplimiento del Item</b>			
<b>No.</b>	<b>1. Oportunidad (10)</b>		<b>Puntaje Parcial</b>
1	Entrega el producto y/o servicio solicitado en el tiempo acordado y completo.		5
2	Brinda el apoyo técnico requerido de manera oportuna de acuerdo a la naturaleza del producto y/o servicio.		5
<b>No.</b>	<b>2. Capacidad Técnica (15)</b>		<b>Puntaje Parcial</b>
3	Cuenta con personal y tecnología adecuada.		5
4	Cuenta con stock suficiente de productos o con los recursos suficientes para la prestación del servicio.		5
5	Brinda garantía para el producto y/o servicio ofrecido.		5
<b>No.</b>	<b>3. Precio (5)</b>		<b>Puntaje Parcial</b>
6	El precio ofrecido es adecuado al producto y/o servicio suministrado.		1
<b>No.</b>	<b>4. Calidad (10)</b>		<b>Puntaje Parcial</b>
9	Sus productos y/o servicios cumplen siempre con las especificaciones de calidad solicitadas.		10
<b>No.</b>	<b>5. Atención (10)</b>		<b>Puntaje Parcial</b>
12	Esta atento a resolver inquietudes y tomar pedido; así como prestar asesoría técnica sobre los productos y/o servicios que ofrece.		10
<b>No.</b>	<b>6. Certificación de Calidad (5)</b>		<b>Puntaje Parcial</b>
15	Esta certificado por una entidad reconocida.		5
<b>TOTAL</b>			<b>46</b>
<b>Proveedor Clase II Desempeño satisfactorio en la prestación del servicio: Puntaje superior 70%</b> <b>Proveedor Clase I Requiere mejora en la prestación del servicio: Puntaje menor o igual a 69%</b>			
<b>Estado del Proveedor:</b>		<b>Aprobado (II)</b>	<b>En seguimiento (I)</b>
<b>OBSERVACIONES:</b>			

### EVALUACION DE PROVEEDORES

Nombre o Razón Social Proveedor: Quimica del caribe

Dirección: Cartagena, v. 26 #20-35

Teléfono: (5) 6627871

Aspecto a Evaluar    Producto:    x    Servicio:    Cual:

Evaluated por: Rodrigo Lara

Califique 5 y/o 10 si hay cumplimiento del Item y  
Califique 1 si no hay cumplimiento del Item

No.		Puntaje Parcial	Puntaje Obtenido
<b>1. Oportunidad (10)</b>			
1	Entrega el producto y/o servicio solicitado en el tiempo acordado y completo.	5	5
2	Brinda el apoyo técnico requerido de manera oportuna de acuerdo a la naturaleza del producto y/o servicio.	1	1
<b>2. Capacidad Técnica (15)</b>			
3	Cuenta con personal y tecnología adecuada.	1	7
4	Cuenta con stock suficiente de productos o con los recursos suficientes para la prestación del servicio.	1	
5	Brinda garantía para el producto y/o servicio ofrecido.	5	
<b>3. Precio (5)</b>			
6	El precio ofrecido es adecuado al producto y/o servicio suministrado.	5	5
<b>4. Calidad (10)</b>			
9	Sus productos y/o servicios cumplen siempre con las especificaciones de calidad solicitadas.	10	10
<b>5. Atención (10)</b>			
12	Esta atento a resolver inquietudes y tomar pedido; así como prestar asesoría técnica sobre los productos y/o servicios que ofrece.	10	10
<b>6. Certificación de Calidad (5)</b>			
15	Esta certificado por una entidad reconocida.	0	0
<b>TOTAL</b>			<b>37</b>

Proveedor Clase II Desempeño satisfactorio en la prestación del servicio: Puntaje superior 70%  
Proveedor Clase I Requiere mejora en la prestación del servicio: Puntaje menor o igual a 69%

Estado del Proveedor: Aprobado (II) En seguimiento (I)

OBSERVACIONES:

### EVALUACION DE PROVEEDORES

<b>Nombre o Razón Social Proveedor:</b>		Elementos quimicos	
<b>Nit / C.C:</b>		<b>Dirección:</b>	Bogota, Cra. 68D No. 11-76
<b>Teléfono:</b>	(571) / 5523040	<b>e mail :</b>	<a href="mailto:ventas4@elementosquimicos.com.co">ventas4@elementosquimicos.com.co</a>
<b>Aspecto a Evaluar</b>	<b>Producto:</b>	x	<b>Servicio:</b> Cual: Anhidrido maleico
<b>Evaluado por:</b>	Rodrigo Lara		
Califique 5 y/o 10 si hay cumplimiento del Item y Califique 1 si no hay cumplimiento del Item			
<b>No.</b>	<b>1. Oportunidad (10)</b>	<b>Puntaje Parcial</b>	<b>Puntaje Obtenido</b>
1	Entrega el producto y/o servicio solicitado en el tiempo acordado y completo.	5	5
2	Brinda el apoyo técnico requerido de manera oportuna de acuerdo a la naturaleza del producto y/o servicio.	5	5
<b>No.</b>	<b>2. Capacidad Técnica (15)</b>	<b>Puntaje Parcial</b>	<b>Puntaje Obtenido</b>
3	Cuenta con personal y tecnología adecuada.	5	15
4	Cuenta con stock suficiente de productos o con los recursos suficientes para la prestación del servicio.	5	
5	Brinda garantía para el producto y/o servicio ofrecido.	5	
<b>No.</b>	<b>3. Precio (5)</b>	<b>Puntaje Parcial</b>	<b>Puntaje Obtenido</b>
6	El precio ofrecido es adecuado al producto y/o servicio suministrado.	5	5
<b>No.</b>	<b>4. Calidad (10)</b>	<b>Puntaje Parcial</b>	<b>Puntaje Obtenido</b>
9	Sus productos y/o servicios cumplen siempre con las especificaciones de calidad solicitadas.	10	10
<b>No.</b>	<b>5. Atención (10)</b>	<b>Puntaje Parcial</b>	<b>Puntaje Obtenido</b>
12	Esta atento a resolver inquietudes y tomar pedido; así como prestar asesoría técnica sobre los productos y/o servicios que ofrece.	1	1
<b>No.</b>	<b>6. Certificación de Calidad (5)</b>	<b>Puntaje Parcial</b>	<b>Puntaje Obtenido</b>
15	Esta certificado por una entidad reconocida.	5	5
<b>TOTAL</b>			<b>41</b>
<b>Proveedor Clase II Desempeño satisfactorio en la prestación del servicio: Puntaje superior 70%</b> <b>Proveedor Clase I Requiere mejora en la prestación del servicio: Puntaje menor o igual a 69%</b>			
<b>Estado del Proveedor:</b>		<b>Aprobado (II)</b>	<b>En seguimiento (I)</b>

- Equipos propuestos para el desarrollo del proyecto

Removedor de etiqueta propuesto Mooge technology EI LMD-11



Fuente. Alibaba.com

Máquina de limpieza de agua WR--PET



**Figura 5. Malla metálica propuesta.**



**Fuente. Catálogo LIJIN.**

Secador al vacío NASER NHD600



**Fuente. Catálogo MASTER INDUSTRY**

### Molino triturador propuesto



Fuente. Catálogo ZHENFEI

Figura 9. Mezcladora propuesta.



Fuente. Catálogo  
CHINT Sr.

Figura 10. Extursora propuesta





Fuente. Catálogo  
KR, Kairong

**Equipo de risado propuesto**



Fuente. Catálogo IMTEX

**Figura 13. Secador propuesto ASTAR QX-12**



Fuente. Catálogo Astar

### Cortadora



Fuente. Catálogo maicheang

Cuotas mensuales para pago de credito a 60 meses

Mes	Intereses a pagar	Abono a capital	Saldo Obligacion
1	\$242,685,343.77	\$160,161,504.33	\$15,505,379,782.67
2	\$240,204,175.13	\$162,642,672.97	\$15,342,737,109.70
3	\$237,684,569.06	\$165,162,279.05	\$15,177,574,830.65
4	\$235,125,930.08	\$167,720,918.02	\$15,009,853,912.63
5	\$232,527,653.53	\$170,319,194.57	\$14,839,534,718.05
6	\$229,889,125.34	\$172,957,722.76	\$14,666,576,995.29
7	\$227,209,721.95	\$175,637,126.15	\$14,490,939,869.14
8	\$224,488,810.14	\$178,358,037.96	\$14,312,581,831.17
9	\$221,725,746.87	\$181,121,101.24	\$14,131,460,729.94
10	\$218,919,879.14	\$183,926,968.96	\$13,947,533,760.97
11	\$216,070,543.85	\$186,776,304.26	\$13,760,757,456.72
12	\$213,177,067.60	\$189,669,780.50	\$13,571,087,676.21
<b>Totales para el año 1</b>			
Mes	Intereses a pagar	Abono a capital	Saldo Obligacion
13	\$210,238,766.58	\$192,608,081.52	\$13,378,479,594.69

14	\$207,254,946.39	\$195,591,901.72	\$13,182,887,692.98
15	\$204,224,901.84	\$198,621,946.26	\$12,984,265,746.71
16	\$201,147,916.86	\$201,698,931.24	\$12,782,566,815.47
17	\$198,023,264.25	\$204,823,583.85	\$12,577,743,231.62
18	\$194,850,205.56	\$207,996,642.54	\$12,369,746,589.07
19	\$191,627,990.91	\$211,218,857.20	\$12,158,527,731.88
20	\$188,355,858.78	\$214,490,989.32	\$11,944,036,742.55
21	\$185,033,035.87	\$217,813,812.23	\$11,726,222,930.32
22	\$181,658,736.90	\$221,188,111.21	\$11,505,034,819.11
23	\$178,232,164.41	\$224,614,683.70	\$11,280,420,135.41
24	\$174,752,508.60	\$228,094,339.51	\$11,052,325,795.91
<b>Totales para el año 2</b>			
<b>Mes</b>	<b>Intereses a pagar</b>	<b>Abono a capital</b>	<b>Saldo Obligacion</b>
25	\$171,218,947.12	\$231,627,900.98	\$10,820,697,894.92
26	\$167,630,644.89	\$235,216,203.22	\$10,585,481,691.71
27	\$163,986,753.87	\$238,860,094.23	\$10,346,621,597.48
28	\$160,286,412.91	\$242,560,435.19	\$10,104,061,162.29
29	\$156,528,747.51	\$246,318,100.60	\$9,857,743,061.69

30	\$152,712,869.60	\$250,133,978.51	\$9,607,609,083.18
31	\$148,837,877.38	\$254,008,970.72	\$9,353,600,112.46
32	\$144,902,855.08	\$257,943,993.03	\$9,095,656,119.43
33	\$140,906,872.72	\$261,939,975.39	\$8,833,716,144.04
34	\$136,848,985.93	\$265,997,862.17	\$8,567,718,281.87
35	\$132,728,235.72	\$270,118,612.39	\$8,297,599,669.48
36	\$128,543,648.21	\$274,303,199.89	\$8,023,296,469.59
<b>Totales para el año 3</b>			
Mes	Intereses a pagar	Abono a capital	Saldo Obligacion
37	\$124,294,234.47	\$278,552,613.63	\$7,744,743,855.96
38	\$119,978,990.24	\$282,867,857.87	\$7,461,875,998.09
39	\$115,596,895.67	\$287,249,952.43	\$7,174,626,045.66
40	\$111,146,915.16	\$291,699,932.95	\$6,882,926,112.71
41	\$106,627,997.03	\$296,218,851.08	\$6,586,707,261.63
42	\$102,039,073.33	\$300,807,774.78	\$6,285,899,486.86
43	\$97,379,059.55	\$305,467,788.55	\$5,980,431,698.30
44	\$92,646,854.39	\$310,199,993.71	\$5,670,231,704.59
45	\$87,841,339.49	\$315,005,508.61	\$5,355,226,195.98

46	\$82,961,379.15	\$319,885,468.95	\$5,035,340,727.03
47	\$78,005,820.10	\$324,841,028.01	\$4,710,499,699.02
48	\$72,973,491.17	\$329,873,356.93	\$4,380,626,342.08
<b>Totales para el año 4</b>			
Mes	Intereses a pagar	Abono a capital	Saldo Obligacion
49	\$67,863,203.08	\$334,983,645.02	\$4,045,642,697.06
50	\$62,673,748.12	\$340,173,099.99	\$3,705,469,597.07
51	\$57,403,899.84	\$345,442,948.26	\$3,360,026,648.81
52	\$52,052,412.83	\$350,794,435.27	\$3,009,232,213.54
53	\$46,618,022.37	\$356,228,825.73	\$2,653,003,387.81
54	\$41,099,444.15	\$361,747,403.95	\$2,291,255,983.86
55	\$35,495,373.95	\$367,351,474.15	\$1,923,904,509.70
56	\$29,804,487.36	\$373,042,360.74	\$1,550,862,148.96
57	\$24,025,439.46	\$378,821,408.65	\$1,172,040,740.31
58	\$18,156,864.47	\$384,689,983.64	\$787,350,756.68
59	\$12,197,375.47	\$390,649,472.63	\$396,701,284.05
60	\$6,145,564.06	\$396,701,284.05	\$0.00
<b>Totales para el año 5</b>			

## CRONOGRAMA

ACTIVIDADES	Julio	Agosto				Septiembre				Octubre		
	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
Presentación inicial de la propuesta y correcciones según revisión de asesores												
Empalme de anteproyecto con el nuevo formato de proyecto de grado												
Desarrollo objetivo 2: Estudio de mercado												
Desarrollo objetivo 3: Propuesta del diseño de proceso de transformación químico-mecánica de PET reciclado												
Revisión asesora disciplinar y ajustes según su consideración												
Entrega para seguimiento I y modificaciones solicitadas por asesora metodológica												
Desarrollo objetivo 4: Localización y diseño de planta												
Desarrollo objetivo 5: Evaluación mediante indicadores el posible impacto ambiental del proceso												
Entrega para seguimiento II y modificaciones solicitadas por asesora metodológica												
Desarrollo objetivo 6: Propuesta de factibilidad económica del proyecto												
Entrega para revisión a la asesora disciplinar												
Correcciones finales según requerimientos de asesora.												
Entrega final												

Fuente. Propia



PROCESO: INVESTIGACIÓN, CIENCIA E INNOVACIÓN  
TÍTULO: PRESENTACION DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN  
CÓDIGO: R-INVE-004  
VERSIÓN: 002