

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 1 de 6</b>

26.

<b>FECHA</b>	viernes, 18 de mayo de 2018
--------------	-----------------------------

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Ciudad

<b>UNIDAD REGIONAL</b>	Extensión Soacha
<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	Trabajo De Grado
<b>FACULTAD</b>	Ingeniería
<b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b>	Pregrado
<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>	Ingeniería Industrial

El Autor(Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
Bello Porras	Diana Marcela	1072430451
Vaca Garcia	Heidy Yisseth	1073519007

	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b> <b>PAGINA: 2 de 6</b>

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
Córdoba Berrio	Arturo Yesid

<b>TÍTULO DEL DOCUMENTO</b>
<p>PROPUESTA DISEÑO DE PLANTA PARA LA TRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS MEDIANTE EL USO DE ALGORITMOS HÍBRIDOS-GENÉTICOS PARA LA POBLACIÓN VULNERABLE DEDICADA AL RECICLAJE EN EL MUNICIPIO DE SOACHA.</p>

<b>SUBTÍTULO</b> (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

<b>TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:</b> Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
Ingeniero Industrial

<b>AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO</b>	<b>NÚMERO DE PÁGINAS</b>
16/05/2018	101

<b>DESCRITORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS</b> (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
<b>ESPAÑOL</b>	<b>INGLÉS</b>
1.Produccion Industrial	
2.Instalacion Industrial	
3.Algoritmo	
4.Plastico	
5.Reciclaje	
6.Diseño Industrial	

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 3 de 6</b>

### RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

En Soacha se generan aproximadamente 26,55 toneladas de residuos plásticos al día en el año 2014, los cuales no son transformados, es por ello que se propone diseñar un modelo de planta para la transformación de los residuos plásticos que se generan dentro del municipio, cumpliendo con especificaciones técnicas, sociales y ambientales, en donde los actores principales sean los recuperadores de oficio, disminuyendo los intermediarios con la finalidad que el material plástico procesado sea vendido como materia prima o producto terminado a grandes empresas, articulando toda la cadena de valor del plástico recuperado. Este diseño de planta se desarrollará mediante el uso de un algoritmo híbrido genético que busca soluciones locales efectivas para luego encadenarlas y encontrar una solución global, permitiendo así la optimización de los tiempos y espacios. A partir de una investigación aplicada, con análisis cualitativo y cuantitativo, se plantea una metodología de cuatro fases la primera es un diagnóstico que permite determinar las variables para la aplicación del algoritmo, la oferta y demanda del plástico dentro del municipio; la segunda es determinar las restricciones del diseño de planta para la estructuración del algoritmo híbrido-genético; la tercera es la utilización del modelo propuesto y por último proyectar el diseño de planta a 5 años que corresponda a la oferta del material. El proyecto concluye con el diseño del modelo de planta simulado, una posible localización en el municipio de Soacha, definición de las áreas y procesos que se pueden desarrollar dentro de la planta procesadora de residuos plásticos.

### AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 4 de 6</b>

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son: Marque con una "X":

<b>AUTORIZO (AUTORIZAMOS)</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
NIT: 890.680.062-2



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 5 de 6</b>

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA:** (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

**Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

**SI** \_\_\_ **NO** X.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

**LICENCIA DE PUBLICACIÓN**

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.



**MACROPROCESO DE APOYO  
PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO  
DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

**CÓDIGO: AAAr113  
VERSIÓN: 3  
VIGENCIA: 2017-11-16  
PAGINA: 6 de 6**

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.





<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 7 de 7</b>

**Nota:**

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

<b>Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)</b>	<b>Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)</b>
1.Propuesta diseño de planta para la transformación de residuos plásticos mediante el uso de algoritmos.pdf	Texto
2.	
3.	
4.	

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

<b>APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>FIRMA (autógrafa)</b>
Bello Porras Diana Marcela	Diana Marcela Bello Porras
Vaca García Heidy Yisseth	Heidy Yisseth Vaca García

12.1.50

PROPUESTA DISEÑO DE PLANTA PARA LA TRANSFORMACIÓN DE  
RESIDUOS PLÁSTICOS MEDIANTE EL USO DE ALGORITMOS HÍBRIDOS-  
GENÉTICOS PARA LA POBLACIÓN VULNERABLE DEDICADA AL RECICLAJE  
EN EL MUNICIPIO DE SOACHA.

DIANA MARCELA BELLO PORRAS  
HEIDY YISSETH VACA GARCIA

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SOACHA  
2018

PROPUESTA DISEÑO DE PLANTA PARA LA TRANSFORMACIÓN DE  
RESIDUOS PLÁSTICOS MEDIANTE EL USO DE ALGORITMOS HÍBRIDOS-  
GENÉTICOS PARA LA POBLACIÓN VULNERABLE DEDICADA AL RECICLAJE  
EN EL MUNICIPIO DE SOACHA.

DIANA MARCELA BELLO PORRAS  
HEIDY YISSETH VACA GARCIA

TRABAJO TIPO MONOGRÁFICO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL

DIRECTOR:  
ING. ARTURO YESID CORDOBA BERRIO  
INGENIERO INDUSTRIAL -DOCENTE UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SOACHA  
2018

Nota de Aceptación

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Soacha, Cundinamarca 13 de abril de 2018

## DEDICATORIA

Éste trabajo está dedicado primordialmente a Dios que ha sido partícipe y guía en este proceso.

*A mis padres Blanca y Nelson por su apoyo, paciencia y amor incondicional, por impulsarme a ser mejor persona y profesional cada día, a mi hermano Sergio por su motivación y ser parte fundamental en mi vida, A Mary por cada palabra de aliento y fuerza para no desfallecer en el proceso. A mi amiga Heidy por las batallas luchadas y cumplidas.*

*A mi familia y cada una de las personas que estuvieron presentes en este proceso brindándome su apoyo, cariño y comprensión.*

*Diana B.*

*A mis padres Maria y Gabriel por su amor, apoyo incondicional en cada etapa de mi vida y la motivación para ser mejor en cada momento, A mis hermanos; Sandra, Duvan y Andrés Por ser parte fundamental en este proceso A mi sobrino Mathias por ser la alegría de mi vida.*

*A mi amiga compañera y colega Diana B. por su apoyo, paciencia y compromiso.*

*Heidy V.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos al ingeniero Arturo Córdoba por los aportes realizados, la dedicación a esta investigación y la confianza brindada hacia nosotras, al líder del semillero Carlos Castro por su acompañamiento durante este proceso y los conocimientos aportados que hicieron posible culminar este proceso con excelentes resultados

A nuestras familias por apoyarnos en cada etapa de nuestra vida y ser el motor principal para culminar este proyecto.

A nuestros amigos; Johan, Jefry, Alexis, Fabián, Ricardo B, de la Universidad de Cundinamarca y compañeros del Semillero de investigación de Emprendimiento y Desarrollo empresarial en Soacha (SIEDES) quienes apoyaron esta propuesta y aportaron en gran medida en cada una de las fases propuestas.

A los recuperadores por la información suministrada y la disposición que tuvieron con este proyecto.

A todos los docentes de la Universidad que hicieron parte de nuestra formación.

Gracias por su colaboración, incondicional apoyo y sugerencias.

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	13
OBJETIVOS	14
OBJETIVO GENERAL	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
ALCANCE Y LIMITACIONES	15
ANTECEDENTES	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
Formulación del problema	19
JUSTIFICACIÓN	20
METODOLOGÍA	21
1. CAPITULO 1	22
MARCO REFERENCIAL	22
1.1. ESTADO DEL ARTE	22
1.2. MARCO CONCEPTUAL	24
1.3. MARCO TEÓRICO	25
1.4. MARCO LEGAL	33
1.5. MARCO GEOGRAFICO	35
2. CAPITULO 2	38
OFERTA	38
2.1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL SECTOR PLÁSTICO	38
2.2. OFERTA DEL PLÁSTICO	39
2.3. OPORTUNIDADES DE EXPANSIÓN	45
3. CAPTIULO 3	48
DISTRIBUCIÓN EN PLANTA SLP	48
3.1. VARIABLES	48
3.2. FACTORES QUE INTERVIENE EN EL DISEÑO DE LA PLANTA	49

3.3.	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SLP	54
3.4.	DESARROLLO DEL SLP	55
4.	CAPITULO 4	68
	MODELACIÓN ALGORITMO HIBRIDO-GENÉTICO	68
4.1.	BUSQUEDA DE TABÚ	69
4.2.	RECOCIDO SIMULADO	70
4.3.	ALGORITMO GENETICO	71
4.4.	DESARROLLO DEL HGA	71
5.	CAPITULO 5	77
5.1.	CRITERIO TECNOLÓGICO	77
5.2.	CRITERIO SOCIAL	82
5.3.	CRITERIOS AMBIENTALES	86
6.	CONCLUSIONES	88
7.	RECOMENDACIONES	89
8.	BIBLIOGRAFIA	90
9.	ANEXOS	94
9.1.	MODELO DE ENCUESTA PROSPECTIVA	94
9.2.	PRUEBAS DE HGA MATLAB	95
9.3.	ENCUESTA EMPRESAS RECUPERADORAS Y TRANSFORMADORAS DE PLÁSTICOS	96
9.4.	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	98
9.5.	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	100
9.6.	SIMULACIÓN 3D	101

## Lista de Tablas

Tabla 1 Capacidad Instalada Para La Producción De Resinas Plásticas	41
Tabla 2 Crecimiento Consumo Resinas Plásticas Soacha	43
Tabla 3 Material recuperado	45
Tabla 4 Análisis y Medición de los movimientos	49
Tabla 5 Maquinaria requerida	50
Tabla 6 Factor Hombre	50
Tabla 7 Factor Servicio	52
Tabla 8 Factor edificio	52
Tabla 9 Factor cambio	53
Tabla 10 Productos a fabricar	55
Tabla 11 Cantidad o volumen de productos a fabricar	55
Tabla 12 Cantidad y Productos a Transformar	56
Tabla 13 Relación de volúmenes	57
Tabla 14 Diagrama Origen-Destino	58
Tabla 15 Cálculo superficie para la planta transformadora por departamentos	62
Tabla 16 Superficie total necesaria para las maquinas	63
Tabla 17 Determinación de áreas requeridas para almacenamiento	64
Tabla 18 Matriz De Proximidad Entre Departamentos	65
Tabla 19 Valores de referencia	65
Tabla 20 Análisis de proximidad	66
Tabla 21 Número de departamentos	74
Tabla 22 Referencia curva de llenado	75
Tabla 23 Pruebas de combinación de factores del HGA; <b>Error!</b> Marcador <b>no definido.</b>	

## Lista de Figuras

Figura 1 Plano de Zonificación Usos del Suelo	37
Figura 1 Plano de Zonificación Usos del Suelo	37
Figura 2 Variación del PIB en Colombia	40
Figura 3 Resinas aprovechables	42
Figura 4 Proyección consumo plástico Soacha	43
Figura 5 Residuos generados Soacha	44
Figura 6 Generación y recuperación de Residuos plásticos diarios en Soacha	44
Figura 7 Pasos para la aplicación SLP	54
Figura 8 Análisis producto-cantidad (P-Q)	57
Figura 9 Proceso de Recuperación de material Plástico	59
Figura 10 Proceso De Elaboración De Botones Con PP	60
Figura 11 Proceso De Elaboración De Tejas Con PEBD	61
Figura 12 Diagrama de relaciones espaciales	67
Figura 13 Evaluación de proximidad	67
Figura 14 Herramienta de solución de distribución de planta por un HGA	73
Figura 15 Curva de llenado	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 16 Distribución departamentos HGA	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 17 Genero recuperadores	82
Figura 18 Edad recuperadores Soacha	83
Figura 19 Cotización ARL recuperadores Soacha	83
Figura 20 Vivienda recuperadores Soacha	84
Figura 21 Ingresos Mensuales recuperadores Soacha	84
Figura 22 Criterios de evaluación de impactos ambientales	87

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Modelo de encuesta prospectiva	94
Anexo 2 Pruebas de HGA Matlab	95
Anexo 3 Encuesta Empresas recuperadoras y transformadoras de plásticos	96
Anexo 4 Capacidad Instalada	98
Anexo 5 Plano distribución en planta	100
Anexo 6 Simulación 3D	101

## RESUMEN

En Soacha se generan aproximadamente 26,55 toneladas de residuos sólidos plásticos al día en el año 2014, los cuales no son transformados, es por ello que se propone diseñar un modelo de planta para la transformación de los residuos sólidos plásticos que se generan dentro del municipio, cumpliendo con especificaciones técnicas, sociales y ambientales, en donde los actores principales sean los recuperadores de oficio, disminuyendo los intermediarios con la finalidad que el material plástico procesado sea vendido como materia prima o producto terminado a grandes empresas, articulando toda la cadena de valor del plástico recuperado. Este diseño de planta se desarrollará mediante el uso de un algoritmo híbrido genético que tiene como función buscar soluciones locales efectivas para luego encadenarlas y encontrar una solución global, permitiendo así la optimización de los tiempos y espacios. A partir de una investigación aplicada, con análisis cualitativo y cuantitativo, se plantea una metodología de cuatro fases la primera es un diagnóstico que permite determinar las variables para la aplicación del algoritmo, la oferta y demanda del plástico dentro del municipio; la segunda es determinar las restricciones del diseño de planta para la estructuración del algoritmo híbrido-genético; la tercera es la formulación del modelo matemático del algoritmo y por último proyectar el diseño de planta a 5 años que corresponda a la oferta del material. El proyecto concluye con el diseño del modelo de planta simulado, una posible localización en el municipio de Soacha, definición de las áreas y procesos que se pueden desarrollar dentro de la planta procesadora de residuos sólidos plásticos.

**Palabras claves:** Diseño de plantas, algoritmos, transformación de plásticos, reciclaje

## GLOSARIO

**ALGORITMO:** Secuencia finita de operaciones que se encuentran organizadas de manera lógica con el fin de solucionar un problema.

**FUNCIÓN OBJETIVO:** Relación que existen entre variables y restricciones de una decisión la cual se obtiene como resultado la optimización de dicho proceso.

**HÍBRIDO:** Refiere a la unión de dos o más elementos que posean distinta naturaleza obteniendo un resultado nuevo.

**LAYOUT:** Consiste en un término inglés que refiere como se representa gráficamente la distribución de todos los factores que intervienen en el diseño de planta.

**METAHEURÍSTICA:** Métodos que se aproximan a la solución de problemas de optimización, proporcionando información general con el objetivo de crear algoritmos híbridos combinando diferentes conceptos derivados de la inteligencia artificial la evolución biológica y la mecánica estadística.

**MOLDEO POR INYECCIÓN:** Proceso que consiste en fundir un material plástico para que sea introducido a presión en un molde, mediante los cambios de temperatura se solidifica hasta obtener la pieza sin ninguna deformación física.

**RECICLAJE:** Proceso mediante el cual se recuperan los residuos sólidos y se someten a una reutilización o transformación con la finalidad de que sean materia prima para la fabricación de nuevos productos.

**RESIDUOS SÓLIDOS:** Se componen de desechos que provienen de la fabricación y utilización de bienes de consumo, por lo general, estos materiales que son desechados han terminado su vida útil y carecen de valor económico.

**TERMOPLÁSTICO:** polímeros que se dentro de su estructura molecular cambia a altas temperaturas permitiendo que sea fundido y moldeado cuantas veces sea necesario.

## INTRODUCCIÓN

El diseño de planta tiene como objetivo primordial mantener un análisis detallado de la distribución u ordenación física que sea económica, segura y satisfactoria para todos los elementos que componen el proceso productivo como son: maquinaria, materiales, métodos de recorridos y distribución, estos representan una ventaja competitiva, debido a que reduce costos, adicionalmente contribuye a la calidad, puesto que sus procesos se encuentran estandarizados. Adicionalmente el diseño de las instalaciones incluye la localización y georreferenciación, la distribución en planta, el manejo de los materiales y es fundamental la seguridad de los trabajadores contemplando así el diseño de áreas de trabajo. Además del diseño, se hace importante la aplicación de una metodología que busca el punto con mayor eficiencia, esta puede tratarse de alguna técnicas meta heurísticas dentro de ellas se encuentra el algoritmo, que consisten en procesos amplios, dirigidos e inteligentes, pensados para explorar y explotar determinadas áreas, o todas de un espacio de soluciones, y que representan actualmente, un gran avance en las metodologías para la resolución de problemas, donde no es posible identificar soluciones óptimas por simple revisión exhaustiva.

El plástico en Colombia es utilizado por algunas industrias que lo convierten en materias primas para algunos sectores industriales, impulsando un desarrollo sostenible. En Soacha actualmente no se realiza ningún proceso, de allí crece la necesidad de diseñar procesos de transformación del plástico que conlleve desde la recolección hasta el producto final dentro de un mismo contexto industrial, con el fin de que se encadenen los procesos evitando intermediarios y así los recuperadores sean los únicos partícipes de este clúster.

Para realizar el diseño de planta transformadora de residuos plásticos en Soacha, se plantea que las áreas de distribución no son iguales puesto que son distintos procesos y productos involucrados, para esto se propone la aplicación del algoritmo híbrido genético propuesto por Moon Hwan Lee y Young Hae Lee, usando algoritmos metaheurísticos como Búsqueda Tabú, Recocido Simulado, y algoritmos genéticos, buscando soluciones locales que luego son encadenadas y por medio de algoritmos genéticos, encontrar una solución global del problema.

La investigación se distribuye en 4 fases las cuales son: diagnóstico, aplicación, prospectiva e implementación, dentro de estas se evidencia desde la recolección de información de fuentes primarias y secundarias, determinación de datos para el diseño de planta, la formulación de la distribución de la planta en el modelo de algoritmo, la prospectiva de funcionamiento de la planta a 5 años hasta el diseño simulado en software. Dejando así una propuesta con criterios sociales, tecnológicos y ambientales, con el fin de que sea tomada como referencia para la construcción de la planta transformadora de residuos.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un modelo de distribución en planta para la transformación de residuos plásticos mediante el uso de algoritmos híbridos-genéticos que contribuya al municipio de Soacha.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estimar variables y parámetros de la generación de residuos plásticos en el municipio de Soacha.
- Determinar criterios tecnológicos, ambientales y sociales para tomar la decisión acerca de la ejecución de la planta.
- Determinar la distribución en planta por medio del modelo matemático.
- Valorar las oportunidades de expansión en términos prospectiva.

## **ALCANCE Y LIMITACIONES**

**ALCANCE:** El alcance de la investigación es la propuesta del diseño de planta desde el acopio hasta la transformación de plástico para convertirlos en materias primas para otros sectores de la industrial y productos terminados.

**LIMITACIONES:** El proyecto se limita al no saber cómo va a reaccionar el mercado respecto a la oferta del material plástico, en cuanto a cantidades disponibles y precios de comercialización, también el compromiso del recuperador con el proyecto, adicional un limitante a un futuro es la tendencia a la prohibición de consumo de algunos tipos de plástico.

## ANTECEDENTES

El plástico se caracteriza por su estructura, propiedades y composición. Las propiedades de los plásticos presentan grandes ventajas ya que en ocasiones su composición y estructura final pueden sustituir a los materiales o usos convencionales como la madera y los metales.

Los plásticos abarcan una multitud de objetos moldeados dando una función complementaria a un todo o parte de un producto, el cual este último es utilizado por empresas y mercados tecnológicos, automotrices, agrícolas, inmobiliarios, entre otros.

En la actualidad el uso del plástico es una variable dentro del contexto de producción y fabricación de múltiples objetos, su tendencia de fabricación ha tenido tanta acogida por las industrias que, debido a los cambios en las formas de vida, demuestra su importancia y trascendencia. La historia de los recicladores en Colombia no tiene un registro histórico que permita establecer sus inicios, el país hasta principios de las década de los años 50s, era en un 70% rural, la violencia política desatada en el campo, entre partidarios de los partidos Conservador y Liberal, ocasionaron la muerte de miles de campesinos, dejando a viudas y huérfanos que sin otra opción migraron a las ciudades conformando una población sin oportunidades laborales; encontraron en las basuras una forma de sobrevivir, apareciendo así hombres, mujeres y niños que buscaban entre las basuras de las plazas de mercado comida para mitigar el hambre, y en las basuras de las casas y botaderos, elementos para reusó, tal como madera que utilizaban como elementos para la construcción de sus ranchos en zonas de invasión, o como fuente de calor para preparar alimentos y calentarse, ropa, tarros, frascos, papel, fueron formando el hábito de encontrar en las basuras una forma de sobrevivir.

El reciclaje es en Colombia una actividad poco desarrollada a pesar que existe una buena cantidad de personas dedicadas a ella. De acuerdo con estimativos de las organizaciones de recicladores, calculan que son 300.000 personas agrupadas en 50.000 familias en todo el país. De ese total, 15.000 familias se encuentran en Bogotá el resto en ciudades medianas y grandes.

El Ministerio del Medio Ambiente informó que Colombia genera 27.000 toneladas de residuos al día, de las cuales, solo un 10% son aprovechadas por los

recicladores informales. El 90% va a parar a los botaderos a cielo abierto, enterramientos o rellenos sanitarios.

Aunque la actividad del reciclaje no es nueva, lo es en forma organizada, en solo en Bogotá recuperan anualmente material por un valor promedio a los \$32.000 millones. Cifra nada despreciable.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El plástico actualmente abarca gran parte de la producción global y su uso se ha disparado en los últimos 50 años. Según (Greenpeace, 2015) “Entre 2002-2013 aumentó un 50%: de 204 millones de toneladas en 2002, a 299 millones de toneladas en 2013”.

Los continentes con mayor producción de plástico son Europa, Norte América y Asia. Tal como lo dice (Greenpeace, 2015) dentro de Europa, más de dos tercios de la demanda de plásticos se concentran en cinco países: Alemania (24,9%), Italia (14,3%), Francia (9,6%), Reino Unido (7,7%) y España (7,4%).

En Colombia el uso de plástico se ha acelerado en un 7% en promedio anual, de las cuales solo se recupera el 17% (Acoplásticos, 2015) por recuperadores de oficio y son transformadas por empresas tales como ENKO ubicada en Antioquia y DISECLAR en Santiago de Cali, que se dedican a la recuperación de uno o dos polímeros.

En Soacha se generan aproximadamente 26,55 toneladas de residuos sólidos plásticos al día (Alcaldía & Consorcio, 2014) dentro de estas se encuentran polipropileno, polietileno de alta densidad y PET. El reciclaje se ha convertido en un factor de gran relevancia para la industria y la sociedad ya que es una fuente generadora de ingresos, específicamente dirigida a un sector en capacidad de vulnerabilidad, según una encuesta realizada a la población recicladora del municipio de Soacha se evidencia que el 83% de la población genera ingresos mensuales menores a 450 mil pesos, y el 16% de la población tiene un ingreso mensual entre 450 mil pesos a 1.000.000 (Encuesta realizada semillero SIEDS). Este material recolectado no tiene ninguna transformación debido a que el municipio no cuenta con estrategias públicas que contribuyan con políticas ambientales y económicas en la constitución de empresas transformadoras de plásticos, y como consecuencia de ello este material es llevado a otras ciudades aportando en la economía de otros municipios.

La distribución en planta, “consiste en la ordenación física de los factores y elementos industriales que participan en el proceso productivo de la empresa, en la distribución del área, en la determinación de las figuras, formas relativas y ubicación de los distintos departamentos” (De La Fuente, 2005, p.16). Contribuye a realizar procesos de manera eficiente permitiendo el manejo de materiales,

aprovechamiento de espacio y mejorando las líneas de producción para así generar productividad.

Soacha es un municipio que cuenta con un alto potencial para diseñar estrategias y poder fomentar el desarrollo económico.

El tamaño de su mercado, su posición privilegiada y estratégica al lado de Bogotá, así como su alta vocación productiva industrial y potencial logístico, se constituyen en factores determinantes para mejorar la competitividad de la provincia de Soacha, sobre la base de criterios de sostenibilidad ambiental e inclusión social. (Rosario & Bogota, 2010)

Dentro del diseño de planta transformadora de plásticos en el municipio de Soacha se propone el uso de los algoritmos híbridos buscando la productividad y el aprovechamiento de todos los espacios y áreas que se encuentran inmersas dentro de esta.

Los algoritmos híbridos aprovechan la efectividad de los tres métodos: Búsqueda Tabú (TS), Recocido Simulado (SA) y Algoritmos Genéticos (GA). los dos primeros se encargan de buscar soluciones locales efectivas, con las cuales se arman las “cadenas” de los algoritmos genéticos para encontrar la solución global del problema. Lo ideal es aprovechar las ventajas de dichas técnicas para llegar a la mejor solución de manera práctica y efectiva. (TAMI, 2011)

### **Formulación del problema**

¿Cómo elaborar un diseño de planta para la transformación de residuos plásticos cumpliendo con normas técnicas, ambientales, que responda a las condiciones sociales de la población beneficiaria, utilizando como herramienta algoritmos híbridos-genéticos?

## JUSTIFICACIÓN

La distribución de planta “es un fundamento de la industria, determina la eficiencia y en algunos casos, la supervivencia de una empresa” (Muther, Distribucion en planta, 1970). Por medio de esta se logra orden, manejo de áreas y equipos, minimizar tiempos, costos, que contribuyen al mejoramiento de todos los procesos.

El plástico que se genera en el municipio no cuenta con ninguna transformación, pero es recolectado por 3 asociaciones de recuperadores en el municipio de Soacha que actualmente están reconocidos y son fuente principal de información, en donde se observa que están conformadas legalmente, pero no poseen una estructuración de trabajo colectivo; cada miembro de la asociación realiza su recolección de manera individual. El diseño de la planta transformadora de residuos sólidos plásticos hace parte de un macro proyecto que plantea generar emprendimiento a través de metodologías de trabajo cooperativista, en donde los recuperadores sean partícipes de procesos de recolección y transformación, así mismo, disminuir los intermediarios con el fin de que el material plástico procesado sea vendido como materia prima o producto terminado a grandes empresas y así articular toda la cadena de valor de reciclaje de residuos sólidos plásticos, con el fin de que sea recolectado clasificado y transformado, en el que se tendrá en cuenta como actor principal los recicladores de oficio del municipio.

Lo que se busca al realizar la investigación es dignificar el trabajo de los recuperadores de residuos sólidos de plástico, estos encuentran en este oficio su rebusque económico, que día a día crece y con ella también la variedad y cantidad de población de bajos recursos que se dedica a recoger material reciclable para su sustento, el reciclaje en Colombia es una actividad poco desarrollada a pesar que existe una buena cantidad de personas dedicadas a ella. estas personas se sustentan sólo con la actividad de la recolección y acopio.

Por medio de la transformación de los residuos plásticos en productos terminados se busca mejorar las condiciones de vida de la población recicladora aportando al crecimiento económico, laboral y a su vez se busca la preservación al medio ambiente disminuyendo los impactos por los residuos generados.

## METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto se diseñó una metodología que se basa en tres etapas

La primera consiste en investigación exploratoria que se basa en la recolección de información de fuentes secundarias para la indagación teórica de la aplicación de algoritmos híbridos –genéticos en la distribución de planta, información de normas técnicas, ambientales que se deban aplicar al diseño.

La segunda etapa es la investigación descriptiva en donde se recolecta información de fuentes primarias, se realizarán encuestas estructuradas a los propietarios de los depósitos de material reciclable y recolectores, a su vez entrevistas a administradores de empresas que demanden plástico en el municipio de Soacha con el fin de establecer la oferta del material plástico. Además de ellos se obtendrán datos de fuentes secundarias como el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), el Plan de Ordenamiento Territorial (POT).

La tercera es la investigación correlacional en la que se obtendrá conocimiento profundo de las características de la solución al problema, y la aplicación de variables, mediante información secundaria de libros y monografías en donde se evidencie toda la teoría a aplicar. Se realizará una investigación del análisis producto-cantidad donde se elaborarán graficas en forma de histogramas de frecuencia, en las que se representen en abscisas los diferentes puntos a elaborar y en ordenadas las cantidades de cada uno, con esta información se determinara el volumen de la planta. También se realizará un flujo de materiales por medio de diagramas de recorrido, multiproducto, tablas matriciales, por último, se calcula el área requerida para determinar los espacios por extrapolación. La determinación del análisis P-Q, el flujo de materiales y el cálculo de área requeridas son variables que determinaran las restricciones y el objetivo del algoritmo utilizado.

Finalmente se realizará una evaluación rendimiento de la planta por medio de simulación, resaltando la distribución de instalaciones realizadas y el manejo de espacios que establezcan.

El método de análisis es cualitativo debido a que la distribución en planta está orientada por los estándares, normas y demás estatutos que rigen a las industrias con relación a su infraestructura además de ello se tendrá en cuenta las cantidades que son ofertadas y demandadas en el mercado, por otro lado, es un método cuantitativo puesto que se tomaran la información de las personas involucradas.

# 1.CAPITULO 1

## MARCO REFERENCIAL

### 1.1. ESTADO DEL ARTE

Al comienzo de la era industrial el trabajo era primitivo y se fundaba de modo instintivo, sin determinar métodos y técnicas específicas para la distribución de las instalaciones; luego llegó la revolución industrial aportando criterios que contribuían a la productividad y seguridad en las fábricas, estos avances estaban orientados a las máquinas y al trabajador, dejando así a un lado sistema de producción; A principios del siglo XX surgieron los primeros logros en métodos del trabajo impulsados por la especialización de las industrias y aumentar la eficiencia de los procesos, de allí nacieron las diferentes técnicas que se aplican actualmente en la distribución de las Plantas.

El método más utilizado es la relación entre actividades (SLP) propuesto por Richard Muther consiste en una técnica de ordenación física de los factores que intervienen en la distribución en planta, con el objetivo de brindar economía para el trabajo, seguridad y satisfacción de empleados, dentro de este método requiere información sobre procesos y áreas requeridas determinando el movimiento del material, máquinas, almacén y hombre.

Por otro lado, se encuentra la simulación; definida como la técnica experimental de un diseño computarizado o manual de un sistema o proceso con el fin de analizar el comportamiento o evaluar diferentes estrategias para el funcionamiento eficiente de este.

Para la simulación de procesos e instalaciones existen programas con ventajas orientadas al diseño y distribución de plantas como: Factory Design Software, AutoCAD, Flexsim, FactoryCAD Solidworks; En ellos se puede evidenciar la distribución planeada antes de que sea llevada a la realidad, proporcionando ventajas tal como son el ahorro de tiempo y dinero en la evaluación de la solución y el cálculo de resultado esperados.

Aparte de los métodos anteriormente nombrados se han encontrado la solución de problemas concernientes a la ubicación de procesos y se pueden tratar de dos formas:

El método matemático que encuentra soluciones exactas, las técnicas que se aplican pertenece al área de investigación de operaciones.

El método heurístico que busca conseguir una solución aproximada dentro criterios y rangos establecidos, que obtenga el óptimo de un problema.

En los últimos años, se han diseñado métodos que proviene de algoritmos combinados llamados metaheurísticos que se definen como método de solución que organiza la interacción entre los procedimientos de mejora local y las estrategias de más alto nivel para crear un proceso que sea capaz de escapar de un óptimo local y realizar una búsqueda vigorosa de una región factible. (Lieberman & Hillier, 2006) Dentro de los métodos metaheurísticos se han diseñado algunos para la solución de problemas de distribución de planta. Dentro de ellos se encuentran:

El algoritmo colonia de hormigas (ACO), es una técnica probabilística que busca una optimización del problema sin restringir de manera excesiva el espacio solución; utilizando espacios de búsqueda local para maximizar su desempeño. Dentro de este método se han establecido 3 fases: representación de la solución con hormigas, construcción de la solución y procedimientos de búsqueda local. Se han aplicado a problemas de difícil solución y se ha demostrado que su aplicación tiene preeminencias al mejorar los resultados a diferencia con las soluciones encontradas con otros métodos aplicados.

Así mismo se propuso un algoritmo genético multiobjetivo (MOGA), para instalaciones de área desigual que se basa en una estructura truncada, en donde la distribución de bloque es construida dividiendo el piso en un juego de bloques rectangulares que satisfacen los requerimientos de área de los departamentos, este procedimiento tiene cuatro funciones objetivo: costo del manejo de materiales, requerimientos de cercanía, requerimientos de distancia y relación de aspecto. (Aiello, La Scalia, & Enea, 2013)

## 1.2. MARCO CONCEPTUAL

La distribución en planta es la disposición de maquinaria, equipos, materiales, personas y demás elementos que intervienen en un proceso de producción; su objetivo principal es la integración de los factores buscando que se generen mínimas distancias de recorrido, circulación fluida, seguridad para los trabajadores y una disposición flexible.

Para realizar la distribución se establece un proceso iterativo que sigue ciertos pasos hasta encontrar la solución, primero se formula el problema estableciendo que se desea realizar dentro de las instalaciones y que se necesita, seguido se realiza una búsqueda de soluciones, selección, especificación, por último, se realiza la observación de la adecuación, y se realiza la evaluación para determinar la ejecución de la distribución.

La metodología que frecuentemente se utiliza para distribución en planta es la metodología de System Layout Planning propuesto por Richard Muther, utilizada para la resolución de problemas partir de criterios cualitativos, se establecen cuatro fases para su ejecución: La primera es la localización, se decide la ubicación de la planta a distribuir, se establece una planta completamente nueva se busca una posición geográfica competitiva basada diferentes factores; segundo, se realiza el plan de distribución general, en el que se estructura el patrón de flujo para el total de áreas, la superficie requerida, la relación entre las diferentes departamentos y la configuración de cada actividad principal; la tercera fase es el plan de distribución detallada en el que se estudia y prepara el análisis, definición y planificación de los lugares donde se van a ubicar la instalaciones, maquinaria por último se realiza los movimientos físicos y ajustes necesarios para culminar la distribución,

Otra metodología para realizar la distribución es aplicando métodos heurísticos, que han sido estudiados y estructurados desde los años 70, aunque no han tenido mucha evolución, si se han realizado diversos programas y lenguajes para hallar resultados que han comparado su rendimiento y estructura, específicamente para obtener una distribución en planta con criterios cualitativos se utiliza los Algoritmos híbridos-genéticos programados en Matlab por Melissa Palacios y Cristian Taimés que comprueban su efectividad al ser comparados con otros estudios. Teniendo en cuenta tamaño de los departamentos, flujo de materiales, y el flujo de llenado dentro de las instalaciones se obtiene una minimización del recorrido de los materiales.

## **1.3. MARCO TEÓRICO**

### **1.3.1. Distribución en planta**

La distribución en planta implica la ordenación física y racional de los elementos productivos garantizando su flujo óptimo al más bajo costo. Esta ordenación incluye espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, máquinas, equipos de trabajo, trabajadores y todas las otras actividades o servicios, buscando cumplir un interés económico y social, con el que se busca aumentar la producción, reducir costos, ofrecerle seguridad y satisfacción por el trabajo que realiza (Muther, Distribución en planta Ordenación racional de los elementos de producción industrial, 1981).

Para realizar el patrón de flujo de trabajo que determina los formatos para la distribución existen dos técnicas configuraciones productivas y métodos:

### **1.3.2. Configuraciones productivas**

Estas se clasifican en tres tipos principales según (Heizer & Render, 2009) y permiten realizar una distribución básica según las necesidades de producción:

Distribución por posición fija: el material que se elabora no se desplaza en la fábrica, y por lo tanto la maquinaria y demás equipo necesarios se llevan hacia él. Este tipo de distribución se emplea cuando el producto es voluminoso y pesado, pero se restringe a que se implemente cuando se producen pocas unidades al mismo tiempo.

Distribución por proceso agrupa todas las operaciones de la misma naturaleza, este sistema de disposición se utiliza generalmente cuando se fabrica una amplia gama de productos que requieren la misma maquinaria y la producción es de volumen relativamente pequeño.

Distribución por Producto o en Línea también denominada "Producción en cadena", en este caso toda la maquinaria y equipos necesarios para fabricar un determinado producto se agrupan en una misma zona y se ordenan de acuerdo con el proceso de fabricación. Se emplea principalmente en los casos en que exista una elevada demanda de uno o varios productos, el problema principal que se puede presentar en este tipo de distribución es el balance de las líneas de producción que buscan mantener un flujo uniforme con el mínimo tiempo ocioso.

Combinando técnicas de distribución por proceso y por producto, se pueden agrupar máquinas para elaborar productos similares a esta se denomina distribución celular.

### **1.3.3. Métodos exactos y meta-heurísticos.**

#### 1.3.3.1. Métodos exactos

Aseguran la solución óptima, pero su aplicación se ve restringida con base en la complejidad debido a que consumen recursos de cómputo y tiempo, además pueden llegar a ser muy difíciles de aplicar según se incrementen las variables ; los métodos heurísticos obtienen buenas soluciones en espacios de tiempo razonables, pero deben efectuarse suficientes pruebas para encontrar la solución a partir de las variables y restricciones del problema, es por ello que el desarrollo de programas informáticos que se han creado para solucionar problemas de distribución en planta, fueron combinados con métodos metaheurísticos para incrementar la productividad del planeador.

#### 1.3.3.2. Métodos meta heurísticos

Para aplicar métodos meta heurísticos se realizan dos tipos algoritmos de construcción y algoritmo de mejora, los primeros se construyen a partir de nuevos datos y requieren que se les suministre información de áreas requeridas, diagrama de relaciones; el segundo requiere de una solución inicial del caso de estudio para iniciar su programación.

Dentro de los algoritmos de construcción se encuentran:

- ALDEP (Automated layout design program) creado por Seehof y Evans en 1967, en el que se seleccionan variables para definir un número de alternativas de layout, se utiliza por medio de una tabla de relaciones, para determinar la importancia de la cercanía de los departamentos,
- CORELAP (Computerized relationship layout planning), creado por Lee y Moore en 1967, se ubican los departamentos de acuerdo con la calificación de cercanía total representada en trayectoria rectilínea, siendo el de mayor relación de cercanía situado en el centro de la disposición y como regla de desempate siempre se selecciona el departamento de área más grande. (Mejia, Heidy; Wilches, Maria; Galofre, Marjorie; Montenegro, Yennys, 2011)

Entre los algoritmos de mejora se encuentran:

- CRAFT (Computerized relative allocation of facilities), fue creado por Armour, Buffa y Vollman en 1963, su objetivo principal es aplicar conceptos multidisciplinarios; herramientas y técnicas para resolver problemas organizativos Se utiliza una matriz del flujo “de-hacia”, el costo es medido en la distancia, además buscar mejorar la situación inicial para minimizar el costo de manejo de materiales, mejorar flujos.

- COFAD (Computerized facilities Technique). Creado por Tompkins y Reed en 1976 Es un derivado de CRAFT en el cual se consideró todo lo relacionado con layout y el manejo de materiales.

En términos generales la metaheurísticas es un proceso iterativo de generación que guía a una heurística subordinada al combinar diferentes conceptos para la exploración del espacio de búsqueda y usando estrategias de aprendizaje para estructurar la información con objeto de encontrar eficientemente soluciones cercanas al óptimo.

Los diferentes estudios de algoritmos metaheurísticos resolviendo problemas de distribución en planta que se han realizado en los últimos años han comprobado ser métodos bastante efectivos en la solución de problemas de optimización combinatoria, (Arostegui, Kadipasaoglu, & Khumawala, 2006) propone la utilización de métodos heurísticos para resolver problemas de distribución con alta complejidad matemática, teniendo en cuenta que los métodos de optimización no son viables debido al requerimiento intensivo de tiempo y recursos.

En el caso de la solución con métodos heurísticos, se busca obtener una solución aproximada dentro de ciertas tolerancias, que satisfaga el problema; la complejidad es menor y los algoritmos requeridos pueden operar en un computador normal.

Algunos autores proponen la utilización de un algoritmo genético para la solución de problemas de distribución en planta de instalaciones industriales, donde pasillos enlazan las instalaciones no adyacentes. Los datos procesados son: la matriz de flujos, las áreas de las instalaciones y las respectivas relaciones de forma.

Otros autores como (Cobo & Serrano, 2005) realizan una revisión de los métodos de distribución de planta en busca de mejorar las soluciones a los problemas de redistribución generados por la aplicación de los métodos tradicionales; en su artículo "Un algoritmo híbrido basado en colonias de hormigas para la resolución de problemas de distribución en planta orientados a procesos." consideran la posibilidad de incluir restricciones de tipo espacial o prioridades de cercanía. Desarrollan su trabajo utilizando dos técnicas metaheurísticas, por un lado, los algoritmos basados en colonias de hormigas (ACO) para la construcción concurrente del conjunto de soluciones parciales del problema por medio de asignaciones parciales de secciones a áreas de la planta y por otro lado un algoritmo genético (AG) con el fin de mejorar las soluciones obtenidas a partir del primer método.

Un algoritmo genético multiobjetivo (MOGA) presentado por (Azzaro, 2009), para optimización de diseño de plantas por baches, implementan dos enfoques: un algoritmo Pareto y una estructura de análisis de decisión multicriterio, en el trabajo los comparan con los criterios de costo de inversión, número de equipos y un indicador de flexibilidad basado en el trabajo en proceso (WIP) el cual es computado con un modelo de simulación de eventos discretos. El problema de optimización multicriterio consiste en seleccionar entre un juego de alternativas una óptima, es decir la que presente mejor calidad de las alternativas.

Otro método para distribución de instalaciones de área desigual (UA-FLP), que utiliza un algoritmo genético multiobjetivo en combinación con la utilización del método “Electre” para la toma de decisiones multicriterio, lo cual le permite al diseñador expresar sus preferencias sobre las mejores soluciones encontradas. La utilización de algunos algoritmos genéticos por si solos no garantiza una adecuada solución, puesto que no se toman aspectos importantes para la revisión del diseño como pueden ser las relaciones de aspecto deseadas, los requerimientos de cercanía, las restricciones de espacio etc. (Aiello, La Scalia, & Enea, 2013)

#### 1.3.3.3. Algoritmo búsqueda tabú

La técnica de Búsqueda Tabú o TS (Por sus siglas en inglés, Tabu Search), es un algoritmo meta-heurístico que se utiliza para resolver problemas de optimización combinatoria. Fue definida y formalizada por Glover en 1986. Es una técnica diseñada para gestionar un algoritmo de búsqueda local integrado. Utiliza de forma explícita la historia de la búsqueda para escapar de los óptimos locales e implementar una estrategia de exploración. Su principal característica se basa de hecho en el uso de mecanismos inspirados en la memoria humana (Liang & Chao, 2008)

El proceso desarrollado en una búsqueda tabú comienza con una solución inicial y luego inicia una búsqueda en la vecindad de la solución actual. Por ello, lo primero que se debe definir es una solución viable al problema y ciertos parámetros como el tamaño de la vecindad, de la lista tabú, los criterios de búsqueda y de parada. Cuando se inicia la búsqueda se genera un conjunto de soluciones de la vecindad a través de un cambio predefinido a la solución actual. A continuación, la mejor solución se selecciona entre el conjunto actual de soluciones vecinas y esto se convierte en la nueva solución actual. Una vez más, se genera un nuevo conjunto de soluciones vecinas de la nueva solución actual y el proceso se repite hasta que se cumplan los criterios de parada. La lista tabú registra las últimas soluciones encontradas (o algunos atributos de ellas) y prohíbe que estas soluciones (o

soluciones que contienen uno de estos atributos) sean visitadas otra vez, siempre y cuando se encuentren en la lista. La solución tabú puede dejar de serlo sobre la base de una memoria cambiante, debe haber una forma de “olvido estratégico”, es decir que una solución o atributo pueda salir de la lista tabú antes de que se cumpla su plazo. Esto se implementa a través del Criterio de aspiración, el cual permite que un movimiento sea admisible, aunque esté clasificado como tabú. De ésta manera se logra restringir algunos movimientos para prevenir que la búsqueda caiga en un ciclo y lograr que el proceso abandone los óptimos locales en busca del óptimo global. El tamaño o longitud de la lista tabú controla la memoria del proceso de búsqueda. Si la longitud de la lista es baja, La búsqueda se concentra en pequeñas áreas del espacio de búsqueda. Por el contrario, una longitud alta fuerza a que el proceso de búsqueda explore regiones más grandes, ya que prohíbe volver a visitar un mayor número de soluciones (Najmeh, Abedzadeh, & Mohsen., 2015)

#### 1.3.3.4. Recocido Simulado

La técnica heurística del recocido simulado, está basada en un algoritmo propuesto por Metropolis et al. (1953) en el marco de la termodinámica estadística, para simular el proceso de enfriamiento de un material (recocido). Esta heurística comprende una secuencia de iteraciones que modifica de forma aleatoria una solución actual. El método comienza con una solución inicial, realiza una búsqueda local y genera una solución vecina de manera aleatoria; después utiliza la analogía con un proceso de templado físico, para determinar si este vecino debe rechazarse como la próxima solución de prueba

El algoritmo de recocido simulado (SA) es un método iterativo que inicia con un cierto estado  $s$ . Mediante un proceso particular genera un estado vecino  $s'$  al estado actual. Si la energía, o evaluación, del estado  $s'$  es menor que la del estado  $s$ , se cambia el estado  $s$  por  $s'$ . Si la evaluación de  $s'$  es mayor que la de  $s$  entonces se puede empeorar eligiendo  $s'$  en lugar de  $s$  con una cierta probabilidad que depende de las diferencias de las evaluaciones  $\Delta f = f(s) - f(s')$  y de temperatura actual del sistema  $T$ .

La posibilidad de elegir un estado peor al actual es lo que le permite a SA salir de óptimos locales para poder llegar a los óptimos globales. La probabilidad de aceptar elegir un peor estado normalmente se calcula por la fórmula:

$$P(\Delta f, T) = e^{-\Delta f/T}$$

Donde, es igual a la diferencia entre el valor objetivo de la solución actual (solución inicial) y el valor objetivo de la solución vecina, y  $t$  es un parámetro del algoritmo llamado temperatura. (Kirkpatrick, Gelatt, & Vecchi, 1983)

Una cualidad de SA es que la temperatura va disminuyendo gradualmente conforme avanza la simulación.

Los parámetros del recocido simulado son: una solución actual viable, la función de perturbación, la función de aceptación y el parámetro de Temperatura.

Se parte de la premisa de la construcción de cristales de gran dureza, lo cual se logra únicamente con la combinación adecuada de temperaturas entre los átomos que lo componen. Es decir, para lograr el cristal perfecto se hace necesario una configuración que tenga el mínimo global de energía. Además, la realización del recocido debe tener en cuenta la medida de ir reduciendo la temperatura (una programación) para establecer la superficie de soluciones, la cual claramente cambiará (entre picos y partes planas) y le permitirá variar entre cada iteración realizada. En otras palabras, se establecen dos criterios primero el programa de temperaturas y el criterio de parada

Programa de Temperaturas. éste programa está definido básicamente por la velocidad de enfriamiento que establezca el investigador.

$$T_{i+1} = \alpha T_i$$

Donde T= Temperatura y  $\alpha$  = velocidad de enfriamiento

a) Valores elevados de  $\alpha$  entre 0,8 y 0,99 (velocidades lentas de enfriamiento) son los que mejores resultados proporcionan.

b) El número de iteraciones por temperatura aumenta a medida que aumente el tamaño del problema.

c) El número de iteraciones aumenta a medida que se reduce la temperatura

Criterios de parada. Generalmente se detiene la búsqueda cuando se haya producido un número determinado de iteraciones en la última temperatura

#### 1.3.3.5. Algoritmo Genético

Los algoritmos genéticos, fueron propuestos en 1975 por John Holland, de la Universidad de Michigan. Son algoritmos de optimización, es decir, tratan de encontrar la mejor solución a un problema dado entre un conjunto de soluciones posibles.

Trabaja con una población completa de soluciones de prueba en cada iteración. Después utiliza la analogía con la teoría biológica de la evolución, sobre todo el concepto de la supervivencia del más apto, para descartar algunas de las soluciones de prueba (en especial las más pobres) y reemplazarlas con otras nuevas. En este proceso de reemplazo tiene pares de miembros sobrevivientes que transfieren

algunas de sus características a pares de nuevos miembros como si fueran padres que reproducen hijos (Lieberman & Hillier, 2006). Esas características que pasan de generación en generación son las conocidas como soluciones viables que se organizan cada una en un cromosoma o genotipo. Cada cromosoma tiene una medida de conveniencia dada por la función objetivo. En dicha función se define la habilidad que tendrá para sobrevivir y reproducirse. Los cromosomas también se pueden renovar para llevar la búsqueda a las áreas más promisorias del espacio. Para resolver algoritmos genéticos hay que partir del hecho que se tiene que manejar un número finito de cromosomas para realizar la evolución de la población por medio de reglas probabilísticas que se guían por los siguientes operadores:

- **Selección.** Seleccionar al más apto para reproducirse.
- **Cruce.** Combinar cromosomas “padres” para producir cromosomas hijos. Combina los cromosomas más aptos y pasa los genes superiores a la siguiente generación.
- **Mutación.** Alteración de algunos genes en el cromosoma. Con ellos se asegura que se explore todo el espacio de soluciones y se pueda salir de un mínimo local.
- **Evaluar.** Se evalúan los hijos en la función Z y del total de soluciones (los padres y los hijos procreados) se escogen las mejores soluciones para regresar a la población inicial. Éstos pasos se repiten según la cantidad de iteraciones que se deseen implementar.

#### 1.3.4. Metodología para solución de distribución en planta SLP

Fue desarrollada por Richard Muther en los años 60 como un procedimiento sistemático multicriterio, igualmente aplicable a distribuciones completamente nuevas como a distribuciones de plantas ya existentes. Según (Muther, Distribución en planta Ordenación racional de los elementos de producción industrial, 1981) esta metodología “permite identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos”.

El método SLP reúne las ventajas de las aproximaciones metodológicas de otros autores en estas temáticas e incorpora el flujo de los materiales en el estudio de la distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas.

El diagrama brinda una visión general del SLP, aunque no refleja una característica importante del método. Su carácter jerárquico lo que indica es que este debe

aplicarse en fases jerarquizadas en cada una de las cuales el nivel de detalle es mayor que en la anterior.

El método de relación de actividades propuesto por (Muther, Distribución en planta Ordenación racional de los elementos de producción industrial, 1981) es una técnica para organizar los datos requeridos por los algoritmos de construcción que utilizan estos programas, la información necesaria está contenida en la tabla de relaciones y el área requerida para cada actividad, con lo cual se ordena la ubicación de cada proceso dentro de la planta.

### **1.3.5. Cálculo de superficies requeridas**

Para realizar una distribución o redistribución de elementos en planta se debe realizar el 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.

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

$$Sg = Ss \times N$$

- 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.

$$Se = (Ss + Sg)(K)$$

- Superficie total = Sumatoria de todas las superficies
- K (Coeficiente constante): Coeficiente que puede variar desde 0.05 a 3 dependiendo de la razón de la empresa.

### **1.3.6. Flujo del proceso**

Por medio de este, se garantiza la entrada y salida del material de cada una de las instalaciones. Se puede realizar por medio de bandas transportadoras, rodillos,

vehículos guiados automatizados, robots entre otros, De acuerdo con lo anterior, (Drira, Pierreval, & S, 2007) propone las siguientes distribuciones:

- **Distribución Línea Simple:** el producto se desplaza a través de una línea por todas las instalaciones. La línea puede ser: recta, semicircular o tener forma de U.
- **Distribución Multilínea:** involucra múltiples líneas de fabricación. El intercambio de materiales se puede dar en una misma línea y/o entre ellas si el proceso lo requiere.
- **Distribución Circular Cerrada:** Las instalaciones se organizan en forma de anillo, de tal manera que las partes del producto únicamente circulen en una misma dirección entre ellas.
- **Distribución de Campo Abierto:** se caracteriza por que las instalaciones tienen un mismo punto de entrada de material, pero conforme se van agrupando las piezas se pueden presentar diferentes caminos entre las instalaciones para obtener el producto final deseado.
- **Distribución Vertical:** cuando en una sola planta no es posible distribuir todas las instalaciones de la empresa, se hace necesario plantear distribuciones que involucren otros pisos o niveles de planta. De este modo, se puede dar un flujo de material, horizontal (en un mismo piso), o vertical que involucre otros niveles. Se utilizan elevadores para optimizar los flujos entre niveles. Por lo tanto, en este tipo de distribución entran más restricciones a ser consideradas, tales como: la capacidad y número de elevadores necesarios, la superficie y el número de niveles.

#### **1.4. MARCO LEGAL**

##### **DECRETO 1505 DE 2003**

**Artículo 3º.** Adicionase con el siguiente Parágrafo el artículo 9º del Decreto 1713 de 2002:

**Parágrafo.** En los estudios de pre factibilidad y factibilidad de alternativas para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos, las autoridades Distritales y Municipales deberán garantizar la participación e inclusión de los recicladores y del sector solidario en la formulación de dicho Plan.

##### **DECRETO 838 DE 2005**

**Artículo 8º.** El artículo 81 del Decreto 1713 de 2002, quedará así:

**Artículo 81.** Participación de recicladores. Los Municipios y los Distritos aseguraron en la medida de lo posible la participación de los recicladores en las actividades de aprovechamiento de los residuos sólidos. Una vez se formulen,

implementen y entren en ejecución los programas de aprovechamiento evaluados como viables y sostenibles en el PGIRS, se entenderá que el aprovechamiento deberá ser ejecutado en el marco de dichos programas. Hasta tanto no se elaboren y desarrollen estos Planes, el servicio se prestará en armonía con los programas definidos por la entidad territorial para tal fin

**Resolución 745 de 2014 Artículo 9. Aprovechamiento de residuos sólidos en el marco del PGIRS.**

Los municipios o distritos apoyaran la coordinación entre los actores involucrados en las actividades de aprovechamiento de los residuos sólidos, tales como prestadores del servicio público de aseo, recicladores de oficio, autoridades ambientales sanitarias, comercializadores de materiales reciclables, sectores productivos y de servicios, entre otros.

**Parágrafo 2.** A efectos de promover la incorporación de material reciclable en la cadena productiva y aumentar las tasas de aprovechamiento, los municipios, distritos o regiones podrán adelantar acciones orientadas a fortalecer las cadenas de comercialización de materiales reciclables.

**Artículo 9. Resolución 1713 2002**

**Aprovechamiento de residuos sólidos en el marco del PGIRS.** Los municipios o distritos apoyaran la coordinación entre los actores involucrados en las actividades de aprovechamiento de los residuos sólidos, tales como prestadores del servicio público de aseo, recicladores de oficio, autoridades ambientales sanitarias, comercializadores de materiales reciclables, sectores productivos y de servicios, entre otros.

**Parágrafo 1.** El PGIRS evaluará la viabilidad para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en plazas de mercado, corte de césped y poda de árboles y establecerá la respectiva estrategia. En caso de no ser viable este tipo de aprovechamiento, deberá documentar las razones técnicas y financieras.

**Parágrafo 2.** A efectos de promover la incorporación de material reciclable en la cadena productiva y aumentar las tasas de aprovechamiento, los municipios, distritos o regiones podrán adelantar acciones orientadas a fortalecer las cadenas de comercialización de materiales reciclables.

**Artículo 71.**

Resolución 1713 de 2002

*Selección de residuos sólidos.* El aprovechamiento de residuos sólidos, se puede realizar a partir de la selección en la fuente con recolección selectiva, o mediante el uso de centros de selección y acopio, opciones que deben ser identificadas y

evaluadas en el respectivo Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de cada Municipio o Distrito.

**DECRETO 596 DE 2016 Artículo 2.3.2.5.3.1. Progresividad para la formalización.**

Las organizaciones de recicladores de oficio que estén en proceso de formalización como personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento contarán con un término de cinco (5) años para efectos de cumplir de manera progresiva con las obligaciones administrativas, comerciales, financieras y técnicas definidas en el presente capítulo, en los términos que señale el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

**ACUERDO 287 DE 2007**

"Por el cual se establecen lineamientos para aplicar las acciones afirmativas que garantizan la inclusión de los recicladores de oficio en condiciones de pobreza y vulnerabilidad en los procesos de la gestión y manejo integral de los residuos sólidos"

## **1.5. MARCO GEOGRAFICO**

La localización de la planta transformadora de residuos plásticos se establece según el Artículo 154 del POT adopta como zonas especiales los Parques de Actividad Económica y el Artículo 155 PARQUES DE ACTIVIDAD ECONÓMICA Se reglamentan los Parques de Actividad Económica de acuerdo a lo expresado en el Documento Técnico de ajuste.

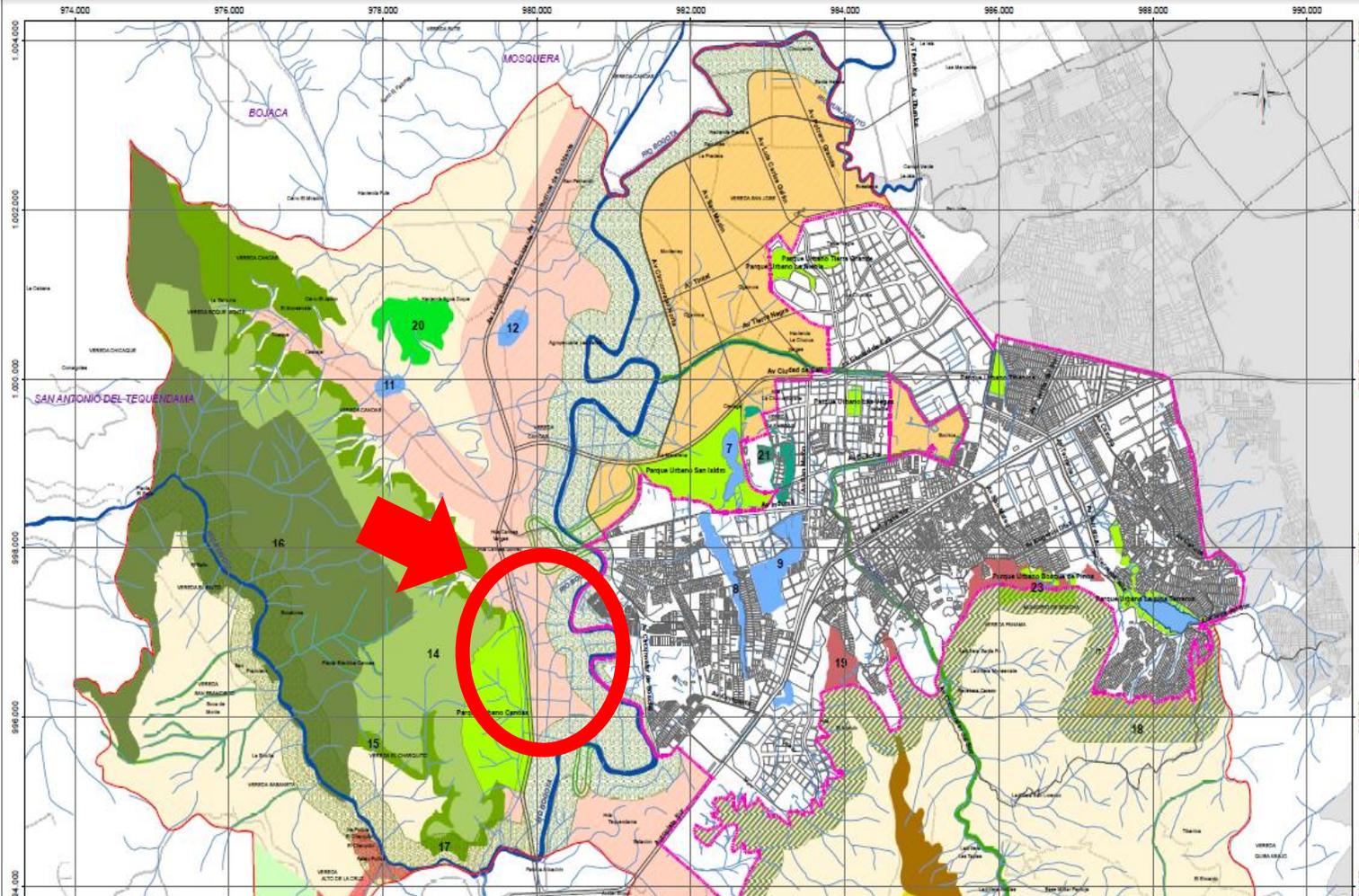
Esta política se acoge a la propuesta en la “Política Nacional de Producción más Limpia” que está encaminada a “prevenir y minimizar eficientemente los impactos y los riesgos a los seres humanos y al medio ambiente, garantizando la protección ambiental el crecimiento económico, el bienestar social y la competitividad empresarial, a partir de introducir la dimensión ambiental en los sectores productivos, como un desafío de largo plazo”.

El concepto de PARQUE, involucra una visión integral, en donde su proceso de intervención, está fundamentado en la construcción de la infraestructura vial y de servicios públicos, obras ambientales para mitigar los impactos a los recursos agua, suelo y aire, y el desarrollo de proyectos arquitectónicos con unidad de criterio

PARÁGRAFO 1: Localización: Los Parques de Actividad Económica estarán localizados en el área municipal de acuerdo al Mapa de Zonificación de usos del suelo.

Según el plano de zonificación del suelo, la planta se ubicará en el sector de la vereda canoas sobre la autopista longitudinal de occidente (ver mapa adjunto),

Figura 1 Plano de Zonificación Usos del Suelo



Fuente: Plan de Ordenamiento de Soacha

## 2.CAPITULO 2

### OFERTA

#### 2.1. CONTEXTUALIZACIÓN DEL SECTOR PLÁSTICO

A nivel mundial en economías desarrolladas priorizan la recuperación de residuos sólidos, en Holanda el noventa y nueve por ciento de residuos sólidos son aprovechados como materias primas para la industria; en Alemania solo el dos por ciento de residuos totales tienen destino final a un relleno sanitario, por el contrario, Colombia de los 11,6 millones de toneladas que genera al año, solo aprovecha un 17 por ciento, según cifras del Departamento Nacional de Planeación.

La baja recuperación y transformación de los residuos en Colombia se debe a la falta de separación en la fuente, especialmente en hogares e industrias; los pocos estímulos que otorga el gobierno a las empresas especialmente en las PYMES hacen que estas no vean en la aplicación de tecnologías limpias, el reciclaje y el reaprovechamiento, una oportunidad de reducción de costos y hasta de nuevos negocios.

En Colombia, la industria del plástico se ha caracterizado por ser la actividad manufacturera más dinámica de las últimas tres décadas, con un crecimiento promedio anual del 7%. En el año 2014, “la actividad transformadora de materias plásticas generó valores de producción bruta, de 8.337,3 millardos de pesos corrientes, con una contribución al valor de la producción nacional del 3,9%” (ACOPLASTICOS, 2017).

La tecnología más utilizada para el aprovechamiento de los residuos plásticos es el reciclaje mecánico, en una proporción no muy significativa, se están realizando experiencias en el reciclaje químico y se está evaluando la incineración con recuperación de energía para el manejo de algunos empaques y envases plásticos contaminados con agroquímicos. Desde la década de los ochenta ACOPLASTICOS viene adelantando en Colombia una serie de acciones para promover la incorporación de la variable ambiental en las actividades de las empresas del sector de los plásticos. Son múltiples las razones que han motivado estas nuevas tecnologías para el tratamiento de los

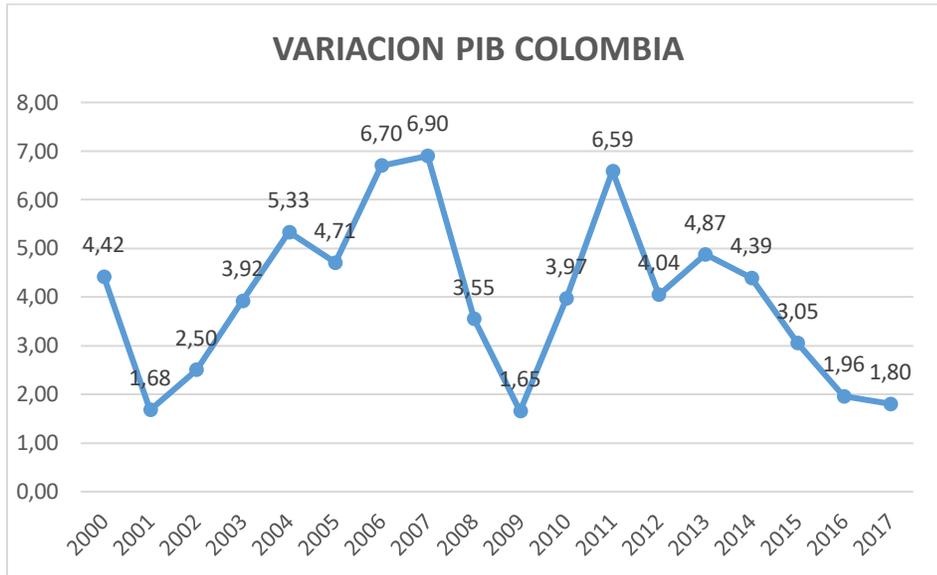
residuos plásticos, entre ellas se destacan: grandes volúmenes de residuos plásticos domiciliarios generados; la legislación ambiental, y la normativa de autoridades de países desarrollados para controlar la generación de volúmenes de residuos sólidos, así como para el manejo y tratamiento de los desperdicios; el avance en el conocimiento tecnológico de los diferentes procesos y materiales plásticos.

El aprovechamiento y valorización de los residuos plásticos, mediante diferentes procesos de recuperación o tratamiento, es consecuencia de los desarrollos tecnológicos que se adelantan desde hace varios años, principalmente en los países industrializados

## **2.2. OFERTA DEL PLÁSTICO**

En Colombia la economía ha tenido variaciones representativas en los últimos años, por medio del análisis de los datos suministrado por el DANE el producto interno bruto (PIB) generado en el país se evidencia la tendencia económica de los últimos años y permite hacerse una proyección de lo que sucederá en próximos ciclos económicos, el PIB nacional en los últimos 10 años ha descendido significativamente y es muy poco los años en los que se ha podido recuperar.

Figura 3 Variación del PIB en Colombia



Fuente: Autor

En el anterior grafico se puede ver un crecimiento continuo de la economía, para el periodo comprendido entre el año 2009 y 2011, en donde se logró un crecimiento económico de 6,6%, pero un decrecimiento en los últimos 5 años al punto de llegar al 1,8% para el año 2017 uno de los más bajos de la historia. Según datos obtenidos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) este decrecimiento genera incertidumbre a los inversionistas.

Aunque el desarrollo económico del país actualmente no esté en crecimiento, se prevé que el “PIB crecería un 2,6% en el año 2018, impulsado por la reducción de tasas y el incremento de precios del petróleo, apoyado por el mejor desempeño proyectado de las economías de los Estados Unidos y la zona del euro” (Caribe, 2018), así se evidencia que el país afrontara etapas de crecimiento y con ello el aumento de la producción de resinas plásticas en el país.

En Colombia la capacidad instalada total para la producción de resinas género un incremento en toneladas de 1,298 millones en 2014 a 1,33 millones en 2016. En 2016, un 58% del tonelaje global corresponde a la exportación directa de resinas y el resto se transformó, en el país, en semiproductos, intermedios y de consumo final, los cuales a su vez se venden en el mercado doméstico y se exportan a otros países. En la tabla 1 se evidencia la capacidad de producción y de tipo de resinas que el país puede producir.

## Capacidad Instalada Para La Producción De Resinas Plásticas

Tabla 1 Capacidad Instalada Para La Producción De Resinas Plásticas

<b>CAPACIDAD INSTALADA PARA LA PRODUCCIÓN DE RESINAS PLÁSTICAS</b>							
<b>miles de toneladas</b>							
<b>RESINA</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
<b>Policloruro de vinilo PVC</b>	400	400	410	420	480	482	482
<b>Poliestirenos</b>	100	100	105	110	110	110	110
<b>Poliestireno de baja densidad</b>	50	56	56	56	56	66	66
<b>PET</b>	40	40	40	55	55	55	60
<b>Polipropileno</b>	500	500	500	500	500	500	500
<b>Poliéster</b>	25	37	37	40	50	60	60
<b>Otras</b>	37	37	37	42	47	55	55
<b>Total</b>	<b>1152</b>	<b>1170</b>	<b>1185</b>	<b>1223</b>	<b>1298</b>	<b>1328</b>	<b>1333</b>

FUENTE: ACOPLASTICOS y productores nacionales

Elaboración: Propia

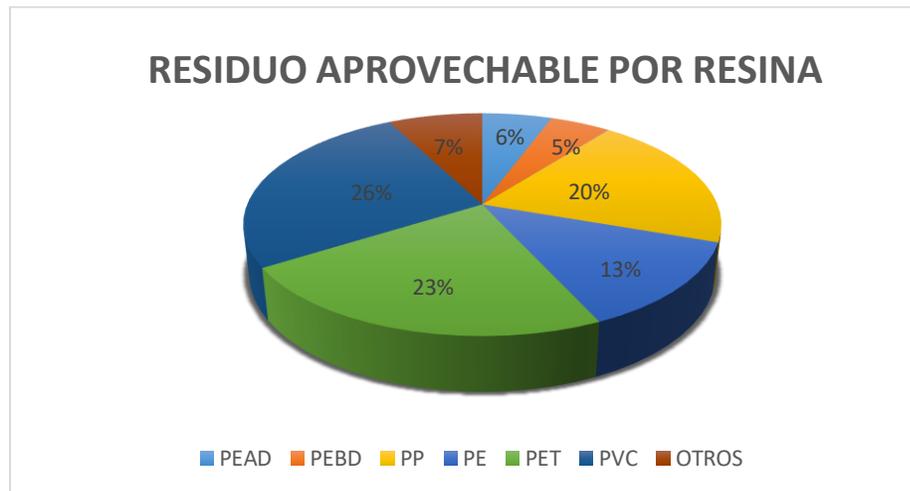
Según las estimaciones del Fondo Monetario Internacional, la predicción de crecimiento para 2018 es de 1,9% en las economías avanzadas y 4,8% en las economías emergentes y en desarrollo, para un crecimiento global anual de 3,6%. Con relación a las perspectivas para América Latina, las últimas proyecciones de los organismos internacionales señalan un crecimiento promedio de 1,9% para 2018.

Debido al crecimiento de la industria de plásticos, ACOPLASTICOS realizó una encuesta para conocer las prácticas y la situación actual del reciclaje de plástico pos industrial, proporcionando como resultado que, “el 93,94% de los residuos generados por las industrias plásticas, son aprovechables, con la siguiente composición, el 57,97% se incorpora nuevamente (17,39% en una nuevas líneas y 82,61% en la misma), el 37,30% se comercializa, el restante 4,74% se dispone.” (ACOPLASTICOS, 2017)

En la encuesta se evidencia que la resina de plástico que más se generan en estas industrias es el Policloruro de vinilo (PVC) con un 26% de las toneladas

de plástico que generan las industrias, seguido el tereftalato de polietileno (PET) con un 23%, el polipropileno (PP) con un 20% y Polietileno (PE) el 13%, las resinas que menos se generan son Polietileno de baja y alta densidad.

*Figura 4 Resinas aprovechables*

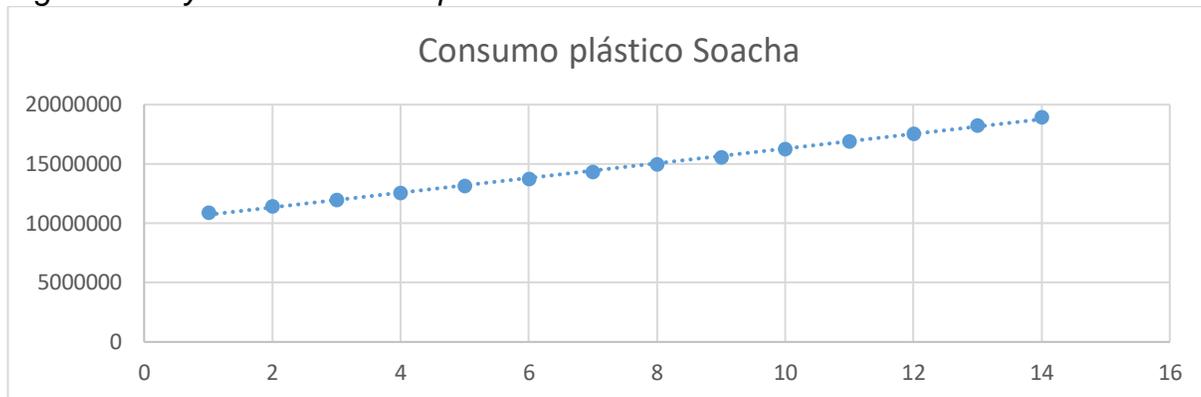


**Fuente:** (ACOPLASTICOS, 2017)

Este resultado muestra el destacable esfuerzo de las industrias plásticas por maximizar el uso de recursos y mejorar la eficiencia en los procesos productivos, además del compromiso con el sostenimiento.

Para calcular el crecimiento de consumo de resinas plásticas para el municipio de Soacha, se tiene en cuenta el crecimiento poblacional de Colombia proyectado por el DANE hasta el año 2023, pronosticado en 533.718 habitantes para el año 2018, y un consumo anual per cápita de resinas plásticas determinado por ACOPLASTICOS de 28 kilos por habitante (figura 4), evidenciando el potencial para la expansión local de la cadena productiva de plásticos.

Figura 5 Proyección consumo plástico Soacha



Fuente: Propia

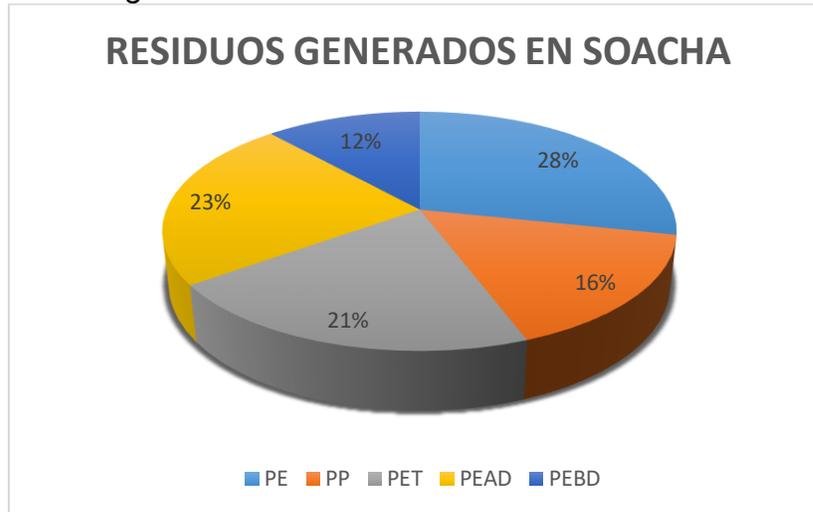
Tabla 2 Crecimiento Consumo Resinas Plásticas Soacha

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Habitantes Soacha	455 992	466 938	477 918	488 995	500 097	511 262	522 442	533 718	544 997	556 268	567 546	578 462	589 627	600 792
consumo kg/hab/anual	23,9	24,5	25,1	25,7	26,2	26,8	27,4	28	28,6	29,2	29,8	30,3	30,9	31,5
CONSUMO TOTAL SOACHA (kg)	10.908	11.438	11.982	12.544	13.120	13.713	14.319	14.944	15.582	16.233	16.898	17.554	18.238	18.935
Crecimiento del consumo teórico Soacha (%)		4,9%	4,8%	4,7%	4,6%	4,5%	4,4%	4,4%	4,3%	4,2%	4,1%	3,9%	3,9%	3,8%
Consumo en toneladas diarias	29,89	31,34	32,83	34,37	35,95	37,57	39,23	40,94	42,69	44,48	46,30	48,09	49,97	51,88

Fuente: Propia

El crecimiento determinado en la anterior tabla permite proyectar la cantidad de residuos generados en el municipio y por ende los recuperados, obteniendo como base una encuesta realizada a bodegas, centros de acopio y estaciones de clasificación del municipio en el año 2014, para la actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, como resultados se obtuvieron que anualmente se recuperan en hogares e industrias 9560 toneladas de plástico, distribuidas en PE con el 28% del material recolectado, PP el 16%, PET 21%, PEAD 23% y PEBD 12%. (Figura 5)

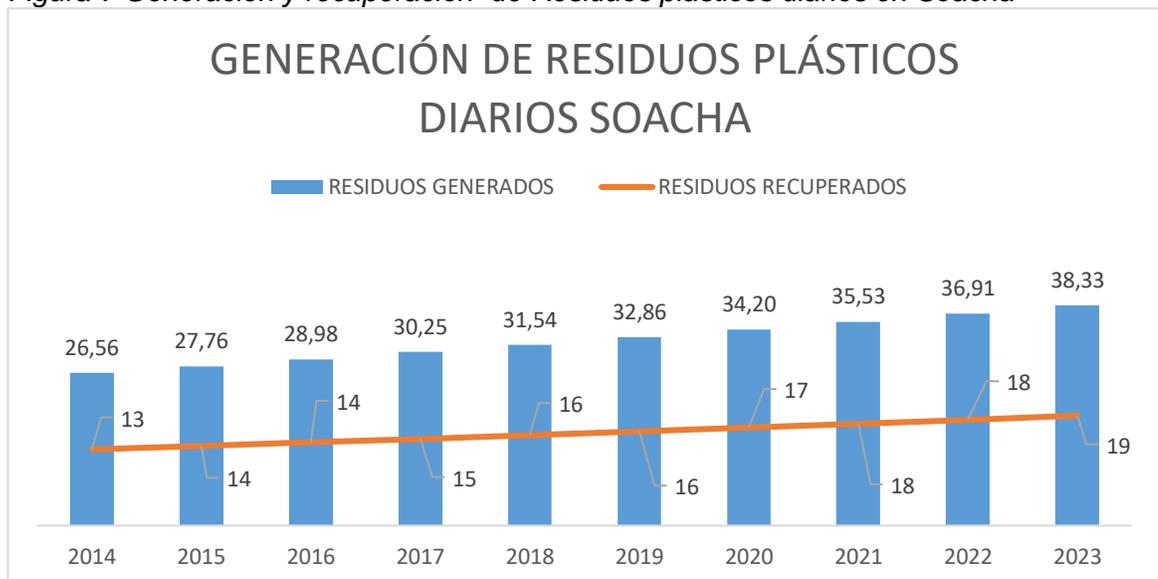
Figura 6 Residuos generados Soacha



Fuente Actualización PGIRS Soacha

Para el año 2014 en Soacha se recuperaba 26,56 toneladas diarias de las diferentes fuentes, se prevé un crecimiento del 3,5% al 4,5% entre el 2018 y el 2023. Debido a las proyecciones generadas en la producción de plásticos y en la recuperación del mismo se establece transformar dentro de la planta procesadora el 50% del plástico que se recupera en el municipio para el año 2018 se prevén recuperar 16 toneladas diarias para distribuir en los diferentes tipos de resinas para los diversos productos terminados.

Figura 7 Generación y recuperación de Residuos plásticos diarios en Soacha



Fuente: Propia

En la siguiente tabla se evidencia el tipo de resina y la cantidad de material que ingresara anualmente a la planta para transformarse e integrar nuevamente a la cadena productiva, se realizaran diferentes productos como: tela, botones, tejas y hojuelas de las diferentes resinas.

*Tabla 3 Material recuperado*

<b>MATERIAL RECUPERADO SEGÚN TIPO DE RESINA (ton/anual)</b>										
	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
<b>PE</b>	1356	1417	1480	1545	1611	1678	1747	1814	1885	1957
<b>PP</b>	760	794	1658	865	902	940	978	1016	1056	1096
<b>PET</b>	993	1038	2168	1131	1179	1229	1279	1329	1380	1433
<b>PEAD</b>	1115	1166	2434	1270	1325	1380	1436	1492	1550	1610
<b>PEBD</b>	556	581	1213	633	660	688	716	744	773	802
<b>RESIDUOS A RECUPERAR</b>	<b>4780</b>	<b>4996</b>	<b>5217</b>	<b>5444</b>	<b>5677</b>	<b>5914</b>	<b>6157</b>	<b>6395</b>	<b>6645</b>	<b>6899</b>

Fuente: Propia

### **2.3. OPORTUNIDADES DE EXPANSIÓN**

Se realiza la valoración de oportunidades técnico-socioeconómicas, frente a la prospectiva planteada del sector plásticos recuperados para Colombia en los próximos 5 años, para esto se aplicó el método Delphi como técnica prospectiva, este método logra estandarizar las ideas por medio de los planteamientos de un grupo de expertos que tienen conocimientos acerca del sector industrial de la recuperación de plásticos en el departamento de Cundinamarca.

El desarrollo se llevó a cabo mediante la estructuración y aplicación de una entrevista (anexo 1), a empresarios que actualmente realizan el proceso productivo de la recuperación de plásticos; luego de la sistematización de los instrumentos, poder determinar y asociar características relevantes en la evolución futura del sector.

De acuerdo con el método Delphi hay tres tipos de expertos, están los especialistas, los afectados y los facilitadores.

- Los especialistas son quienes aportan conocimientos, experiencias, objetividad y capacidad predictiva.
- Los afectados son aquellos expertos que están implicados, de alguna manera, en el área objeto de estudio.
- Los facilitadores quienes están en la capacidad para clasificar, sintetizar, organizar, estimular y no deben pertenecer a las dos categorías anteriores.

En la investigación se determinó aplicarla a expertos, conformados por los especialistas representantes de las empresas pymes que realizan el proceso de recuperación. Luego, se explicó a cada uno de los expertos; los objetivos de la investigación, la importancia de su vinculación para determinar las oportunidades del mercado. En la siguiente tabla se encuentra el nombre de las personas entrevistadas.

<b>Nombre</b>	<b>Cargo</b>	<b>Empresa</b>
<b>Omar Enrique Hernández</b>	Gerente General	Industrias Plásticas Yoco SAS
<b>Nelson Cristancho</b>	Supervisor	CEMPLAST
<b>Jesús Vélez</b>	Ingeniero de planta	Fantiplas
<b>Jaime Corredor</b>	Gerente General	Corplasticos
<b>Fredy Ninco</b>	Representante Legal	NincoPlast
<b>Lina Hoyos</b>	Ingeniera Industrial	Adorplast
<b>Jorge Figueredo</b>	Gerente General	Plastifamol
<b>Alirio Sánchez</b>	Supervisor de planta	Goya

La entrevista realizada buscó consolidar un concepto de cómo se encuentra el sector de la recuperación, para esto se les preguntó los aspectos más relevantes dentro de la industria respondiendo que el aspecto más importante es la investigación y desarrollo, seguido de la tecnología y la diversidad de productos, cabe resaltar que aunque también son importantes la Infraestructura, diversidad de los productos, recurso humano, financiamiento, calidad del producto, son aspectos que se pueden tratar de manera interna y que depende de cada empresa implementarlo.

Respecto a la tecnología aplicada a los procesos productivos las opiniones están divididas, unos consideran que los procesos que se realizan son los adecuados para transformar los residuos plásticos en hojuelas para incorporarlos en las cadenas

productivas, pero otros expresan que la adquisición de máquinas con mayor avance tecnológico, implica la reducción en los procesos para la producción en línea; Sin embargo, esta adquisición implica una inversión inicial muy alta. Los expertos consideran que la investigación y la tecnología son factores que determinan la prevalencia de la industria en 5 años puesto que apuntan a procesos que contribuyan con el medio ambiente, a la calidad del producto, y a la disposición y transformación del polímero.

Algunas garantías y controles se pueden proponer para asegurar la transformación adecuada de los residuos sólidos, dentro de estos aspectos los expertos opinan que una de las garantías que debe proporcionar el estado es que dentro de su plan de gestión integral de residuos sólidos se contempla la separación en la fuente y que se ejecuten los controles necesarios para su realización, con el objetivo de aprovechar los residuos plásticos del municipio y evitar la importación de estas resinas además proponer la cadena de suministro y abastecimiento de las resinas plásticas.

Los expertos afirman que para los próximos años se crearán más polímeros a partir de otras fuentes diferentes al petróleo, coincidiendo que serán a partir de fuentes renovables y de materias primas naturales, y que permitirán su recuperación generando mayor oferta para este sector.

El crecimiento del sector de plásticos en Colombia crece de forma exponencial pero según los expertos el desarrollo para la transformación e innovación de los productos es limitado, puesto que se mantiene en una producción estática, debido a que las industrias no están generando ventajas competitivas a partir de innovaciones en materiales, procesos y niveles de usabilidad, lo que va a frenar su expansión; se considera que con la firma de nuevos Tratados de Libre Comercio (TLC), deben mejorar la calidad, el fomento al desarrollo tecnológico y el aumento de las velocidades de producción para los próximos años.

# **3.CAPITULO 3**

## **DISTRIBUCIÓN EN PLANTA SLP**

### **3.1. VARIABLES**

Las variables que se determinan para realizar la propuesta del diseño de planta se dividen en dependientes e independientes y son:

#### **3.1.1. Variable Dependiente**

En el proyecto se determina la distribución en planta como la variable dependiente, se considera que al modificarla se incide en la distancia requerida para realizar las operaciones y en los productos realizados.

#### **3.1.2. Variable Independiente**

Para el diseño se considera la distancia y la cantidad de productos a realizar dentro de la planta, definiendo el flujo de estos.

### 3.2. FACTORES QUE INTERVIENE EN EL DISEÑO DE LA PLANTA

3.2.1. Factor material: Es el factor más importante en el diseño de planta, debido a que toda la infraestructura se debe ordenar según el proceso de transformación de la materia entrante. Dentro del proceso intervienen en la tabla 4 se realiza el análisis y medición de los movimientos, la unidad, empaque y las cargas a movilizar en cada departamento.

*Tabla 4 Análisis y Medición de los movimientos*

AREAS	UNIDADES	UNIDADES DE EMPAQUE	CARGA A MOVILIZAR
Almacenamiento Material Recuperado	Kilogramos	BIG BAG	Producto recolectado
Clasificación de Material	Kilogramos	BIG BAG	Producto recolectado
Proceso de peletizado	Kilogramos	Sacos de 25 kilos	Producto intermedio
Almacenamiento Producto semi-elaborado	Sacos	PALLET 35 sacos de 25 kilos	Producto recuperado
Producción A Tejas	Pallets	Pallet 50 tejas	Producto terminado
Producción B Tela	Rollos	PALLET 6 rollos de 150 m	Producto terminado
Producción D Botones	Sacos	PALLET 35 sacos de 25 kilos	Producto terminado
Almacenamiento Producto Terminado	Pallets	Pallets	Producto terminado

Fuente: Propia

**3.2.2. Factor maquinaria:** Para el proceso de recuperación y transformación de los residuos sólidos plásticos se definió maquinaria con tecnología media-alta. En la siguiente gráfica podemos observar la capacidad utilizada y la cantidad de equipos necesarios:

Tabla 5 Maquinaria requerida

Maquinaria Requerida				
DEPARTAMENTO	Equipo	ÁREA (m <sup>2</sup> ) por máquina		
		L	A	H
RECUPERACION	Trituradora	2,6	1,35	2,76
	Lavadora Centrifuga	2,7	1,8	2,2
	Molino	1,2	2,04	2,9
	Secadora	3,07	2,14	1,38
PELETIZADO	Peletizadora Erema	15	2,5	2,5
TELA	Reyid Industry I &M Co., Ltda.	1,8	1,2	1,8
	Tejedora Circular Orizio Jersey De Punto	2	2	2
	Truetzschler-Toyota Superlap Tsl 12	6,4	10,8	
	Peletizadora Intarema 1716	24,1	2,8	2,6
TEJAS	Extrusora Por Inyección	11	2	1,2
BOTONES	Inyectora	12,3	2,85	2,76

Fuente: Propia

**3.2.3. Factor hombre:** El ser humano es un factor principal en el proceso de producción ya que de éste depende la eficacia y eficiencia de los procesos. En la distribución en planta es importante tener las condiciones adecuadas para su labor. A continuación, se relaciona la cantidad de empleados por área y su turno de trabajo:

Tabla 6 Factor Hombre

ÁREA	N° DE EMPLEADOS	TURNO DE TRABAJO
Portería	3	24 horas
Mantenimiento	2	8 horas
Almacenamiento MR	4	8 horas
Recuperación	15	8 horas
Peletizado	9	8 horas
Almacenamiento Intermedio	2	8 horas
Tela	7	8 horas
Tejas	3	8 horas

Botones	4	8 horas
Almacenamiento PT	2	8 horas
Despacho	2	8 horas

Fuente: Propio

### 3.2.4. Factor Movimiento y factor espera:

Se evidencia el recorrido que se realizan en los diferentes procesos de la planta.

Descripción de los eventos	SIMBOLO					Movimiento	
						Materia prima	Personas
Recepción del material recuperado						X	
Clasificación y separación del material							X
Triturado						X	X
Lavado						X	X
Secado						X	X
Molido						X	X
Peletizado						X	X
Almacenamiento de Prima						X	
Producción de Botones							X
Almacenamiento							X
Producción de Tejas							X
Almacenamiento							X
Producción de Tela							X
Almacenamiento							X
Despacho							X

Fuente: Propia

### 3.2.5. Factor Servicio:

Son las zonas que no generan valor, pero son necesarias para el funcionamiento de la planta, dentro del diseño se contemplan:

Tabla 7 Factor Servicio

AREAS	CANTIDAD
Portería	1
Entrada de trabajadores	1
Zonas de descanso cercanas al área de producción	1
Comedor	1
Parqueaderos	1
Baños	7
Inspección y control de calidad	2
Mantenimiento	1
Oficinas administrativas	4

Fuente: Propia

**3.2.6. Factor edificio:** en el factor edificio se contemplan características que se aplican al momento de ejecutar la planta como son materiales, diseño de espacios administrativos; en la tabla 8 se especifican los elementos a tener en cuenta con su respectiva observación:

Tabla 8 Factor edificio

ELEMENTO	OBSERVACIÓN
<b>Instalaciones Generales</b>	La instalación es en una bodega de 8000m <sup>2</sup> de un nivel, con un mezzanine de 400m <sup>2</sup> para la ubicación del área administrativa, los departamentos no tendrán divisiones a excepción del proceso productivo de Tela, que debe estar protegido por muros debido a que no se puede contaminar, las áreas de servicios se ubicaran continuo a la planta de producción pero separadas por columnas
<b>Techos</b>	Se utiliza material acerolit, cerchas de estructura metálica, para transmitir la luz del día.
<b>Puertas</b>	Las puertas se ubicarán según la necesidad del tipo de puerta. El área de producción, entrada principal, almacenamiento de producto terminado tendrán puerta seccional elevada. Las oficinas puertas de vidrio

	Baños puertas de acero inoxidable
<b>Pisos</b>	Toda el área de producción debe tener piso cemento debido al manejo de las resinas plásticas, excepto la zona de los baños, cafetería y oficinas que deben estar en baldosas, pero en general deben ser antideslizantes y deben contar con la debida señalización.
<b>Drenajes</b>	Las líneas de conducción de los sistemas de tuberías estarán provistas de codos o juntas de expansión para que se efectúe una libre expansión, y el drenaje en los puntos más bajos de cada circuito.
<b>Iluminación</b>	En el día se aprovecha la luz solar pero se instalan lámparas con intensidad uniforme de 30 bujías pie equivalente a 300 lux
<b>Baños</b>	Los artefactos sanitarios deben ser construidos de un material impermeable inoxidable y con acabado liso que facilite la limpieza, ventanas para ventilación. Se cuenta con un baño por cada 15 personas que trabajan.

Fuente: Propia

### 3.2.7. Factor Cambio

Las condiciones de trabajo siempre estarán cambiando y esos cambios afectarán a la distribución en mayor o menor grado dependiendo la oferta y demanda del mercado. Según los factores anteriormente realizados se puede definir:

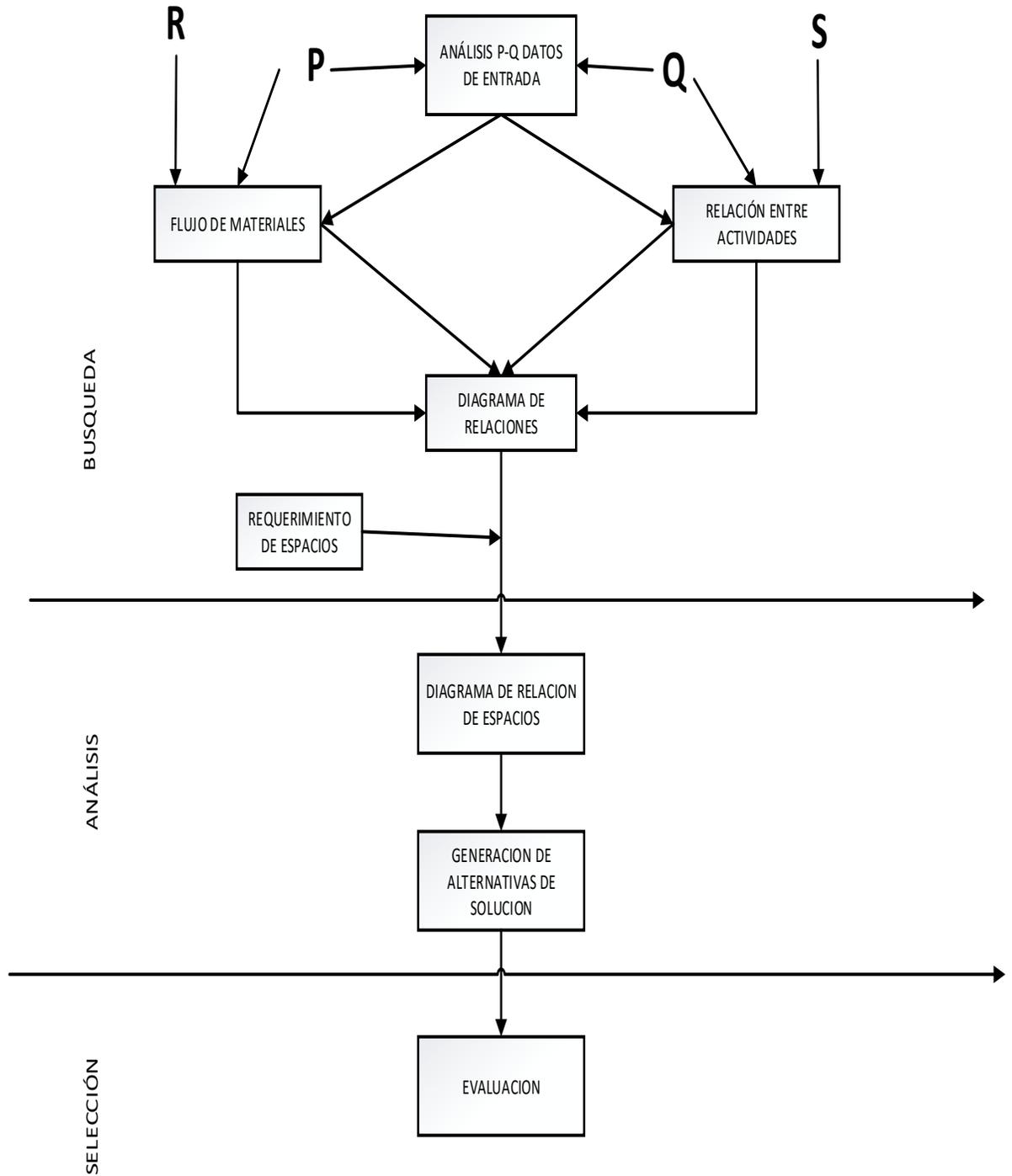
Tabla 9 Factor cambio

ASPECTO	ANÁLISIS
<b>FLEXIBILIDAD</b>	La maquinaria y equipo son desplazables por lo que se pueden rediseñar ciertos espacios según los requerimientos de producción.
<b>ORGANIZACIÓN</b>	Se establece la función y orden de cada departamento.
<b>EXPANSIÓN</b>	Existe espacio para la redistribución de debido a que la planta se distribuye de manera abierta

Fuente: Propia

### 3.3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SLP

Figura 8 Pasos para la aplicación SLP



Fuente: Systematic layout planning SLP; Richard Muther & Associates

### 3.4. DESARROLLO DEL SLP

#### 3.4.1. Entrada de datos

Es necesario determinar qué productos se van a fabricar y las cantidades requeridas para estos, con la finalidad de observar el volumen de productos y grado de importancia que tienen de mayor a menor mediante un gráfico de Producto-cantidad representado en la ilustración.

#### 3.4.2. El producto a fabricar:

Tabla 10 Productos a fabricar

PRODUCTOS	TIPO	Resina Usada Kg/ Und
A	Tejas PEBD	1
B	Tela PET	0,13
C	Botones PP	0,0022
D	Hojuela	25

Fuente: Propia

#### 3.4.3. La cantidad o volumen de productos que deben ser fabricados

Tabla 11 Cantidad o volumen de productos a fabricar

PRODUCTOS	TIPO	Resina Usada Kg/ Unid	CANTIDAD REQUERIDA kg/año	Participación en volumen
A	Tejas PEBD	1	660.201	12%
B	Tela PET	0,13	1.179.455	21%
C	Botones PP	0,0022	902.192	16%
D	Hojuela	25	2.935.170	52%
<b>TOTAL DEMANDA AÑO</b>			5.677.019	100%

Fuente: Propia

### 3.4.4. Análisis P-Q

En primer lugar, se determina la cantidad y productos a realizar dentro de la planta teniendo en cuenta la oferta de residuos plásticos por resina, a partir de este se elabora el gráfico de producto cantidad, el cual pondera de mayor a menor importancia según los volúmenes de producción.

En la planta se realiza el proceso de producción para cuatro productos; tres productos finales que son tejas, tela poliéster y botones, un producto semielaborado que son hojuelas de las cinco resinas recuperadas. Por la oferta de cada resina se realizó la ponderación del producto de mayor producción e importancia que para este caso es la hojuela y el de menor producción son las tejas hechas con polietileno de baja densidad.

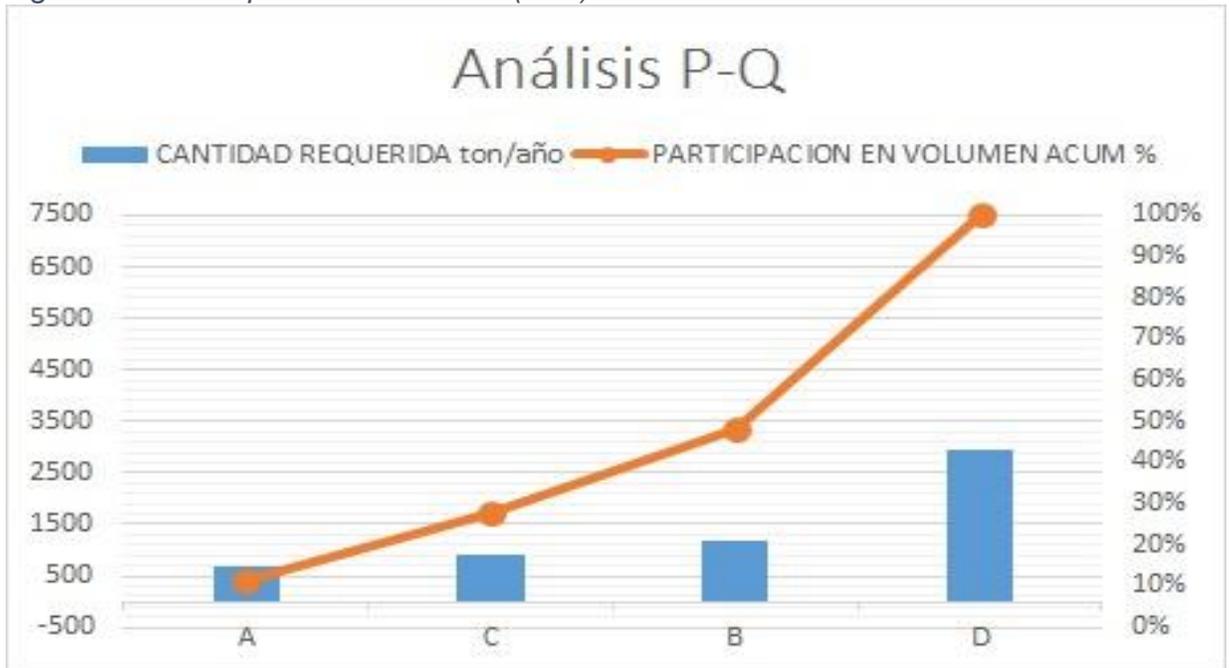
*Tabla 12 Cantidad y Productos a Transformar*

PRODUCTOS		CANTIDAD REQUERIDA ton/año	PARTICIPACIÓN EN VOLUMEN %	PARTICIPACIÓN EN VOLUMEN ACUM %
<b>A</b>	Tejas PEBD	660	12%	12%
<b>C</b>	Botones PP	902	16%	28%
<b>B</b>	Tela PET	1179	21%	48%
<b>D</b>	Hojuela	2935	52%	100%

Fuente: Propia

A partir de la información del gráfico se decide el método de producción y diseño de las instalaciones, se identifica el departamento que realiza mayores cantidades de producción, por lo que realiza gran cantidad de flujo de materiales en la planta, para así comenzar a realizar la distribución de la planta.

Figura 9 Análisis producto-cantidad (P-Q)



Fuente: Propia

### 3.4.5. El recorrido o proceso

El análisis de flujo describe el recorrido de los elementos que componen el producto a través de la planta de producción. Este repercute en las estrategias planteadas con el fin de minimizar las distancias recorridas en el flujo de materiales.

Tabla 13 Relación de volúmenes

Producto	Secuencia de operaciones (Departamentos)	Producción Semanal (ton)
A Tejas PEBD	1-2-4-5-8-9	13,7
B Tela PET	1-2-4-6-8-9	24,6
C Botones PP	1-2-3-4-7-8-9	18,8
D Hojuela	1-2-3-8-9	61,14

Fuente: Propia

### 3.4.6. Análisis de flujos

Con base en el recorrido de cada producto se elaboró la matriz origen-destino; en la que se determina el flujo, es decir la cantidad de material que se distribuye en las operaciones de la empresa semanalmente, en la tabla 8, se representa en la columna de departamentos el origen y la fila el destino de cada uno.

Tabla 14 Diagrama Origen-Destino

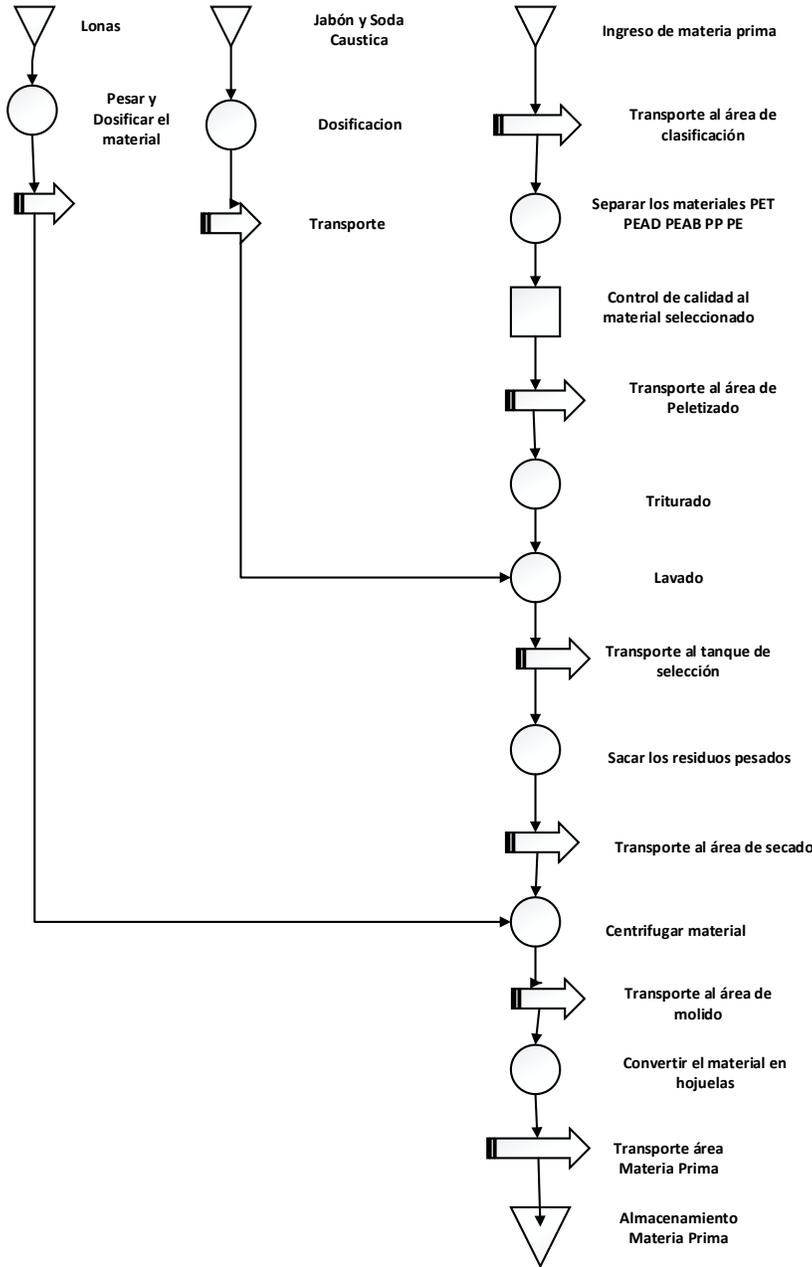
Departamentos – Origen	N°	Departamentos – Destino							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1			118,24	0	0	0	0	0	0
2		0		79,94	38,3	0	0	0	0
3		0	0		18,8	0	0	0	61,14
4		0	0	0		13,7	24,6	18,8	0
5		0	0	0	0		0	0	13,7
6		0	0	0	0	0		0	24,6
7		0	0	0	0	0	0		18,8
8		0	0	0	0	0	0	0	

Fuente: Propia

### 3.4.7. Diagrama de proceso

#### 3.4.7.1. Proceso de recuperación de material plástico

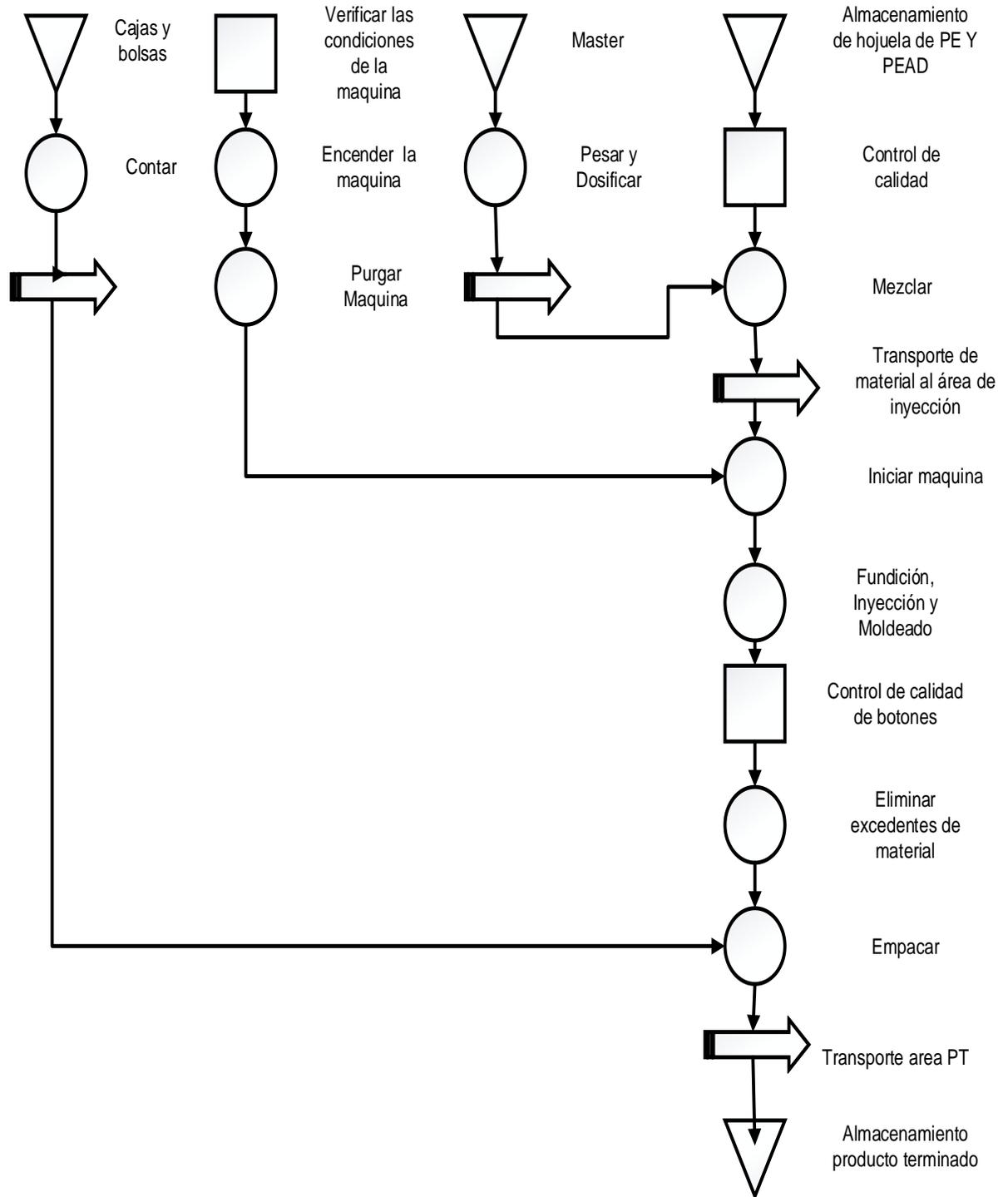
Figura 10 Proceso de Recuperación de material Plástico



Fuente: Propia

3.4.7.2. Proceso de elaboración de botones con PP

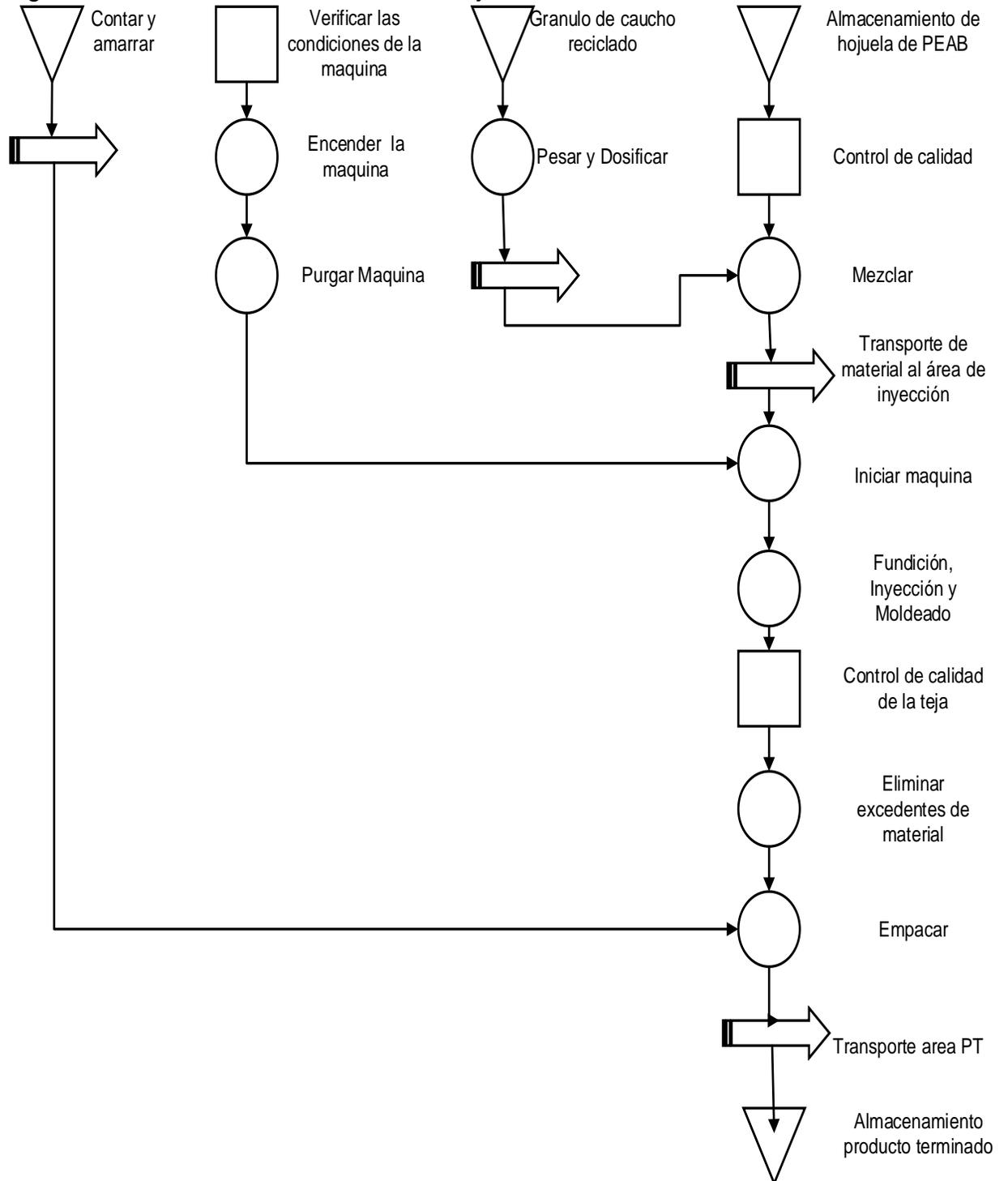
Figura 11 Proceso De Elaboración De Botones Con PP



Fuente: Propia

### 3.4.7.3. Proceso De Elaboración De Tejas Con PEBD

Figura 12 Proceso De Elaboración De Tejas Con PEBD



Fuente: Propia

### 3.4.8. Cálculo superficie de la planta – Método De Guerchet

Según el análisis del diagrama flujo y las maquinas necesarias se estructura el cálculo de superficie por departamento teniendo en cuenta para empresa Transformadora de plásticos en el municipio de Soacha.

En la distribución en planta para la empresa Recuperadora y Transformadora de Plástico, se estiman las siguientes máquinas

#### 3.4.8.1. Determinación de áreas requeridas para departamentos de producción.

Tabla 15 Cálculo superficie para la planta transformadora por departamentos

Cálculo Superficie De La Planta						
Departamento	Equipo	Superficie Estática (M <sup>2</sup> )	Cant.	Área (M <sup>2</sup> ) Por Máquina		
				Largo	Ancho	Altura
<b>RECUPERACIÓN</b>	Trituradora	3,51	1	2,6	1,35	2,757
	Lavadora Centrifuga	4,86	1	2,7	1,8	2,2
	Molino	2,448	1	1,2	2,04	2,9
	Secadora	6,5698	1	3,07	2,14	1,38
	<b>Total Área De Recuperación</b>	<b>17,3878</b>				
<b>PELETIZADO</b>	Peletizadora Erema	37,5	1	15	2,5	2,5
	<b>Total Área Peletizado</b>	<b>37,5</b>				
<b>TELA</b>	Reyid Industry I &M Co., Ltda.	2,16	1	1,8	1,2	1,8
	Tejedora Circular	4	1	2	2	2
	Truetzschler	69,6	1,0	6,4	10,8	
	Peletizadora Intarema	67,3	1,0	24,1	2,8	2,6
	<b>Total Área de Tela</b>	<b>143,090772</b>				
<b>TEJAS</b>	Extrusora Por Inyección	22	1	11	2	1,2
	<b>Total Área de Tejas</b>	<b>22</b>				
<b>BOTONES</b>	Inyectora	34,941	1	12,26	2,85	2,76
	<b>Total Área de Botones</b>	<b>34,941</b>				

Fuente: Propia

Obteniendo así una constante  $Kz = 2,5$

La unidad de medida es el metro cuadrado (m<sup>2</sup>), la superficie estática (Ss), indica el espacio para cada una de las máquinas, la superficie de gravitación (Sg), indica el espacio que utiliza el operario alrededor de la máquina, Superficie de evolución (Se), indica el espacio que debe existir entre máquina y máquina para el movimiento del personal y N es el número de lados por los cuales la máquina deben ser utilizada. (Ss\*N) Cantidad = Sg

Tabla 16 Superficie total necesaria para las maquinas

<b>Superficie Total Necesaria Para Las Maquinas</b>						
	<b>Equipo</b>	<b>Superficie Estática (Ss) M2</b>	<b>Cant</b>	<b>N</b>	<b>Sg</b>	<b>Se</b>
RECUPERADO	Trituradora	3,51	1	3	10,53	35,1
	Lavadora Centrifuga	4,86	1	2	9,72	36,45
	Molino	2,448	1	2	4,896	18,36
	Secadora	6,5698	1	2	13,1396	49,2735
	<b>Total</b>	<b>17,3878</b>			<b>38,2856</b>	<b>139,1835</b>
PELETIZADORA	Peletizadora Erema	37,5	1	2	75	281,25
	<b>Total</b>			<b>393,75</b>		
TELA	Reyid Industry	2,16	1	2	4,32	16,2
	Tejedora Circular Orizio	4	1	2	8	30,0
	Truetzschler-	69,60	1	3	208,80288	696,0
	Peletizadora intaerema	67,329	1	2	134,659624	505,0
	<b>Total</b>	<b>143,090</b>			<b>221,12288</b>	<b>742,2</b>
TEJA	Extrusora Por Inyección	22	1	2	44	165
	<b>Total</b>			<b>231</b>		
BOTONES	Botones	34,941	1	2	69,882	262,0575
	<b>Total</b>			<b>366,8805</b>		

Fuente: Propia

Superficie Total= Ss total +Sg total + se total

La superficie total necesaria en metros cuadrados para las máquinas del proceso de recuperación de plástico 3000 m<sup>2</sup>.

### 3.4.8.2. Determinación de áreas requeridas para almacenamiento.

Se determinan los espacios requeridos para el almacenamiento de material recuperado, materia prima y producto terminado requiriendo un área de 4200 m<sup>2</sup>.

*Tabla 17 Determinación de áreas requeridas para almacenamiento*

<b>CALCULO DE SUPERFICIE TOTAL DE ALMACENAMIENTO POR DEPARTAMENTO</b>						
<b>Especificaciones</b>	<b>Dimensiones del Producto Empacado (m)</b>	<b>Peso (KG)</b>	<b>Dimensiones del Pallet</b>	<b>Superficie por área (m2)</b>	<b>Numero de Pallet</b>	<b>Superficie Total por área (m2)</b>
<b>PARA MATERIA PRIMA (Demanda Mensual)</b>	0,60x0,40x0,14	25	1,20x1,00x0,15	1,2	296	<b>355,2</b>
<b>Material RECUPERADO (Demanda Diaria)</b>	1,50x1,50x1,20	45	-	2,25	350	<b>787,5</b>
<b>BOTONES (Demanda Mensual)</b>	0,50X0,50X0,50	3,3	1,00X1,00X0,15	1	2000	<b>2000</b>
<b>TELA (Demanda Mensual)</b>	0,5X1,20	19,5	1,20x1,0x10,15	1,2	1111	<b>1333,2</b>
<b>PRODUCTO TERMINADO HOJUELA (PE-PEAD) (Demanda Mensual)</b>	0,60x0,40x0,14	25	1,20x1,00x0,15	1,2	280	<b>336</b>

Fuente: Propia

### 3.4.9. Matriz de proximidad entre departamentos

Conocido el recorrido de los productos, se plantea el tipo y la intensidad de las interacciones existentes entre los departamentos como se evidencia en la tabla 18:

Tabla 18 Matriz De Proximidad Entre Departamentos

Relación cantidad de movimientos entre departamentos		Almacenamiento Material Recuperado	Recuperación del material	Peletizado	Almacenamiento de Materia Prima	Producción A Tejas	Producción B Tela	Producción D Botones	Almacenamiento Producto Terminado
		1	2	3	4	5	6	7	8
Almacenamiento Material Recuperado	1		A	E	O	X	X	U	X
Recuperación del material	2			A	I	U	E	U	X
Peletizado	3				A	I	U	I	X
Almacenamiento de Semi-elaborado	4					A	A	A	A
Producción A Tejas	5						X	X	E
Producción B Tela	6							U	E
Producción C Botones	7								E
Almacenamiento Producto Terminado	8								

Fuente: Propia

Tabla 19 Valores de referencia

A	Absolutamente necesaria
E	Específicamente Importante
I	Importante
O	Proximidad normal
U	No necesaria n/a
X	No deseable

En la tabla 20 se puede observar la relación que se requieren entre departamentos, en el caso del departamento 4 requiere estar cerca de los departamentos 6 y 8 considerando que el volumen de materia prima, el flujo de transporte y movimiento y la secuencia de actividades.

*Tabla 20 Análisis de proximidad*

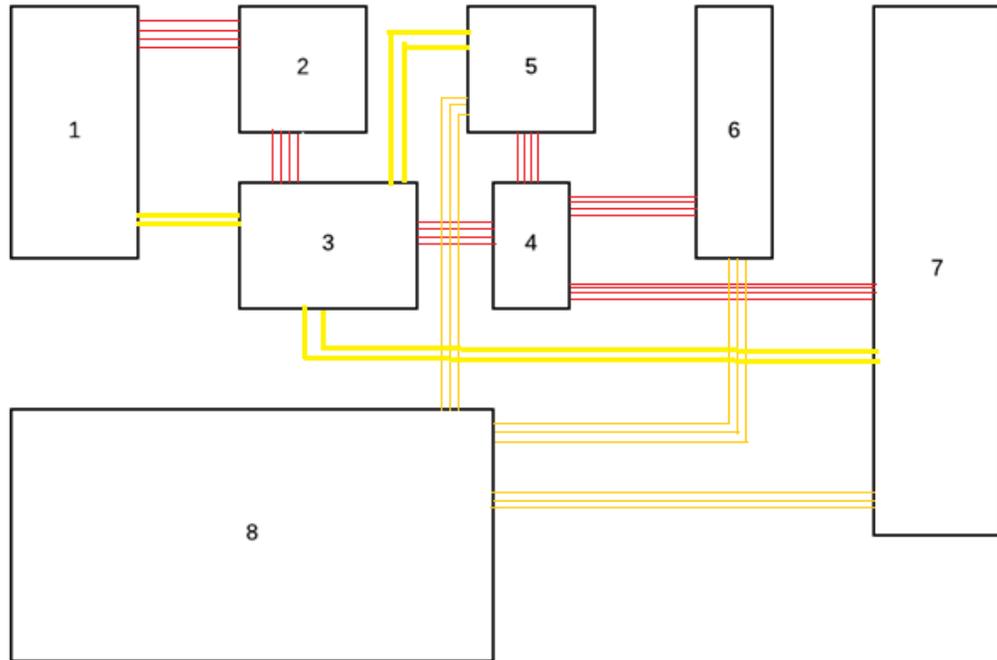
VALOR	Clasificación de proximidad requerida entre departamentos	Evaluación de proximidad
A	1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 4-6, 4-7, 4-8	Absolutamente necesaria
E	1-3, 2-6, 5-8, 6-8, 7-8	Específicamente Importante
I	3-5, 3-7	Importante
O	1-4,	Proximidad normal
U	1-7, 2-4, 2-5, 3-6.	No necesaria n/a
X	1-5, 1-6, 1-8, 2-8, 3-8, 5-6, 5-7	No deseable

Fuente: Propia

#### **3.4.10. Diagrama de relaciones espaciales.**

Se representan las relaciones entre departamento en un diagrama espacial que se determinan con líneas diferenciadas que simbolizan la importancia del flujo entre ellos, según la evaluación de proximidad anteriormente realizada

Figura 13 Diagrama de relaciones espaciales



Fuente: Propia

Cuadro resumen para la evaluación de proximidad, en concordancia con las convenciones utilizadas para el diagrama de relaciones espaciales.

Figura 14 Evaluación de proximidad

Valor	Evaluación de proximidad)	Representación (n° de líneas)	Color
A	Absolutamente necesaria	4 Líneas 	Rojo
E	Específicamente Importante	3 Líneas 	Naranja
I	Importante	2 Líneas 	Amarillo
O	Proximidad normal	1 Línea 	Verde

## 4. CAPITULO 4

### MODELACIÓN ALGORITMO HIBRIDO-GENÉTICO

Para la determinación de distribución en planta para áreas desiguales se utilizó una herramienta computacional en MATLAB que soluciona el problema documentado con el Algoritmo Híbrido Genético propuesto por Melissa Palacios Mendoza y Christian Camilo Jaimes Tami En Su Proyecto De Grado Titulado “**Alternativa De Solución Al Problema De Distribución De Planta (FLP) Para Instalaciones De Áreas Iguales Y Desiguales Mediante Un Algoritmo Híbrido Genético.**” (Palacios & Jaimes, 2011)

El algoritmo planteado dentro de la herramienta se basa principalmente en los siguientes autores:

Hae Lee y Moon Hwang Lee (2002) Reúne la fortaleza de los algoritmos Recocido Simulado (SA) y Búsqueda de tabú (TS), para buscar soluciones locales creando cadenas que van a ser utilizadas por el Algoritmo Genético (GA) con el fin de establecer la solución global al problema de distribución en planta, en donde se consideran áreas desiguales y la forma fija de cada instalación.

Dentro del HGA propuesto se encuentra inmersa la formulación continua que se utiliza para resolver el problema de áreas desiguales, considerada así un problema del conjunto de cobertura (SCP) que consiste en situar los departamentos según las coordenadas del centro de gravedad ( $X_i$ ,  $Y_j$ ) y dimensiones (ancho y largo) permitiendo la asignación de los departamentos en cualquier lugar de la planta sin traslaparse.

El algoritmo híbrido genético planteado por (Palacios & Jaimes, 2011) no se considera el operador de mutación común ya que cada vez que se usan las heurísticas al inicio del algoritmo se está realizando una mutación con una probabilidad del 100% tanto de ocurrencia como de mejora. Éste algoritmo va más allá de la analogía natural, en dónde los padres sólo pasan material genético a sus hijos. El nuevo algoritmo permite que los padres mejoren su material y de esta forma usar sus cromosomas mejorados en la reproducción, generando mejores descendencias (Yeong-DaeKim & Lee, 2000)

Cuando se usa este algoritmo híbrido genético, se debe tener en cuenta que las condiciones y parámetros del algoritmo deben cambiar de acuerdo con los parámetros de cada heurística a utilizar.

#### **4.1. BUSQUEDA DE TABÚ**

La Búsqueda de Tabú explora la mejor solución escapando de los óptimos locales a la solución global mediante iteraciones repetidas, y con ayuda de inteligencia artificial utiliza el concepto de memoria que permite almacenar los atributos de las soluciones anteriores, para (Glover, July- August 1990) “Tener presente el uso adecuado del espacio y cantidad de memoria entre las iteraciones permite un refinamiento de la solución al problema”. Estos atributos almacenados conforman una lista tabú en donde se determina el número de iteraciones para evitar ciclos en la búsqueda por entorno y se prohíbe revertir los movimientos correspondientes. Sin embargo, está claro que prohibir un determinado movimiento en general no permitirá un conjunto mayor de soluciones, y esto debe tenerse en cuenta al elegir la antigüedad tabú (Blum & Raidl, 2016).

La búsqueda de tabú se caracteriza de otros métodos metaheurísticos de búsqueda por:

- El uso de la memoria explícita: Almacena de manera completa la solución y se registran soluciones de élite visitadas durante la búsqueda.
- El uso de la memoria de atributos: En donde se almacena información de los atributos de soluciones pasadas, con el fin de la orientación de la búsqueda. Allí se registran los atributos que varían al desplazarse de una solución a otra.
- La lista tabú es una memoria utilizada para que el procedimiento no regrese nuevamente a las iteraciones ya visitadas y así eliminar las iteraciones cíclicas. (Barrios, 2009)

Para hallar el tamaño de lista tabú se debe tener en cuenta que; un valor pequeño, llevará a que el algoritmo se comporte de manera similar a la búsqueda local, determinando así que el algoritmo pruebe una serie de soluciones poco diversas. Por otro lado, un tamaño de lista tabú muy grande, además de poder crear problemas de memoria y tiempo computacional, puede prohibir arbitrariamente el probar soluciones de calidad.

La lista utilizada para la solución del modelo ya planteado se definió, que el tamaño está dado por un número límite inferior y superior de iteraciones en las que se van a prohibir los movimientos que vayan ingresando y estén en ella. Esta regla tiene una excepción en la presencia del criterio de aspiración (Glover, July- August 1990)

## 4.2. RECOCIDO SIMULADO

El algoritmo de recocido simulado fue introducido por (Kirkpatrick, Gelatt, & Vecchi, 1983), quienes fueron los primeros en usarlo para resolver problemas de optimización combinatoria.

Este imita la evolución de un sistema físico inestable hacia un equilibrio termodinámico a una temperatura fija. En cada iteración de dicho procedimiento busca una nueva solución que es seleccionada de forma aleatoria de las vecindades de la solución actual. Los parámetros que se tienen en cuenta para la evaluación son número de iteraciones a realizar, temperatura inicial y número total de temperaturas.

La temperatura inicial es una etapa principal para el algoritmo de recocido simulado. “Si la temperatura inicial es demasiado alta, la búsqueda tendrá un comportamiento muy aleatorio; y si la temperatura es muy baja, entonces la exploración tendrá un comportamiento de búsqueda local, con pocas posibilidades de exploración del espacio” (Talbi, 2009). Para determinar la temperatura inicial a evaluar en el programa AGH en Matlab, se tiene en cuenta que permita todo el movimiento y que el sistema tenga un alto grado de libertad.

En problemas ya comprobados, donde las salidas son los nodos de un grafo y las soluciones posibles son distintas formas de recorrer estos nodos, puede tomarse  $T_0$  proporcional a la raíz cuadrada de la cantidad de nodos. En general se toma un valor  $T_0$  que se cree suficientemente alto y se observa la primera etapa para verificar que el sistema tenga un grado de libertad y en función de esta observación se ajusta  $T_0$ .

### 4.3. ALGORITMO GENETICO

Los algoritmos genéticos (AGs) fueron desarrollados por John Holland y Rechemberg creando algoritmos de optimización imitando los principios básicos de la naturaleza. Estos algoritmos se utilizan con éxito para gran variedad de problemas que no permiten una solución eficiente a través de la aplicación de técnicas convencionales. (Goldberg, 1989.) Define:

“Los algoritmos genéticos, AG, con algoritmos de búsqueda basados en mecanismos de selección y de genética natural. Ellos combinan la ley del más fuerte entre estructuras de cadenas con intercambio de información estructurada y aleatoria para formar un algoritmo de búsqueda con algunas de las innovadoras bondades de la búsqueda humana. En cada generación, es creado un nuevo conjunto de criaturas artificiales usando bits y partes de los más fuertes de las anteriores generaciones; una nueva parte opcional es asumida para una buena medida. Mientras combinan, los AG no son una simple ruta aleatoria. Ellos eficientemente explotan la información histórica para especular en nuevos puntos de búsqueda con una mejora esperada en la ejecución.” (pág. 412)

Al igual que otras heurísticas, el comportamiento del algoritmo genético es altamente dependiente de los parámetros iniciales, tamaño de la población, porcentaje de cruce, porcentaje de mutación, número de generaciones.

A cada iteración de este proceso se le denomina una generación. Un algoritmo genético normalmente se itera de 50 a 500, o en algunos casos más iteraciones. El conjunto entero de generaciones se denomina una ejecución. Al final de una ejecución existen a menudo uno o varios cromosomas altamente adecuados en la población, y que pueden ser elegidos como solución al problema.

### 4.4. DESARROLLO DEL HGA

Dentro de la herramienta propuesta por (Palacios & Jaimes, 2011) se busca minimizar el flujo de material y para ello utilizan una formulación típica para determinar la ubicación relativa de los departamentos es la siguiente (Balakrishnan, Cheng, & Wong, 2003)

$$\text{Min} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N$$

71

k=1

$$\sum_{s=1}^S f_{ik} d_{js} \quad (1)$$
$$X_{ij} X_{ik} \quad )$$
$$s$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^N X_{ij} = 1, \quad j = 1, \dots, \dots \dots \quad (2)$$
$$N$$

$$\sum_{j=1}^N X_{ij} = 1, \quad i = 1, \dots, \dots \dots N \quad (3)$$
$$j=1$$

Donde  $N$  es el número de departamentos del diseño,  $f_{ik}$  el flujo del departamento  $i$  hasta  $k$ ,  $d_{jl}$  la distancia entre la instalación  $j$  hasta  $l$  y  $X_{ij}$  es una variable binaria  $[0,1]$  que determina la variación de la localización del departamento  $i$  en la instalación  $j$ . La función objetivo (1) representa la sumatoria de los flujos por cada par de instalaciones. La ecuación (2) asegura que cada instalación contiene un solo departamento y la ecuación (3) garantiza que cada departamento está ubicado únicamente en una instalación. (Palacios & Jaimes, 2011)

Dentro la herramienta propuesta se requiere los siguientes datos para determinar el Z óptimo de la distribución en planta, y el orden de los departamentos:

*Figura 15 Herramienta de solución de distribución de planta por un HGA*

ALGORITMO HÍBRIDO GENÉTICO  
Solución al problema de distribución de planta (FLP)  
por un Algoritmo Híbrido Genético

Áreas iguales       Áreas desiguales

Flujos       Unidades de área  
 Distancias       Línea de llenado

No. de instalaciones:

Algoritmo Genético  
No. de generaciones

Búsqueda Tabú  
No. de iteraciones   
Tamaño de la lista

Recosido Simulado  
No. de iteraciones   
Temperatura inicial   
No. de temperaturas

Confirmar      Cargar

Solución  
Ejecutar

En donde se definieron así:

Se estableció que el diseño de la planta cuenta con áreas desiguales debido a la fluctuación del material y el requerimiento de las maquinarias para la recuperación y transformación del plástico varían dependiendo de tamaño y superficie necesaria para la operación de esta.

El número de instalaciones hace referencia al número de departamentos necesarios para los procesos de recuperación y transformación del plástico, dentro del diseño actual se establecieron 8 departamentos los cuales son:

Tabla 21 Número de departamentos

Número del Depto.	Nombre del Departamento
1	Almacenamiento Material Recuperado
2	Recuperación del material
3	Peletizado
4	Almacenamiento Materia prima
5	Producción A Tejas
6	producción B Tela
7	producción C Botones
6	Almacenamiento Producto Terminado

Fuente: Propia

El número de las generaciones se determinó con respecto a la mínima posibilidad de combinación entre departamentos.

El número de iteraciones (Tabú y Recocido Simulado) son las repeticiones que realiza el algoritmo hasta encontrar la mejor solución. Para este caso se realizó evaluación con 50 y 100 generaciones teniendo en cuenta la cantidad de departamentos a distribuir y las pruebas realizadas por (Palacios & Jaimes, 2011), comparadas con otras literaturas.

El tamaño de la lista Corresponde al número de veces que el usuario desea prohibir un movimiento tabú se definieron dos 5 y 10

El número de temperaturas que el algoritmo evalúa, se determina en relación de los nodos que puede recorrer para este caso son 72 temperaturas que se aplican en cada prueba realizada en el programa.

Para el recocido simulado se tuvo en cuenta como T inicial 10, proporción de la raíz cuadrada de 72 que son los nodos en los que se puede realizar el recorrido adicional se realizó un aumento a  $T_0=30$  para comprobar la validez del programa obteniendo una  $T_0$  promedio al número de temperaturas, y así comprobar la validez de la exploración obteniendo el mismo óptimo para las pruebas realizadas.

El análisis de flujo de los departamentos está determinado en la tabla 12

Las unidades de área de los departamentos se establecieron con referencia al cálculo de las superficies requeridas para cada uno de ellos (Ver tabla 13) para mayor rendimiento del algoritmo se utilizó una escala de 1:100.

En La línea de llenado se ingresó las dimensiones de la planta y los números en orden consecutivo en la forma que se quiera obtener la curva, atravesando cada una de las unidades de área y definiendo la secuencia en la que van a ser ubicados los departamentos, garantizando que aquellos que estén constituidos por más de una unidad de área, no vayan a ser divididos.

8	8	8	8	6	6	1	1	5
8	8	8	8	6	6	1	1	5
8	8	8	8	6	7	2	1	5
8	8	8	8	6	7	2	1	5
8	8	8	8	6	7	2	1	5
8	8	8	8	6	7	2	1	5
8	8	8	3	6	6	6	6	4
8	8	8	3	3	3	4	4	4

Fuente: Propia

Tabla 22 Referencia curva de llenado

COLOR	Nº	DEPARTAMENTO
	1	Almacenamiento Material Recuperado
	2	Recuperación del material
	3	Peletizado
	4	Almacenamiento Materia prima
	5	Producción A Tejas
	6	producción c Botones
	7	producción B Telas
	8	Almacenamiento Producto Terminado

Fuente: Propia

#### 4.4.1. Pruebas

Se realizaron 5 pruebas, combinando los 5 factores que el programa tiene en cuenta en los tres algoritmos planteados para encontrar el óptimo, obteniendo los siguientes resultados:

	1	2	3	4	5
	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Alto
<b>N° de generaciones</b>	50	50	100	100	100
<b>N° de iteraciones</b>	50	50	100	100	100
<b>Tamaño de lista</b>	10	5	5	10	10
<b>N° de iteraciones</b>	5	5	5	5	10
<b>Temperatura inicial</b>	10	10	30	30	30
<b>N° de Temperaturas</b>	72	72	72	72	72
<b>z</b>	1887.48	1943.34	1887.48	1887.48	1887.48
<b>Áreas</b>	8,6,2,4,1, 7,3,5	5,2,3,6,1, 8,4,7	8,6,2,4,1, 7,3,5	8,6,2,4,1, 7,3,5	8,6,2,4,1, 7,3,5

En donde se observa que al variar los diferentes datos de la herramienta HGA se obtiene el mismo Z para todas las pruebas, evidenciando la forma de distribución en planta. A partir de los datos registrados por el HGA y con el flujo de materiales entre los 8 departamentos establecidos en el capítulo 3, unidades de área requeridas y la curva de llenado, se obtiene como resultado un óptimo de 1887, 48 y el orden de departamentos representado así:

8	8	8	8	8	8	8	6	6
8	8	8	8	8	8	8	6	6
8	8	8	8	8	8	8	6	6
8	8	8	8	8	8	8	6	6
5	3	7	1	1	4	2	6	6
5	3	7	1	1	4	2	6	6
5	3	3	1	1	4	2	6	6
5	3	3	1	1	4	2	6	6

# 5. CAPITULO 5

## CRITERIOS

### 5.1. CRITERIO TECNOLÓGICO

El criterio tecnológico es una pauta de procedimiento que, junto al criterio social y ambiental, se puede determinar la decisión de ejecutar el proceso productivo y la entrega de recursos necesarios para su funcionamiento, se determina que el proyecto es tecnológicamente factible cuando los conocimientos, métodos y técnicas están disponibles en el momento o se pueden obtener en la sociedad. Para ello se determinan los siguientes criterios:

- Garantizar el funcionamiento de la maquinaria para la transformación de los residuos que ingresan a la planta.

Es por ello que se realiza la evaluación técnica de cada una determinando espacios, método de funcionamiento, producción, y así determinar el proceso considerando los principios de tratamiento hasta obtener productos finales de calidad.

- Examinar la implicación social, peligros y riesgos.

La vida útil de la maquinaria y la seguridad de las nuevas tecnologías brindan mayor confianza y rendimiento, adicional se debe tener en cuenta el mantenimiento que se debe realizar para prolongar el tiempo de trabajo.

- Garantizar el crecimiento rápido y controlado, aumentando la eficiencia en cada uno de los procesos.

Diseño de los volúmenes de producción en función a diferentes periodos, el proceso productivo se va adaptando a los requerimientos de oferta del material según el crecimiento de consumo de resinas plásticas en el municipio.

### 5.1.1. Selección de la maquinaria y equipo según el proceso

Se definieron las máquinas y equipos necesarios para la transformación de los residuos sólidos plásticos contemplando las áreas requeridas en cada proceso.

**Máquina trituradora de plástico:** Este proceso consiste en triturar el plástico minimizando el volumen que ocupa, además de ello facilitando los procesos de lavado y secado.

CARACTERISTICAS	
<b>Identificación</b>	Trituradora
<b>Denominación</b>	Trituradora de 4 arboles
<b>Referencia</b>	Modelo 80-100s
<b>Largo</b>	2,6
<b>Ancho</b>	1,35
<b>Altura</b>	2,757
<b>Superficie m2</b>	29
<b>Trabajadores</b>	1
<b>Materias primas</b>	Plástico
<b>Producción</b>	1,000kg-1,500kg
<b>peso kg</b>	5000
<b>Potencia</b>	37kW
<b>velocidad</b>	1800 RPM
<b>Alimentación corriente</b>	440v



Tomado de: <http://www.tritotutto.com/es/trituradoras-de-4-arboles/trituradoras-de-4-arboles-modelo-80-100s>

**Maquina lavadora y centrifuga:** Este proceso se basa en introducir el material plástico en una tolva adicionando químicos tales como Soda Caustica, Detergente y agua, con la finalidad de eliminar las impurezas del material, Mediante las mayas giratorias que posee la tolva. El material se seca de forma mecánica

Simultáneamente con la energía de impacto que genera la fuerza centrífuga se separa el plástico contaminado.

<b>CARACTERISTICAS</b>	
<b>Identificación</b>	Lavadora Centrífuga
<b>Denominación</b>	Lavadora de plástico
<b>Referencia</b>	T800
<b>Largo</b>	2,7
<b>Ancho</b>	1,8
<b>Altura</b>	2,2
<b>Superficie m2</b>	30
<b>Trabajadores</b>	1
<b>Materias primas</b>	Plástico
<b>Producción</b>	2000 kg/H



Tomado de [www.herbold.com](http://www.herbold.com)

**Máquina para molido de plástico:** Mediante el uso de cuchillas con altas revoluciones permiten que el material plástico sea convertido en pequeñas piezas permitiendo así que este pueda pasar al proceso de Peletizado.

<b>ESPECIFICACIONES</b>	
<b>Identificación</b>	Molino
<b>Denominación</b>	Granulador
<b>Referencia</b>	Serie 848
<b>Largo</b>	1,2
<b>Ancho</b>	2,04
<b>Altura</b>	2,9
<b>Superficie m2</b>	24
<b>Trabajadores</b>	1
<b>Materias primas</b>	Plástico
<b>Producción</b>	1270 kg/h
<b>peso kg</b>	3675
<b>Potencia</b>	40 HP



<b>velocidad</b>	513 RPM	
<b>Alimentación corriente</b>	220 v 60 hz	

Tomado de: <http://www.conairgroup.com/products/granulation/18-series-granulators/#page=tab-1>

**Máquina de secado:** Mediante el uso de aire caliente se elimina la humedad superficial de los plásticos que anteriormente fueron molidos, esto se debe a que el aire caliente circula por el material en la tolva, llevando la humedad de la superficie a la parte superior de la tolva.

Tomado: [www.shini.com](http://www.shini.com)

ESPECIFICACIONES	
<b>Identificación</b>	Secadora
<b>Denominación</b>	Aire caliente
<b>Referencia</b>	Serie 1200u/700H
<b>Largo</b>	3,07
<b>Ancho</b>	2,14
<b>Altura</b>	1,38
<b>Superficie m2</b>	28
<b>Materias primas</b>	Plástico
<b>Producción</b>	1200 Kg/Hr
<b>peso kg</b>	870
<b>Alimentación corriente</b>	575v 60 hz
<b>Agua</b>	1200 lts
<b>Aire comprimido</b>	700 m3 /hr



**Peletizadora:** El proceso consiste en depositar el material (que previamente fue lavado molido y secado) adicionando master o el colorante que sea requerido, dentro de la tolva con la finalidad de que sean mezclados y homogenizados mediante el proceso de extracción de los hilos, que son pasados por una poceta con agua el cual permite el enfriamiento de estos hasta llegar al cortador el cual permite que sean granulados.

ESPECIFICACIONES		
Tipo		160 Principal
Diámetro del tornillo(mm)		Φ160
Proporción del tornillo L/D		18:01
Zona de temperatura		6 zona
Forma de escape		Individual
Cabeza molde		Elevador eléctrico
Energía eléctrica(Kw)		55kw
Capacidad(kg/h)		1000
Dimensiones generales(LxWxH)(m)		4.54x1.78x1.88



Tomado de <http://www.bagmakingmachine.com.es/PP-PE-plastic-recycling-granulator.html>

## 5.2. CRITERIO SOCIAL

Dentro de los principios fundamentales del diseño de la planta transformadora de plásticos es la inclusión social de los recuperadores que vienen desarrollando este oficio durante años, con la finalidad de mejorar la capacidad técnica de los recicladores y fortalecer su capacidad organizativa.

Los criterios sociales establecen el tipo de población, el diagnóstico socioeconómico de los recuperadores.

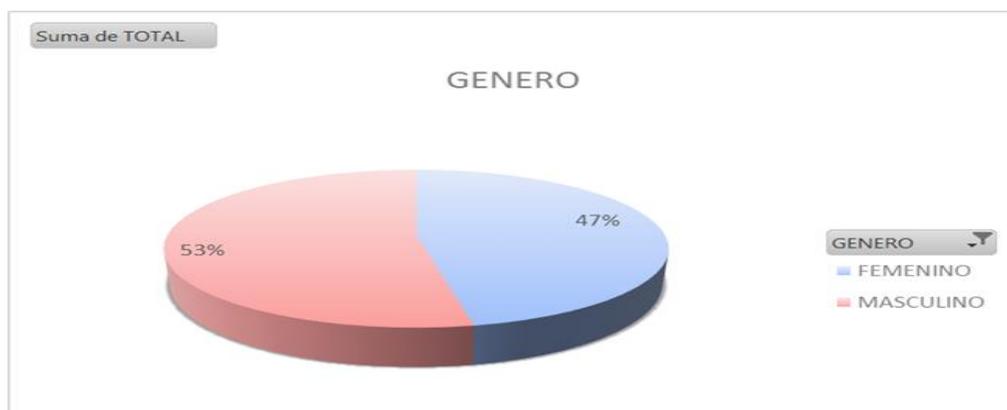
- **Tipo de población**

La planta transformadora de residuos sólidos plásticos está enfocada principalmente a los recuperadores, bodegueros, recolectores de material plástico que realizan la actividad de recolección en las calles e industrias del municipio, encontrando en este oficio su sustento económico.

- **Diagnóstico socioeconómico de los recuperadores actuales**

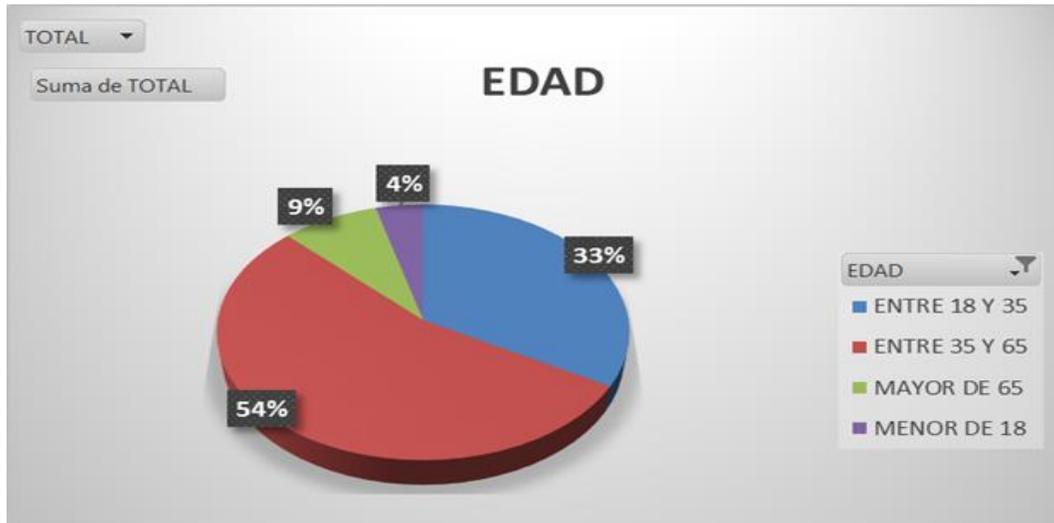
Como fuente principal de información la alcaldía proporcionó una base de datos del censo que se realizó para la actualización del PGIRS del año 2014 en donde se encuestaron 1376 recicladores en donde se evidencio:

*Figura 16 Genero recuperadores*



Se evidencia que de los 1376 trabajadores el 47% de la población es femenina con 647 mujeres y el 53 % es masculina con un total de 729 hombres lo que significa que la población es heterogénea.

Figura 17 Edad recuperadores Soacha



Se evidencia que la mayor parte de la población trabajadora con un 54% se encuentra en un rango de edad comprendida entre los 35 a 65 años de edad, por otra parte, con el 33% de población recicladora está en un rango de edad entre los 18 a 35 años. El 4% de la población es menor de 18 años según el censo realizado por la alcaldía. Sin embargo, los recicladores afirmaron que gran parte de los adolescentes que se dedican al oficio del reciclaje no fueron encuestados por que no cumplían con la edad para trabajar.

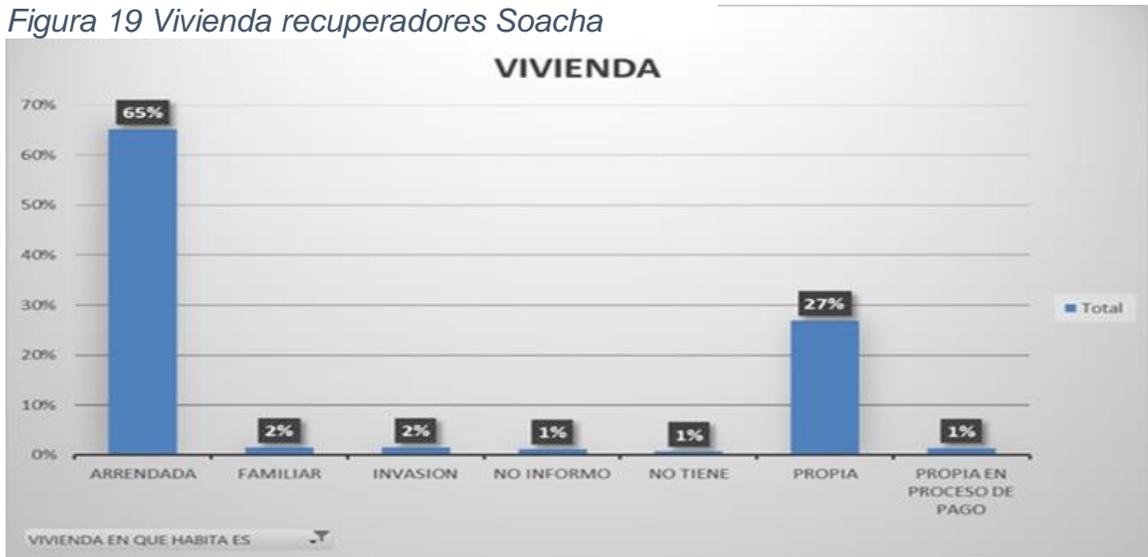
Figura 18 Cotización ARL recuperadores Soacha



En la gráfica se evidencia que el 93% de la población recicladora no se encuentra afiliado al sistema general de riesgos laborales este con la finalidad de prevenir, proteger y atender a los trabajadores frente a las contingencias generadas por las enfermedades laborales y los accidentes de trabajo, que puedan ocurrir con ocasión

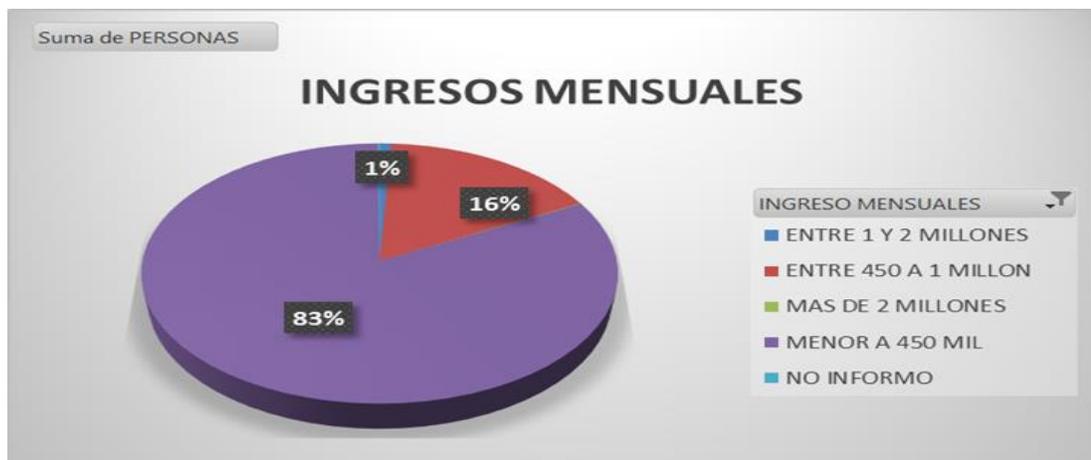
o como consecuencia del trabajo que desarrolla la población trabajadora, el 4% de la población recicladora no informa y el 2% se encuentra afiliado al SGRL.

Figura 19 Vivienda recuperadores Soacha



En la gráfica muestra que el 65% de la población vive en casa arrendada, el 27% de la población recicladora afirma que habita en vivienda propia, mientras que el 2% vive en casa familiar.

Figura 20 Ingresos Mensuales recuperadores Soacha



En la gráfica se evidencia que el 83 % de la población recicladora genera ingresos mensuales menores a 450 mil pesos, y el 16% de la población tiene de ingreso mensual entre 450 mil pesos a 1.000.000.

### Criterios

- Vinculación de los recuperadores dentro del proceso de recolección y selección del material plástico.
- Establecimiento de la cadena de recuperación y transformación de los residuos sólidos plásticos en el municipio de Soacha, evitando las fluctuaciones del precio.
- Garantizar el suministro EPP con el fin de disminuir la exposición al riesgo que atenten en contra de la seguridad y el bienestar de los trabajadores, con el objetivo de dignificar el ámbito de trabajo de los recicladores
- Promover la participación de los recuperadores dentro del proceso de recuperación y transformación del material.
- Mejorar las condiciones de trabajo respecto a la formalización del empleo.

### 5.3. CRITERIOS AMBIENTALES

El uso de plásticos ha crecido significativamente en los últimos años, contaminando los océanos teniendo un efecto negativo sobre la fauna marina y las aves según como lo afirma Laurence Maurice, del Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD) de Francia, explicó “hay cinco "islas" de estos residuos en tres océanos y tienen impacto en 1,5 millones de aves, peces, ballenas y tortugas que mueren al año por desechos plásticos en el mar”. Ya que en la mayoría de las veces son eliminados en botaderos a cielo abierto, rellenos o alcantarillas generando un impacto ambiental.

El mayor problema a discutir es hallar la opción para su recuperación o reutilización de los residuos sólidos plásticos, se debe dejar de considerar que el material es basura, sino que se deben ver como lo que realmente son: recursos recuperables, susceptibles de ser reincorporados en el ciclo productivo.

#### 5.3.1. CRITERIOS DE EVALUACION AMBIENTAL

Se establecieron 4 criterios de evaluación ambiental para el diseño de planta para la transformación de residuos sólidos plásticos en donde se explican a continuación:

##### 5.3.1.1. Criterio de peligrosidad o toxicidad

Este criterio está centrado en las características de los aspectos ambientales y los daños que pueden causar en el entorno. Dentro de este encontramos:

**Generación de Residuos:** La empresa transformadora de plástico maneja residuos sólidos no peligrosos ya que por su composición físico-química se encuentran materiales que son reciclaje y recuperados con la finalidad de obtener materias primas para otros procesos.

**Consumo Energético:** Se requiere energía eléctrica para las máquinas y equipos que son necesaria para los procesos operativos y administrativos, esta será suministrada por la empresa prestadora del servicio.

**Residuo No peligroso:** Los residuos sólidos plásticos no contienen peligrosidad para el medio ambiente y la salud.

### 5.3.1.2. Criterio de sensibilidad del medio

Este criterio establece el impacto ambiental que generan los aspectos y se encuentran relacionados con el entorno y el proceso de producción de la empresa transformadora de plástico.

**Consumo de Agua:** Para la refrigeración del polímero es necesario el uso de agua, que consiste en un ciclo de enfriamiento donde el agua caliente vuelve al chiller para ser nuevamente utilizada.

**Emisiones atmosféricas de ruido, u olores:** El proceso de transformación del plástico no genera emisiones atmosféricas ni olores, el ruido de la maquinaria utilizada está controlado.

### 5.3.1.3. Criterio de estados de regulación

**Regulado por legislación u otros requisitos de obligado cumplimiento:** Dentro de la normatividad colombiana se establecen normas orientadas al marco de la gestión integral de los residuos sólidos.

### 5.3.1.4. Criterio de extensión

**Local:** El proceso de transformación de los residuos sólidos se estructura de un área de influencia local o parcial, sin superar los límites de la empresa.

Figura 21 Criterios de evaluación de impactos ambientales

CRITERIOS DE EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES			
CRITERIO	Aspecto ambiental	CALIFICACION CUALITATIVA	CALIFICACION CUANTITATIVA
Criterio de peligrosidad o toxicidad	Generación de Residuos	BAJO	1
	Consumo Energético	MEDIO	2
	Residuo No peligroso	BAJO	1
Criterio de sensibilidad del medio	Consumo de Agua	BAJO	1
	Emisiones atmosféricas de ruido, u olores	BAJO	1
Criterio de estados de regulación	Regulado por legislación u otros requisitos de obligado cumplimiento	ALTO	3
Criterio de Extensión	Local	MEDIO	2

## 6. CONCLUSIONES

Para el año 2018 se generan 42,69 toneladas diarias de residuos sólidos plásticos en el municipio de Soacha para ello se estableció recuperar el 50% del total diario los cuales al ser tratados permiten la reintegración a la cadena de valor.

Los criterios de evaluación para la ejecución de la planta permitieron reconocer que los procesos de recuperación y transformación de los residuos sólidos deben estar inspeccionados por entes ambientales con el fin de controlar el riesgo del impacto ambiental que será generado, además de que los métodos y técnicas que se implementen para realizar los procesos productivos deben ser de última tecnología y en un estado funcional del 100% para garantizar el flujo de producción y la capacidad.

Las personas que se encuentran directamente relacionadas en el proceso de recuperación y recolección de los R.S.P tienen poca remuneración para el desarrollo de su actividad, evidenciando así que se encuentran socialmente vulnerables, por ello se definió la vinculación al proyecto y los beneficios que se obtendrán al disminuir los niveles e intermediarios en la cadena de suministro

El trabajo utiliza dos métodos para solucionar el problema del caso de estudio El método SLP definido por productos y flujo de proceso de campo abierto, en el que se establecieron 8 departamentos, permitiendo ubicar los departamentos de acuerdo con la relación los procesos y las áreas, basado en criterios cualitativos. Este método tiene gran eficiencia en dimensiones pequeñas del problema, además de ello se utiliza como soluciones iniciales en métodos heurísticos.

Como los problemas de distribución en planta se caracterizan como problemas combinatorios, y estos a su vez necesitan que un número muy grande de soluciones sean analizados, se utilizó el modelo propuesto por **Palacios** algoritmos híbridos-genéticos para áreas desiguales, en donde se evidencio, que las instalaciones con menor área se posicionan más centralizadas, y las de mayor área las distribuye alrededor de estas. Esto ocurre para que se reduzcan las distancias entre instalaciones que influyen en el resultado del transporte, minimizando movimientos y flujo de materiales, determinando una distribución factible con el uso de los métodos exactos.

Los factores de éxito referenciados por los expertos al aplicar la metodología Delphi demostró el crecimiento del sector plásticos en Cundinamarca en los próximos 5 años, las garantías de técnicas y métodos que se pueden implementar para fortalecer el sector, implementando estrategias de competitividad en precio y calidad.

## **7. RECOMENDACIONES**

Se recomienda que esta propuesta de distribución en planta sea aplicada a las cooperativas de recuperadores que se encuentran registradas en el municipio de Soacha, con apoyo de la alcaldía para aprovechar la oferta de material que se genera en el municipio.

Tener en cuenta los criterios ambientales, sociales, y tecnológicos al momento de ejecutar el proyecto, pero se recomienda evaluar costos por ello se propone para investigaciones futuras realizar toda la evaluación económica para que los recuperadores tengan más claridad en lo que se puede ejecutar

Utilizar los diferentes modelos metaheurísticos para procesos de optimización de distribución en planta, demostrando la efectividad y la comparación para áreas desiguales, debido a que es un tema que no se ha indagado mucho.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- Aceplas. (2004). *Manual de plásticos*. Instituto americano del plástico Industrial.
- Acoplasticos. (2015). Plásticos en Colombia. *Acoplasticos*.
- ACOPLASTICOS. (2017). *Plásticos en Colombia Plásticos, Química, Petroquímica, Cauchos 2017-2018*. Bogota: Acoplásticos.
- acurio. (1997). *GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS*.
- Aiello, G., La Scalia, G., & Enea, M. (2013). A non dominated ranking Multi Objective Genetic Algorithm and electre method for unequal area facility layout problems. *Expert Systems with Applications*.
- Alcaldia, M., & Consorcio, P. (2014). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS PGIRS PARA EL MUNICIPIO DE SOACHA DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA*. Soacha.
- Arostegui, M., Kadipasaoglu, S., & Khumawala, B. (2006). An empirical comparison of Tabu Search, Simulated Annealing, and Genetic Algorithms for facilities location problems. *International Journal of Production Economics, Volume 103, Issue 2, , Pages 742-754*.
- Azzaro, C. (2009). *Mutual benefits of two multicriteria analysis methodologies: A case study for batch plant design,*.
- Barrios, M. L. (2009). *Aplicación de la Metaheurística Búsqueda de Tabú al problema de la ruta más corta para una empresa distribuidora de harina de trigo*. Obtenido de Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga : [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/587/digital\\_18066.pdf?sequence=1](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/587/digital_18066.pdf?sequence=1)
- Blum, C., & Raidl, G. R. (2016). *Hybrid Metaheuristics Powerful Tools for Optimization*. Vienna, Austria: Springer International.
- Bogotá, R. (16 de mayo de 2013). *El Espectador*. Obtenido de Nuevos POT para Chía y Soacha: <http://www.elespectador.com/noticias/bogota/nuevos-pot-chia-y-soacha-articulo-422452>
- C. M. VON MEYSENBUG, C. (1982). *TECNOLOGIA DE PLASTICOS PARA INGENIEROS*. S.A. DE EDICIONES URMO.
- Cali, A. d. (2015). *Plan de Gestion Integral de Residuos Solidos*. Cali.

- Caracterización de Residuos Sólidos Generados por el Área Administrativa de tres empresas en la Zona Industrial de San Juan. (2009). *Investigacion universitaria* , 52-58.
- Caribe, C. E. (2018). *Balance Preliminar de las Economías de América Latina y el Caribe 2017*. Santiago: LC/PUB.2017/28-P.
- Castillo Victor, M. J. (2006). *Proyecto de inversión para la instalación de una planta recicladora de polietileno tereftalato*. Espol.
- Cobo, A., & Serrano, A. M. (2005). *Un algoritmo híbrido basado en colonias de hormigas para la resolución de problemas de distribución en planta orientados a procesos*. Santander : Universidad de Cantabria.
- CÓMOVAMOS, R. D. (2014). *Informe sobre la política pública de inclusión de recicladores de oficio en la cadena de reciclaje*. Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Manizales, Medellín.
- DE LA FUENTE GARCÍA, D., & FERNÁNDEZ QUESADA, I. (2005). *DISTRIBUCION EN PLANTA* . Oviedo: UNIVERSIDAD DE OVIEDO.
- Drira, A., Pierreval, H., & S, H.-G. (2007). Facility layout problems: A Survey. *ELSERVIER Annual Reviews in control* 31, 255-267.
- Flexsim. (2017). *Flexsim Problem Solved*. Obtenido de <https://www.flexsim.com/es/flexsim/>
- Glover, F. (July- August 1990). "Tabu Search: A Tutorial". *INTERFACES*, Vol. 20, No. 4,.
- Goldberg, D. (1989.). Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. En D. Goldberg, *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. (pág. 412). USA: Addison Wesley Longman Inc.
- Gómez Otero, P. (2010). *Estudio de los algoritmos genéticos para el desarrollo de sistema de control* . Ingeniería y desarrollo Universidad del Norte .
- Greenpeace. (2015). *Plásticos en los océanos: datos, comparativas e impactos*. Madrid, España: Greenpeace España, .
- Guattari, F. (1996). *Caosmosis*. Argentina: Ediciones Manantial SRL .
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de administración de operaciones*. México: Pearson Educación. .
- ICONTEC. (28 de 07 de 2004). *GESTION AMBIENTAL RESIDUOS SOLIDOS, GUÍA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS*. *Guia Tecnica Colombiana* .

- Kirkpatrick, S., Gelatt, C. D., & Vecchi, M. P. (1983). Optimization by Simulated Annealing. *Science, New Series*, 671-680.
- Liang, L. Y., & Chao, W. C. (2008). The strategies of tabu search technique for facility layout optimization. *Automation in Construction*, 657-669.
- Lieberman, G., & Hillier, F. (2006). *Introducción a la Investigación de Operaciones*,. Mexico: McGraw-hill.
- MADS. (2012). *Diagnostico nacional de salud ambiental* . Bogota.
- Mejia, Heidy; Wilches, Maria; Galofre, Marjorie; Montenegro, Yennys. (2011). Application of Distribution Plants methodologies for setting up a Distribution Center. *Scientia et Technica*, 63-68.
- Meyers, F., & Stephens, M. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. Mexico: Pearson Prentice Hall.
- Ministerio de Ambiente, V. y. (2004). *Principales procesos básicos de transformación*. BOGOTA.
- Monica, R., Leonardo, P., & Marcela, G. (2010). *Atención integral a la primera infancia en colombia: estrategias de país 2011-2014*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Muther, R. (1970). *Distribucion en planta*. España: McGraw Hill Book Company.
- Muther, R. (1981). *Distribucion en planta Ordenación racional de los elementos de producción industrial*. Barcelona: Hispano Europea. .
- Najmeh, B. I., Abedzadeh, M., & Mohsen., Z. (2015). Tabu search heuristic for efficiency of dynamic facility layout problem. *Manufacture Technology*,, 689-703.
- Palacios, M., & Jaimes, C. (3 de Noviembre de 2011). *Alternativa De Solución Al Problema De Distribución De Planta (Flp) Para Instalaciones De Áreas Iguales Y Desiguales Mediante Un Algoritmo Híbrido Genético*. Obtenido de Universidad Industrial de Santander: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2011/142057.pdf>
- Palomino, S. C. ("2011). *DISEÑO DE PLANTAS INDUSTRIALES*. España: Universidad Nacional de Educación a Distancia, UNED.
- PÉREZ FAIZULLY, O. O. (2012). *DISEÑO DE LA CADENA DE VALOR DEL RECICLAJE DEL PLÁSTICO EN LA CIUDAD DE CALI*. Cali.
- Posada Restrepo, N. L., & Rodríguez, J. A. (2014). *Aplicación de diseño y simulación de DMC para plantas de primer orden con tiempo muerto y dinamica lenta*. Revista educacion de Ingenieria . Obtenido de <https://www.educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/viewFile/335/207>

- Rivera, L. C. (2012). Selección de alternativas de redistribución de planta: un enfoque desde las organizaciones. *Revista S&T*, 10(23), 9-26 , 18.
- Rosario, C. U., & Bogota, C. d. (2010). *Plan de competitividad para la provincia de Soacha*. Bogota: Sáenz y Cía. S.A.
- Sampieri Hernández, R., Collado, C., & Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación*. Mexico : Mc-Graw Hill.
- SOACHA, A. M. (2014). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS*. SOACHA.
- TAMI, M. P. (2011). *ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA (FLP) PARA INSTALACIONES DE ÁREAS IGUALES Y DESIGUALES MEDIANTE UN ALGORITMO HÍBRIDO GENÉTICO*. BUCARAMANGA.
- Toro Sánchez, J. E. (2004). *Aplicación para polietileno tereftalato (pet) reciclado*. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/14671>
- Yeong-DaeKim, & Lee, G.-C. (2000). Algorithms for adjusting shapes of departments in block layouts on the grid-based plane. En G.-C. Y.-D. Lee, *Algorithms for adjusting shapes of departments in block layouts on the grid-based plane* (págs. 111-122). Omega.

## 9. ANEXOS

Anexo 1 Modelo de encuesta prospectiva

### 9.1. MODELO DE ENCUESTA PROSPECTIVA

8/4/2018 PROSPECTIVA DEL SECTOR PLÁSTICO

### PROSPECTIVA DEL SECTOR PLÁSTICO

1. ¿Dentro de la industria manufacturera del plástico que aspecto cree que será más relevante en 5 años ?  
Marca solo un óvalo.

Tecnología

Infraestructura

Diversidad de los productos

Recurso humano

Financiamiento

Investigación y desarrollo

Calidad del producto

2. ¿Actualmente considera que los procesos que se realizan en el sector de la recuperación del plástico tecnológicamente son los adecuados?  
Marca solo un óvalo.

SI

NO

3. ¿Que tipo de garantías y controles se pueden proponer para asegurar la transformación adecuada de los residuos sólidos ?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. ¿Considera que para el año 2023 existirían nuevos polímeros que permitan su recuperación y transformación ?  
Marca solo un óvalo.

SI

NO

5. ¿Cuál cree que es la tendencia de crecimiento del sector de plásticos en Colombia?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

[https://docs.google.com/forms/d/1RAFRarc2NEBzT1Nc3L\\_yAqL3LsiEXVbRDUs03md4/edit](https://docs.google.com/forms/d/1RAFRarc2NEBzT1Nc3L_yAqL3LsiEXVbRDUs03md4/edit) 1/2

## 9.2. PRUEBAS DE HGA MATLAB

### Anexo 2 Pruebas de HGA Matlab

The screenshot shows the MATLAB environment with the 'ALGORITMO HIBRIDO GENÉTICO' window open. The window is titled 'SOLUCIÓN ÁREAS DESIGUALES' and displays a 9x9 matrix of data. The matrix is as follows:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	8	8	8	8	8	8	8	8	6
2	8	8	8	8	8	8	8	8	6
3	8	8	8	8	8	8	8	8	6
4	8	8	8	8	8	8	8	8	6
5	3	7	1	1	4	2	6	6	6
6	5	3	3	1	1	4	2	6	6
7	5	3	3	1	1	4	2	6	6
8	5	3	3	1	1	4	2	6	6
9	5	3	3	1	1	4	2	6	6

The HGA window parameters are: No. de instalaciones: 8, Algoritmo Genético: 100, Búsqueda Tabú: 100, Tamaño de la lista: 5, Recorrido Simulado: 5, No. de iteraciones: 5, Temperatura inicial: 30, No. de temperaturas: 72. The solution vector is displayed as 8 6 2 4 1 7 3 5.

This screenshot shows the same MATLAB environment but with different parameters in the HGA window. The data table remains the same as in the previous screenshot.

The HGA window parameters are: No. de instalaciones: 8, Algoritmo Genético: 100, Búsqueda Tabú: 100, Tamaño de la lista: 10, Recorrido Simulado: 10, No. de iteraciones: 10, Temperatura inicial: 10, No. de temperaturas: 72. The solution vector is displayed as 8 6 2 4 1 7 3 5.

This screenshot shows the MATLAB environment with a file explorer window open, displaying the contents of a folder named 'Perfor'. The HGA window is also visible in the background.

The HGA window parameters are: No. de instalaciones: 8, Algoritmo Genético: 100, Búsqueda Tabú: 100, Tamaño de la lista: 10, Recorrido Simulado: 100, No. de iteraciones: 100, Temperatura inicial: 10, No. de temperaturas: 36. The solution vector is displayed as 8 6 2 4 1 7 3 5.

## 9.3. ENCUESTA EMPRESAS RECUPERADORAS Y TRANSFORMADORAS DE PLÁSTICOS

Anexo 3 Encuesta Empresas recuperadoras y transformadoras de plásticos

	<p>PROPUESTA DISEÑO DE PLANTA PARA LA TRANSFORMACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS PLASTICOS MEDIANTE EL USO DE ALGORITMOS HIBRIDOS-GENETICOS PARA LA POBLACION VULNERABLE DEDICADA AL RECICLAJE EN EL MUNICIPIO DE SOACHA.</p>	<p>UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA INGENIERIA INDUSTRIAL</p>
---	---	---

**ENTREVISTA EMPRESARIO DE PLÁSTICOS**

**RECUPLAS NF – NELSON CRISTANCHO - PTE ARANDA**

- 1.) Cuáles son los procesos que maneja dentro de la empresa.  
Llega el producto se le hace un proceso de pre molido (trituradora)-  
-se pasa al lavado (lavadora tipo centrifuga tornillo sin fin) aplicación de químicos (soda caustica y jabón industrial) se demora 20 mn y cabe aprox 35 kilos / 100 kl por hora- se saca el agua y se enjuaga  
- Pasa al tanque de selección: tanque lleno de agua en el que los residuos pesados se van al fondo y son sacados proceso manual baldes tipo colador  
- pasa a la centrifugadora; proceso de exprimido; tambor con capacidad de 35 kl con 5mn  
- Se pasa a moler  
- Pasa a secad; tina perforada de huecos con turbina que conecta a un flameador 1.40x 1.90 capacidad de 160 kl. Por hora  
- se empa en bultos de 25 kilos
- 2.) Qué área en m2 ocupa una tonelada de PET- PP-PEAD-PEBD  
Molido: en estibas universales (1.0x1.20) 8 planchas de 5  
Tapas sin PP-PE: sacones de 200 kilos 1,0 x 1,20 x 1,50
- 3.) Que material llega en mayor cantidad  
Polietileno (30 toneladas al mes) – Polipropileno (tapa 500 kl- 600kl diario)  
Nota el PET: da menos plata y ocupa más lugar----- botellas en PP
- 4.) Cuantos operarios trabajan en qué turnos  
5 personas 1 por proceso  
1 solo turno de 7 a 5
- 5.) Que cantidad de material saca al día  
1 tonelada diaria (1000-1100)
- 6.) Qué área tiene la empresa y cree que es suficiente para la capacidad de producción  
Área 1 21 x 7  
2 Molinos  
2 lavadoras  
2 centrifugas



PROPUESTA DISEÑO DE PLANTA PARA LA TRANSFORMACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS PLASTICOS MEDIANTE EL USO DE ALGORITMOS HIBRIDOS-GENETICOS PARA LA POBLACION VULNERABLE DEDICADA AL RECICLAJE EN EL MUNICIPIO DE SOACHA.

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA INDUSTRIAL

#### ENTREVISTA EMPRESARIO DE PLÁSTICOS

ING. OMAR ENRIQUE HERNANDEZ. - YOCO S.A.S – FUNZA

1.) Cuáles son los procesos que maneja dentro de la empresa.

- Inyección
- Impresión
- Flameado
- Moler

2.) Qué área en m<sup>2</sup> ocupa una tonelada de PET- PP-PEAD-PEBD

Bultos de kilos

3.) Que material llega en mayor cantidad

- Polipropileno: material con que el que sacan tapas cuñetes galones cuartos

4.) Cuantos operarios trabajan en qué turnos

Planta 6 personas por turno de 12 horas

~~Screen~~ 7 personas turno de 10 horas de 7 a 5

5.) Que cantidad de material saca al día

Baldes: 1 tonelada diaria en turno de 12 horas

6.) Qué área tiene la empresa y cree que es suficiente para la capacidad de producción

1,200 m<sup>2</sup>

## 9.4. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN

Anexo 4 Capacidad Instalada

RECUPERACION Y PELETIZADO						
	Capacidad diseñada		Capacidad Utilizada		Capacidad ociosa	
	Cantidad.	%	Cantidad.	%	Cantidad.	%
Días trabajados/año	365	100%	240	66%	125	34%
Horas días trabajados	24	100%	8	33%	16	67%
Numero de maquinas	9	100%	9	100%	0	0%
Kg / por hora	2000	100%	2000	100%	0	0%

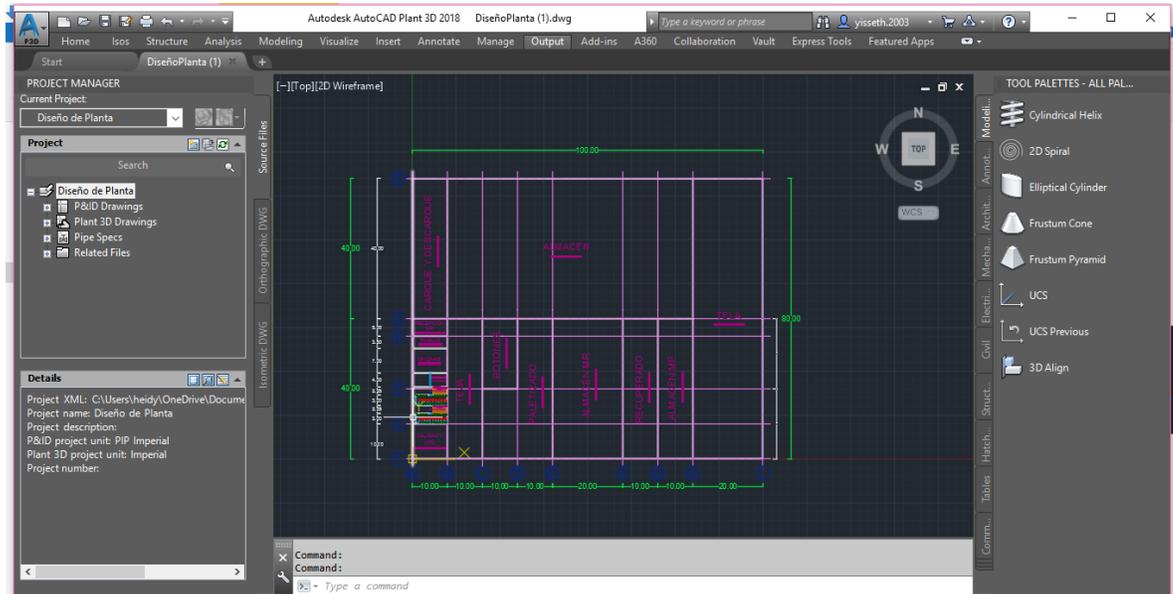
PRODUCCION TEJAS						
	Capacidad diseñada		Capacidad Utilizada		Capacidad ociosa	
	Cantidad.	%	Cantidad.	%	Cantidad.	%
Días trabajados/año	365	100%	240	66%	53	15%
Horas días trabajados	24	100%	8	33%	6	25%
Numero de maquinas	1	100%	1	100%	1	100%
Kg / por hora	1500	100%	300	20%	60	4%

<b>PRODUCCION BOTONES</b>						
	<b>Capacidad diseñada</b>		<b>Capacidad Utilizada</b>		<b>Capacidad ociosa</b>	
	<b>Cantidad.</b>	<b>%</b>	<b>Cantidad.</b>	<b>%</b>	<b>Cantidad.</b>	<b>%</b>
<b>Días trabajados/año</b>	365	100%	240	66%	125	34%
<b>Horas días trabajados</b>	24	100%	8	33%	6	25%
<b>Numero de maquinas</b>	1	100%	1	100%	0	0%
<b>Nº unidades / por hora</b>	272.777	100%	126.421	46%	60	0%

<b>PRODUCCION TELA</b>						
	<b>Capacidad diseñada</b>		<b>Capacidad Utilizada</b>		<b>Capacidad ociosa</b>	
	<b>Cantidad.</b>	<b>%</b>	<b>Cantidad.</b>	<b>%</b>	<b>Cantidad.</b>	<b>%</b>
<b>Días trabajados/año</b>	365	100%	240	66%	125	34%
<b>Horas días trabajados</b>	24	100%	18	75%	6	25%
<b>Numero de maquinas</b>	4	100%	4	100%	0	0%
<b>Nº m / por hora</b>	7663	100%	4.855	63%	2808	37%

## 9.5. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

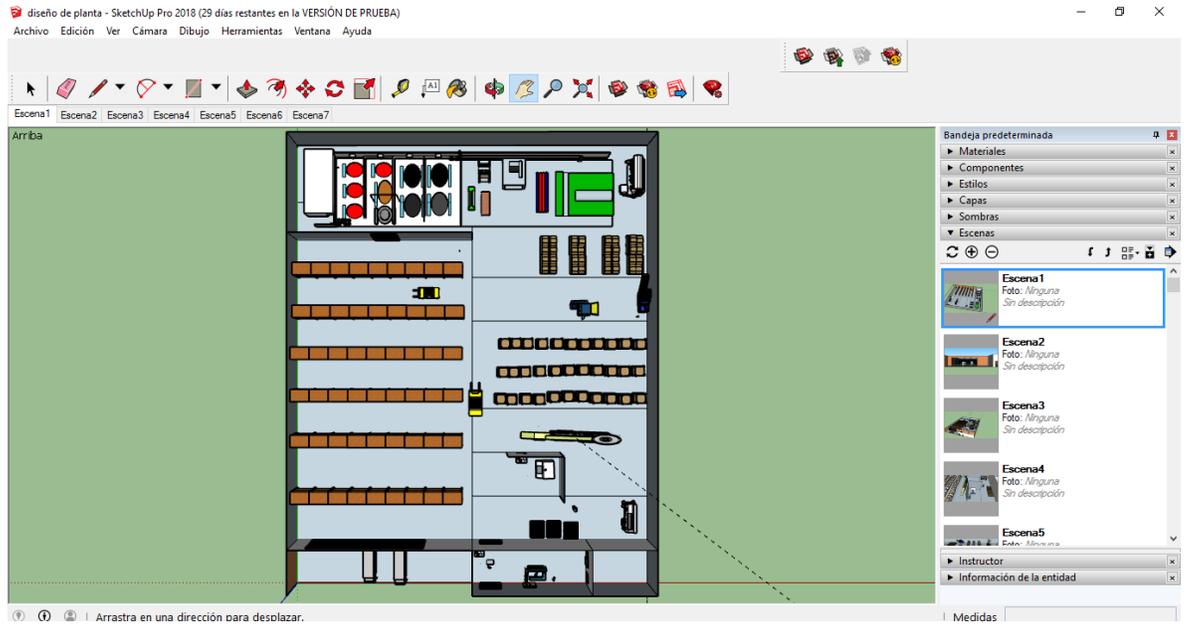
### Anexo 5 Plano distribución en planta



Adjunto Distribución en planta PDF

## 9.6. SIMULACIÓN 3D

### Anexo 6 Simulación 3D



Adjunto video de la simulación