

PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DEL
PLÁSTICO EN EL RELLENO SANITARIO DE QUINCHÍA, RISARALDA

ALEXANDER SUAREZ SÁNCHEZ

Código 1088288909

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO MECÁNICO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

PEREIRA

2013

PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DEL
PLÁSTICO EN EL RELLENO SANITARIO DE QUINCHÍA, RISARALDA

ALEXANDER SUAREZ SÁNCHEZ

Código 1088288909

ASESORA
LUZ ADRIANA CAÑAS MENDOZA
INGENIERA METALÚRGICA
M.SC. EN INGENIERÍA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
PEREIRA

2013

Nota de aceptación:

**Aprobado por el comité de grado en
Cumplimiento de los requisitos
Exigidos por la Universidad
Tecnológica de Pereira para optar
Al título de Ingeniero Mecánico.**

ING. LUZ ADRIANA CAÑAS MENDOZA
JURADO

ING. HUMBERTO HERRERA
JURADO

DEDICATORIA

Con todo mi amor y respeto para mis padres Javier Suarez y María Consuelo Sánchez y para mi hermano Julián; quienes son las personas que más amo en mi vida, por estar a mi lado en los mejores y más difíciles momentos durante mi vida y carrera universitaria; por ser quienes siempre han estado y estarán a mi lado brindándome su apoyo, su confianza y amor incondicional.

A mis tíos y primos por su acompañamiento, confianza y cariño durante mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTOS

- En primer lugar, a Dios por permitirme culminar este proceso, el cual me llena de satisfacción, conocimiento, grandes experiencias y excelentes amigos.
- A mis padres Javier Suarez y María Consuelo Sánchez por su apoyo, sacrificio, acompañamiento, paciencia y amor incondicional durante mis cinco años de estudio y el año de la práctica empresarial
- A la ingeniera Luz Adriana Cañas Mendoza por brindar su apoyo y conocimiento para la realización de la práctica empresarial y del contenido de este documento.
- A todos los ingenieros y profesores de la UTP, quienes brindaron sus conocimientos y experiencias durante estos años.
- A Luis Alfonso Palacio y a Edgar Alonso Rendón, gerentes de las Empresas Publicas Municipales de Quinchía E.S.P. por la confianza que demostraron tener en mí para la realización de la práctica empresarial en esta empresa.
- A mis amigos en general y particularmente, a Didier Antonio Isaza por su colaboración y acompañamiento incondicional durante la práctica empresarial.
- A todo el personal del relleno sanitario de Quinchía por su colaboración, acompañamiento y respeto en el tiempo que duró la práctica empresarial.
- A mi abuela, que aunque no se encuentra conmigo, siempre me apoyó y confió en mis capacidades y quien siempre dio el mejor ejemplo que se pueda recibir.

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Diagnóstico inicial de la lavadora de plásticos.	32
Cuadro 2. Diagnóstico inicial de la aglutinadora de película plástica.	34
Cuadro 3. Diagnóstico inicial del molino de plástico.	37
Cuadro 4. Diagnóstico inicial de la extrusora.	39
Cuadro 5. Diagnóstico inicial del molino de residuos orgánicos.	41
Cuadro 6. Diagnóstico inicial de la lavadora de plásticos.	44
Cuadro 7. Formato de seguimiento de la Aglutinadora de película plástica.	46
Cuadro 8. Formato de seguimiento del molino de plástico.	48
Cuadro 9. Formato de seguimiento del molino de residuos orgánicos.	50

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Tarjeta maestra para seguimiento de equipos.	55
Tabla 2. Cálculo de posibles ganancias.	58
Tabla 3. Cálculo de la inversión inicial.	61
Tabla 4. Costos por consumo eléctrico.	62
Tabla 5. Costos por mano de obra.	63
Tabla 6. Utilidades mensuales.	64

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Clasificación de los polímeros según su estructura química.	14
Figura 2. Proceso de reciclaje mecánico de termoplásticos.	22
Figura 3. Distribución de la planta de reciclaje de plástico para el relleno sanitario del municipio de Quinchía, Propuesta 1.	27
Figura 4. Distribución de la planta de reciclaje de plástico para el relleno sanitario del municipio de Quinchía, Propuesta 2.	29
Figura 5. Propuesta final de distribución de la planta de reciclaje de plásticos para el relleno sanitario del municipio de Quinchía, Rda.	60

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	12
1. MARCO TEÓRICO	13
1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS POLÍMEROS	13
1.1.1 Clasificación de los polímeros según su estructura química.	13
1.1.2 Clasificación de los polímeros según su origen.	14
1.1.3 Clasificación de los polímeros según su comportamiento térmico y mecánico.	15
1.1.3.1 Polímeros Termoplásticos.	15
1.1.3.2 Polímeros Termoestables.	17
1.1.3.3 Elastómeros.	18
1.2 RECICLAJE DE POLÍMEROS	18
1.2.1 Reducción en la Fuente.	20
1.2.2 Reciclaje Químico.	21
1.2.3 Reciclaje Mecánico.	21
1.2.3.1 Molinos de plástico.	23
1.2.3.2 Unidades de lavado.	23
1.2.3.3 Aglutinadora.	23
1.2.3.4 Peletizadora.	23
1.3 TERMINOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO MECÁNICO	24
1.3.1 Mantenimiento Correctivo.	24
1.3.1.1 Mantenimiento correctivo inmediato.	24
1.3.1.2 Mantenimiento correctivo diferido.	24
1.3.2 Mantenimiento preventivo.	24
1.3.2.1 Mantenimiento programado.	24

1.3.2.2 Mantenimiento predictivo.	24
1.3.2.3 Mantenimiento de oportunidad.	24
2. PROPUESTA DE DIAGRAMA DE PROCESOS PARA LA PLANTA DE RECICLAJE DE PLÁSTICOS	26
3. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE LA MAQUINARIA	31
3.1 LAVADORA DE PLÁSTICO	32
3.2 AGLUTINADORA DE PLÁSTICO	34
3.3 MOLINO DE PLÁSTICO	37
3.4 EXTRUSORA	39
3.5 MOLINO DE RESIDUOS ORGÁNICOS	41
4. RECUPERACIÓN DE LA MAQUINARIA Y SELECCIÓN DE EQUIPOS	43
4.1 EXTRUSORA-PELETIZADORA	52
5. MANTENIMIENTO RECOMENDADO	54
6. DISEÑO FINAL DE LA PLANTA DE RECICLAJE	56
6.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS PROCESOS	56
6.2 INVERSIÓN INICIAL	61
6.3 COSTOS	62
6.3.1 Costos por consumo eléctrico	62
6.3.2 Costos por mano de obra.	62
6.3.3 Costos de transporte.	63
6.4 RECOMENDACIÓN FINAL	64
7. CONCLUSIONES	66
8. RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	68

RESUMEN

Durante esta práctica empresarial se hizo una propuesta a las Empresas Públicas Municipales de Quinchía para el tratamiento y transformación del plástico recolectado en este municipio.

Se ejecutó la evaluación, el diagnóstico y la recuperación de la maquinaria existente en el relleno sanitario de Quinchía, adicionalmente se seleccionó y recomendó la adquisición de la maquinaria faltante y el diagrama de procesos necesarios para llevar a cabo la transformación hasta el proceso de peletizado del plástico.

Palabras claves: tratamiento y transformación del plástico; evaluación, diagnóstico y recuperación de la maquinaria; proceso de peletizado.

INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de este trabajo es elaborar una propuesta para las Empresas Públicas Municipales de Quinchía para que realicen el tratamiento y transformación del plástico recolectado semanalmente en el municipio.

La necesidad de generar dicha propuesta surge al conocerse la existencia desde hace 12 años aproximadamente, de alguna de la maquinaria necesaria para realizar dicho proceso en el relleno sanitario de Quinchía.

La propuesta se inicia con el reconocimiento y enriquecimiento intelectual acerca de la maquinaria existente en el relleno sanitario de Quinchía, conociendo el funcionamiento de cada una de las máquinas y del proceso necesario para transformar dicho plástico.

Para tal efecto se realiza la evaluación a cada una de las máquinas disponibles, ya que ninguna funciona desde hace más de 10 años y posteriormente se hace un diagnóstico según la previa evaluación con el fin de decidir que maquinaria necesita un mantenimiento correctivo y que otra debe adquirirse para cumplir adecuadamente con el diagrama de procesos necesarios para transformar el plástico recolectado, en pellet de plástico.

Después del diagnóstico, se efectúa el mantenimiento correctivo a la maquinaria disponible en el relleno y se cotiza en varios mercados aquella que sea necesario reponer, para llevar a cabo de manera eficiente la transformación del plástico recolectado.

Como el plan de funcionamiento debe mantenerse, se recomendará realizar un plan de mantenimiento elemental para implementarlo más adelante y finalmente, se realiza un estudio económico elemental para dar a conocer la inversión inicial del proyecto, los costos mensuales y las utilidades del mismo si las Empresas Públicas Municipales de Quinchía deciden implementar la propuesta para el tratamiento de desechos plásticos en el relleno sanitario del municipio de Quinchía.

1. MARCO TEÓRICO

Con la necesidad de realizar un trabajo adecuado, se recurre a la lectura y comprensión de los procesos y de toda la maquinaria necesaria para transformar el plástico, a la vez que se interioriza mucho más en la comprensión de las propiedades características y distintivas de cada uno de los productos que se recolecten; por lo que a continuación se amplían los conocimientos referentes a los materiales plásticos que se deben transformar y a la maquinaria que debe implementarse para dicha transformación y aprovechamiento del plástico en el relleno sanitario de Quinchía.

1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS POLÍMEROS

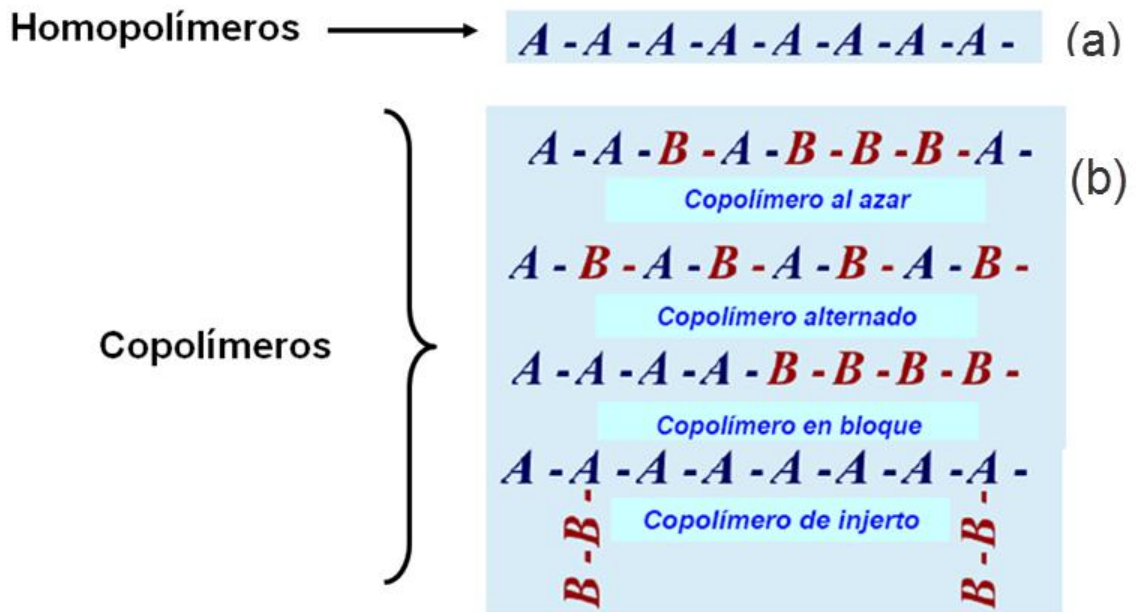
No existe una manera única de clasificar los materiales poliméricos; estos pueden dividirse en distintos grupos según su estructura química, su origen, su comportamiento térmico o incluso según su respuesta mecánica. A continuación se mencionan estas diferentes clasificaciones:

1.1.1 Clasificación de los polímeros según su estructura química. Una manera de clasificar los polímeros es teniendo en cuenta el tipo de unidades fundamentales o meros que se repiten en su cadena o estructura principal, por eso hablamos de homopolímeros y copolímeros como se presenta a continuación.

- **Homopolímeros:** son los plásticos de estructura química más simple ya que solamente contiene una estructura básica, es decir, formados a partir de un único monómero como se muestra en la figura 1(a).

- **Copolímeros:** son plásticos que combinan dos o más grupos funcionales diferentes, es decir, dos o más meros diferentes y presentan estructuras alternantes, al azar, en bloque o ramificadas; estos casos pueden verse en la figura 1(b).

Figura 1. Clasificación de los polímeros según su estructura química.



Disponible en: Servicio Nacional de aprendizaje SENA. Introducción a los materiales plásticos [pdf]. Santiago de Cali, 2005. 18 pdfs.

1.1.2 Clasificación de los polímeros según su origen. Dependiendo de la fuente de la cual proviene el polímero, podemos hablar de polímeros naturales y sintéticos.

- **Polímeros naturales:** son aquellos provenientes directamente del reino vegetal o animal, sintetizados por medios naturales que no han requerido un proceso químico de laboratorio para su obtención. Dentro de este grupo también se pueden mencionar los polímeros naturales modificados cuya base polimérica es natural y los procesos aplicados sólo modifican sus propiedades o comportamiento. Algunos ejemplos de polímeros naturales son la celulosa, el almidón, las proteínas, el caucho natural, los ácidos nucleídos, aminoácidos, la seda, la lana, el algodón, etc.

- **Polímeros sintéticos:** son los que se obtienen por procesos de polimerización controlados por el hombre a partir de materia prima de bajo peso molecular, en otras palabras, son aquellos obtenidos en su totalidad por procesos químicos controlados. La mayoría de los polímeros y resinas comerciales pertenecen a este grupo. Ejemplos de estos polímeros son el nylon, el polietileno, el cloruro de polivinilo, el policarbonato, etc.

1.1.3 Clasificación de los polímeros según su comportamiento térmico y mecánico. Esta es la clasificación más utilizada para este tipo de materiales, ya que de ella dependen las técnicas de procesamiento aplicadas al material.

1.1.3.1 Polímeros Termoplásticos. Las resinas termoplásticas son fácilmente maleables cuando se les aplica temperatura y presión. Estos se reconocen como los plásticos reciclables gracias a que se puede trabajar con ellos a temperaturas más bajas que su temperatura de fusión y ser moldeados durante varios ciclos por aplicación de presión y calor. Las variaciones en los esfuerzos mecánicos, es decir, fatiga o condiciones ambientales pueden reducir los márgenes de resistencia del material. Otra característica de estos materiales es su tendencia a absorber agua, ya sea del ambiente o por inmersión. Algunos ejemplos de termoplásticos son: Policloruro de vinilo (PVC), Poliestireno (PS), Polietileno de Alta densidad (PEAD), Polietileno de Baja densidad (PEBD), Metacrilato (plexiglás), Teflón (fluorocarbonato), Nailon (PA poliamida), Celofán, Polipropileno(PP), Polietilentereftalato (PET).

Para abordar el tema del reciclaje, se debe saber que aunque se desechen todos los plásticos, sólo los termoplásticos pueden ser reciclados, permitiendo repetir el ciclo hasta siete veces, esto gracias a las propiedades que posee este tipo de plásticos tales como su arreglo molecular, el cual influye en el proceso de fusión y solidificación, en su grado de translucidez u opacidad, punto de fusión y resistencia, entre otras características.


Algunos termoplásticos son generalmente opacos (no permiten paso de luz). Al enfriarse, sus cadenas tienden a enlazarse muy ordenadamente por lo que se produce la cristalización.


A continuación se mencionan los termoplásticos más representativos o comerciales con sus características y designación:




- **Polietilentereftalato (PET _{PET})**: El Polietilentereftalato es un plástico claro y lavable que no absorbe la humedad. La mayoría de este plástico se emplea en la fabricación de botellas de bebida, transformadas por los procesos de extrusión y soplado. El PET presenta propiedades de transparencia, resistencia/dureza, resistencia al calor y entre sus aplicaciones encontramos botellas plásticas para bebidas, envases transparentes o pigmentados, recipientes de aderezo,

medicinas, agroquímicos, prendas de vestir, cuerdas. El PET es el material de embalaje de mayor reciclado. Varios millones de toneladas se reciclan en productos de valor agregado alrededor del mundo, aunque los envases de PET no se descomponen, ellos no contienen componentes nocivos que podrían ocasionar grandes daños a las aguas subterráneas.

- **Polietileno de alta densidad (PEAD  HDPE)**: Este polímero presenta fácil procesamiento y buena resistencia al impacto y a la abrasión. No resiste a fuertes agentes oxidantes como ácido nítrico o ácido sulfúrico. Es resistente a las bajas temperaturas, tiene alta resistencia a la tensión, compresión y tracción. Es impermeable e inerte (al contenido), baja reactividad. No tóxico y sus principales aplicaciones son envases para: detergentes, aceites de automotor, lácteos; bolsas para supermercados; envases para pintura, helados, aceites; tuberías para gas, telefonía, agua potable, minería, láminas de drenaje y uso sanitario.

- **Policloruro de vinilo (PVC  PVC)**: Además de sus buenas propiedades físicas, el PVC tiene alta resistencia química, resistencia a la humedad y buenas propiedades eléctricas. Las aplicaciones rígidas, se concentran en tuberías, alfombras, ventanas, botellas y empaque de líquidos. Este es un polímero muy versátil, alta resistencia mecánica, posee una excelente inercia química y su costo es bajo. También suele utilizarse en el aislamiento de cables, capas, bolsas de sangre, tubería médica entre otros.

- **Polietileno de baja densidad (PEBD  LDPE)**: No posee tan buenas propiedades mecánicas como el PEAD, pero presenta gran demanda para ser utilizado en películas flexibles y relativamente transparentes. Tiene un bajo punto de fusión. Típicamente el PEBD es usado en la manufactura de películas flexibles, tales como bolsas plásticas y publicitarias, bolsas para alimentos congelados y bolsas para dulces; también es usado en la manufactura de tapas flexibles, y además en alambres y cables por sus buenas propiedades de aislamiento eléctrico. Es fácil de procesar, resistente a la humedad, flexible, fácil de sellar y presenta bajo costo. El Polietileno, tanto de baja como de alta densidad al igual que otros plásticos, es un material demasiado valioso como para desecharlo; por lo que su valorización es siempre la opción preferible para su tratamiento.



- **Polipropileno (PP)** (PP): Es un polímero termoplástico, parcialmente cristalino, utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos. Tiene menos densidad que el PEBD. Su temperatura de reblandecimiento es más alta, y es más resistente a altas y a bajas temperaturas; principalmente se moldea por inyección y se utiliza en la fabricación de juguetes, parachoques de automóviles, etc. También se procesa mediante el moldeo por soplado para fabricar recipientes huecos (botellas), o por medio de la extrusión en la producción de perfiles, láminas, tubos y fibras tanto tejidas (tapetes) como no tejidas.



- **Poliestireno (PS)** (PS): El poliestireno es un plástico muy versátil que puede ser rígido o formado. Generalmente es claro, duro y quebradizo. Es muy poco resistente al vapor de agua, tiene relativamente bajo punto de fusión. Hay dos versiones: el expansible o espumado (icopor) y el de cristal que tiene gran versatilidad, fácil procesamiento, claridad, aislamiento y bajo costo. Se utiliza como protección en sistemas de embalaje, contenedores, tapas, botellas, bandejas y vasos, cajas de videocasetes, de discos compactos, vasos rígidos y contenedores de comidas rápidas.



- **Otras resinas** (OTHER): Cuando los plásticos no corresponden a alguno de los seis grupos mencionados anteriormente, o en el caso de que combine varios de ellos en sistemas multicapa, se clasifican en este grupo genérico. Los más conocidos son el ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno), que se usa en automoción, en la industria y domésticamente; el PC (policarbonato), usado ampliamente en la manufactura moderna, etc; dependiendo de la resina o combinación de resinas se usa frecuentemente para fabricar botellas de agua reutilizables, algunas botellas de jugos y salsa de tomate.

1.1.3.2 Polímeros Termoestables. Los polímeros termoestables son aquellos que solamente son blandos o "plásticos" antes de llevar a cabo el proceso de polimerización, una vez endurecidos no pueden recuperarse para transformaciones posteriores. Son materiales compactos y duros, aunque también

existen plásticos termoestables flexibles y espumados. Su fusión no es posible. Son insolubles para la mayoría de los solventes, encuentran aplicación en entornos de mucho calor, pues no se ablandan, en vez de esto se carbonizan a altas temperaturas. Esto se debe a su estructura molecular, de forma reticular tridimensional, que constituye una red con enlaces transversales. La formación de estos enlaces es activada por el grado de calor, el tipo y cantidad de catalizadores. Algunos ejemplos típicos son las resinas de tipo fenol, aminas, resinas de poliéster y resinas epoxi; se usan comúnmente para construir enchufes, vajillas, pegamentos y barnices, etc.

1.1.3.3 Elastómeros. Los elastómeros son sustancias poliméricas que poseen la particularidad que se pueden deformar en gran medida sin que lleguen a la zona de deformación plástica. Los elastómeros son compuestos químicos cuyas moléculas consisten en varios miles de moléculas llamados monómeros, que están unidos formando grandes cadenas, las cuales son altamente flexibles, desordenadas y entrelazadas. Cuando son estiradas, las moléculas son llevadas a una alineación y con frecuencia toman el aspecto de una distribución cristalina, pero cuando se las deja de tensionar retornan espontáneamente a su desorden natural, un estado en que las moléculas están enredadas. Esta forma de volver a su estado natural de desorden distingue a los elastómeros de los polímeros termoestables, los cuales son duros y frágiles. Entre los polímeros que son elastómeros se encuentran el poliisopreno o caucho natural, el polibutadieno, el poliisobutileno y los poliuretanos y se usan comúnmente en la fabricación de suelas de zapatos, neumáticos y balones de básquet.

1.2 RECICLAJE DE POLÍMEROS

El reciclaje de los residuos plásticos no se puede considerar como una tarea fácil, pues la cantidad de plástico que se genera y desecha a diario es muy alta alrededor de todo el mundo y a la hora de reciclar, la clasificación es una de las etapas más críticas del proceso.

Los plásticos juegan un papel importante en casi todos los aspectos de nuestras vidas. Los plásticos se utilizan para la fabricación de productos de uso cotidiano, tales como envases de bebidas, juguetes y muebles. El uso generalizado de plásticos exige una buena gestión de vida del producto hasta su fin y estos materiales representan más del 12% de la cantidad de residuos sólidos urbanos,

un aumento exagerado desde 1960, cuando los plásticos fueron menos del 1% del flujo de residuos.

La categoría más amplia de plásticos no sólo se encuentra en envases y embalajes (por ejemplo, botellas de refrescos, tapas), sino que también se encuentran en los bienes duraderos (por ejemplo, electrodomésticos, muebles) y no duraderos (por ejemplo, pañales, bolsas de basura, vasos y utensilios, dispositivos médicos).

Para tener una idea general del impacto que generan los desechos plásticos se tienen las siguientes reseñas:¹

- En 2010, los Estados Unidos generaron casi 14 millones de toneladas de plástico como envases y embalajes, casi 11 millones de toneladas como bienes duraderos, como electrodomésticos, y casi 7 millones de toneladas como bienes no duraderos.

- Sólo el 8% del total de los residuos plásticos generados en el año 2010 fue recuperado para su reciclaje.

- En 2010, la categoría de los plásticos que incluye bolsas, sacos y abrigos se recicló alcanzado casi el 12%.

Según el Consejo Americano de Química, cerca de 1.800 empresas de Estados Unidos controlan o recuperan plásticos post-consumo. Los plásticos se suelen recoger en recipientes específicos de reciclaje ubicados en la acera o en los sitios destinados a su recolección. Entonces, van a un centro de recuperación de materiales, donde los materiales se clasifican en categorías generales (plásticos, papel, vidrio, etc).

Los plásticos mezclados resultantes se ordenan por tipo de plástico y son enviados a un centro de recuperación. En la instalación, la basura y la suciedad se desechan, el plástico se lava y se muele en pequeños copos. Un depósito de flotación separa los residuos contaminantes, en base a sus diferentes densidades. Los copos se secan a continuación, se funden, son filtrados y son transformados

¹ ORG. EL RECICLAJE. Reciclaje y disposición final del plástico. [En línea]. Página Web versión HTML. Madrid, España [citado el 26 de febrero de 2013]. Disponible en: <http://elreciclaje.org/content/reciclaje-de-pl%C3%A1stico>

en gránulos. Estos se envían a las plantas de fabricación de productos, en los que se transforman en nuevos productos de plástico.

1.2.1 Reducción en la Fuente. La principal técnica de reciclaje utilizada en Colombia se denomina reducción en la fuente, que tiene en cuenta el sitio en donde se lleva a cabo el proceso de reducción de la cantidad de residuos que se generan. La industria de plásticos ha sido capaz de realizar con éxito la reducción de la cantidad de material necesario para fabricar envases para productos destinados al consumo. Los envases de plástico, en general, son más ligeros que sus alternativas, tales como vidrio, papel o metal. Los materiales más ligeros requieren menos combustible para ser transportados y eso da lugar a menos material que desechar.

En el caso del PET, la tarea de encontrar un uso después del reciclado no siempre ha sido sencilla. Por ejemplo, la Administración Federal de Drogas y Alimentos (*Federal Food and Drug Administration, FDA*) no permitió durante años el uso de materiales reciclados en aplicaciones destinadas al contacto con alimentos. Por consiguiente había que utilizar el PET en aplicaciones que no implicaran tal contacto. Uno de los usos más importantes fue la fibra. Así, 35 botellas de refresco proporcionan el material suficiente para el relleno de fibra utilizado en un saco de dormir. Otros productos son los tejidos de poliéster para las camisetas y las sábanas.

Otra posibilidad consiste en fabricar contenedores de varias capas, con un estrato interior de material virgen, una capa intermedia de sustancia reciclada y una carga externa también de material virgen que permite el uso de material reciclado sin dejar de controlar la capa de contacto con el alimento ni la capa exterior o cubierta.

Otra opción es la despolimerización química del PET y el posterior uso de los materiales resultantes para su polimerización en la obtención de un nuevo PET. Las ventajas son muy limitadas ya que dicho proceso es bastante costoso. Según una estimación de 1994, el PET reciclado, obtenido por despolimerización, costaba en los estados Unidos entre 20 y 30 centavos más que el material virgen por cada 0,4 Kg.

Además de la reducción en la fuente existen técnicas de reciclado químico y reciclado mecánico que actúan sobre el material post consumo.

1.2.2 Reciclaje Químico. A diferencia del reciclaje mecánico, este reciclaje implica cambios en la estructura química del material al basarse en una reacción química específica; no necesita los complicados pasos de purificación que son indispensables para el reciclaje mecánico. Además, permite utilizar al desecho plástico como fuente de materia prima, no sólo para producir nuevamente el material original (como material virgen), sino para producir otros materiales con diferentes características. Entre el reciclaje químico se pueden encontrar varias alternativas como las que se muestran a continuación.

- **Pirólisis:** Consiste en romper, por elevación de temperatura, las moléculas de ciertos hidrocarburos con el fin de aumentar la proporción de los más útiles. Estos hidrocarburos pueden ser líquidos o sólidos que pueden ser luego procesados en refinerías.

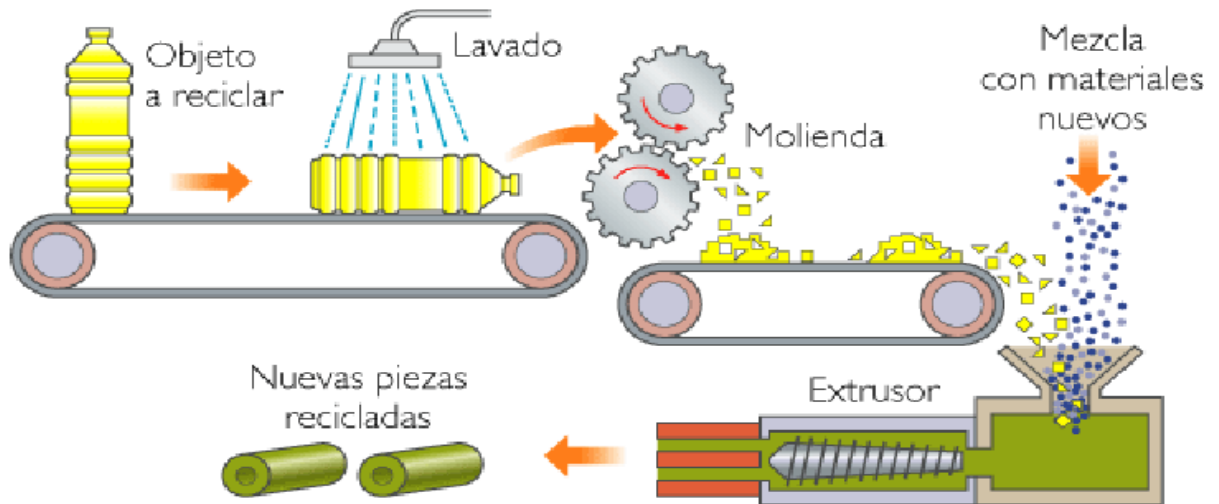
- **Gasificación:** Los plásticos son calentados con aire o con oxígeno. Así se obtienen los siguientes gases de síntesis: monóxido de carbono e hidrógeno, que pueden ser utilizados para la producción de metanol o amoníaco o incluso como agentes para la producción de acero en hornos de venteo.

- **Metanólisis:** Es un avanzado proceso de reciclado que consiste en la aplicación de metanol en el PET. Este poliéster es descompuesto en sus moléculas básicas, incluido el dimetiltereftalato y el etilenglicol, los cuales pueden ser luego repolimerizados para producir resina virgen. Varios productores de polietilenteraftalato están intentando desarrollar este proceso para utilizarlo en las botellas de bebidas carbonadas.

- **Hidrogenación:** En este caso los plásticos son tratados con hidrógeno y calor. Las cadenas poliméricas son rotas y convertidas en un petróleo sintético que puede ser utilizado en refinerías y plantas químicas.

1.2.3 Reciclaje Mecánico. El reciclado mecánico consiste fundamentalmente en aplicar calor y presión a los objetos para darles nueva forma. De todos los tipos de plásticos, este proceso solo puede aplicarse al grupo de los termoplásticos, que funden al ser calentados por encima de la temperatura de fusión. En la figura 2 se presenta un diagrama general del proceso de reciclaje mecánico de termoplásticos.

Figura 2. Proceso de reciclaje mecánico de termoplásticos.



Disponible en: http://co.kalipedia.com/tecnologia/tema/materiales/reciclado-mecanico.html?x=20070822klpingtcn_43.Kes&ap=2

El proceso se puede resumir así:

1. Cuando el material llega a la central de reciclado pasa a una zona de lavado y secado para evitar que se mezclen impurezas.
2. Una vez limpio se le somete a una trituración mediante máquinas de molienda, de forma que los trozos de material salen muy pequeños, en forma de bolitas o incluso a veces en forma de polvo.
3. Este material triturado alimenta una máquina de extrusión que proporciona calor y presión para que la masa de plástico se funda y pueda utilizarse para extruír o moldear piezas nuevas.

Actualmente y debido al gran daño que ocasiona el mal uso de los plásticos a nivel mundial, también se animan miles de empresas a mejorar el aprovechamiento de los residuos plásticos, con el fin de aportar al beneficio de la población mundial y del medio ambiente y por qué no, adquirir beneficios económicos mediante dicha labor.

A continuación se describen los principales equipos para las operaciones de planta involucradas en el reciclaje mecánico.

1.2.3.1 Molinos de plástico. Estos molinos están constituidos básicamente por una tolva de alimentación del material (PET, PVC), cuya abertura inferior y el diámetro del rotor definen la capacidad volumétrica del molino. La tolva da acceso a la cámara de molienda, en que se encuentra un rotor portacuchillas y un estator con otra cuchilla, produciéndose entre ambas el corte del material. En la parte inferior de la cámara se encuentra un tamiz que define la granulometría del producto a obtener, preestablecido por la holgura entre las cuchillas del estator y las del rotor. Este último recircula el material cuyo tamaño exceda al de las aberturas del tamiz.

1.2.3.2 Unidades de lavado. Estas lavadoras manejan un sistema similar a una lavadora de ropa pero con eje horizontal, en el cual el lavado se basa en el movimiento del plástico provocado por aletas sujetas al tambor, la estructura debe ser semicircular y rígida para soportar grandes presiones; el tambor y la estructura interna deben ser construidos con materiales resistentes a la abrasión ya que van a tener contacto directo con el plástico contaminado y desechos orgánicos. También es necesario un sistema de reducción de velocidad ya que el tambor debe manejar velocidades entre los 200 y 300 rpm. En este sistema de lavado se alimenta el tambor con el material a tratar y se llena de agua con detergente hasta cubrir gran parte del material plástico y eliminar por completo los residuos a medida que el tambor gira.

1.2.3.3 Aglutinadora. La aglutinadora es una maquina sencilla que consta de un tambor con un diámetro entre 0,4 y 0,8 metros de diámetro y de pared gruesa, construido normalmente en acero; algunas tienen un juego de cuatro cuchillas y otras de dos, las cuales se encargan de cortar el material plástico. Para su funcionamiento debe llenarse por completo el tambor con el material a tratar y agregar dos litros de agua por cada (cochada) vez q se le echa el material para que el plástico se contraiga con el agua fría.

1.2.3.4 Extrusora-Peletizadora. Esta máquina es de las más importantes a la hora de transformar el plástico ya que al salir de esta, se puede comercializar a un precio mucho más alto; su funcionamiento se inicia al introducir en la tolva receptora el material aglutinado para que gracias al tornillo sin fin y al sistema de calefacción interno, el material se deforme y homogenice en una camisa o barril totalmente hermético; después de homogenizado el material, se expulsa del barril mientras varias mallas lo restringen con el fin de manejar varios diámetros a la

salida; posteriormente se lleva en forma de hilo a una tina de refrigeración para endurecerlo y finalmente cuando alcanza una dureza indicada, es cortado por unas cuchillas al final de la peletizadora que se encarga de dividir los hilos en el tamaño indicado para cada pellet.

1.3 TERMINOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO MECÁNICO

El mantenimiento es la actividad necesaria para mantener un sistema en condiciones adecuadas o recuperarlas si se han perdido. Para que el equipo pueda cumplir las funciones para las cuales esta designada; para realizar adecuadamente un mantenimiento se pueden tener en cuenta acciones tales como comprobaciones, ajustes, mediciones, reemplazos y reparaciones.

Alrededor del mundo se habla de muchos tipos de mantenimiento y estos se aplican según las exigencias, los procesos y los indicadores de mantenimiento; en general se conocen y se aplican varios tipos de mantenimiento como se describen a continuación.

1.3.1 Mantenimiento Correctivo. Es una forma de mantenimiento que se realiza después de una falla o problema que surge en un sistema y puede dividirse en:

1.3.1.1 Mantenimiento correctivo inmediato. Se realiza con los medios disponibles, destinados a ese fin, inmediatamente después de percibir la avería.

1.3.1.2 Mantenimiento correctivo diferido. Se realiza al percibir la avería, pero teniendo en cuenta una rigurosa planeación ya que puede implicar la parada de equipamiento o incluso la planta, para afrontar posteriormente la reparación, solicitándose los medios para ese fin.

1.3.2 Mantenimiento preventivo. Consiste en realizar ciertas reparaciones o cambios de componentes según intervalos de tiempo, o según determinados criterios, prefijados para reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento del sistema o equipo. Siempre se planifica ya que otorga grandes beneficios como reducción de costos y demoras; en este tipo de mantenimiento podemos encontrar acciones como:

1.3.2.1 Mantenimiento programado. Mantenimiento preventivo que se realiza a intervalos predeterminados de tiempo, número de operaciones, kilometraje, etc.

1.3.2.2 Mantenimiento predictivo. Mantenimiento preventivo efectuado a un sistema o equipo basado en el conocimiento del estado del equipo por medición periódica o continua de algún parámetro significativo; esta intervención de mantenimiento se condiciona a la detección precoz de los síntomas de la avería.

1.3.2.3 Mantenimiento de oportunidad. Mantenimiento preventivo que aprovecha las paradas o periodos de no uso de los equipos para hacer revisiones o reparaciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento del equipo en el nuevo periodo de trabajo.

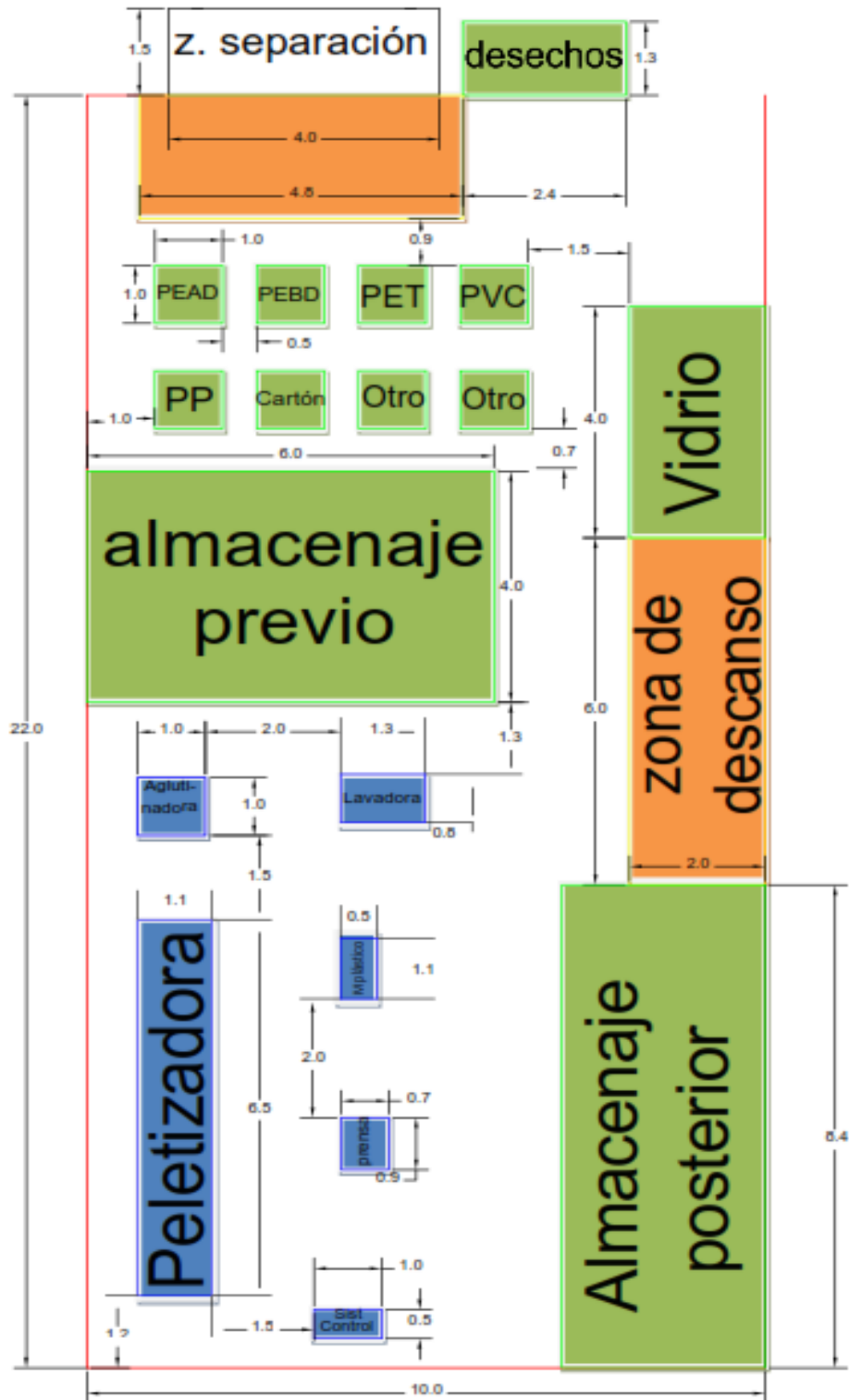
2. PROPUESTA DE DIAGRAMA DE PROCESOS PARA LA PLANTA DE RECICLAJE DE PLÁSTICOS

Inicialmente y con la ayuda del programa AutoCAD 2011 se formularon dos posibles distribuciones de maquinaria para la implementación de la planta de reciclaje; estas fueron analizadas por las Empresas Públicas Municipales de Quinchía, en conjunto con el equipo de trabajo encargado del relleno sanitario. Con estas propuestas se presentaron dos opciones para distribuir el área disponible en la planta, junto con las operaciones unitarias de la misma. El objetivo de la planta es implementar los procesos para llevar acabo de manera adecuada la transformación del plástico, a partir de la entrada de los residuos al relleno sanitario, hasta la disposición final del polietileno de alta densidad (PEAD), el polietileno de baja densidad (PEBD), el policloruro de vinilo (PVC), el polipropileno (PP) y el polietilentereftalato (PET) por separado.

La empresa sugiere que la distribución total de la planta se haga en la ubicación del relleno que se encuentra techada o en su vecindad inmediata en donde se pueda techar fácilmente y se llegue al límite superior del relleno sanitario y teniendo en cuenta sólo la maquinaria necesaria para transformar el plástico hasta el proceso de peletizado; es decir, dejando a un lado el molino de residuos orgánicos debido a que proceso de compostaje se hará más adelante y en otro lugar, y omitiendo también el trabajo con el molino de vidrio que no está en uso porque este se vende sin triturar a un buen precio y no se cuenta con los implementos de seguridad necesarios para realizar este proceso.

A continuación se anexan las dos propuestas presentadas a la empresa explicando la distribución de cada planta.

Figura 3. Distribución de la planta de reciclaje de plástico para el relleno sanitario del municipio de Quinchía, Propuesta 1.

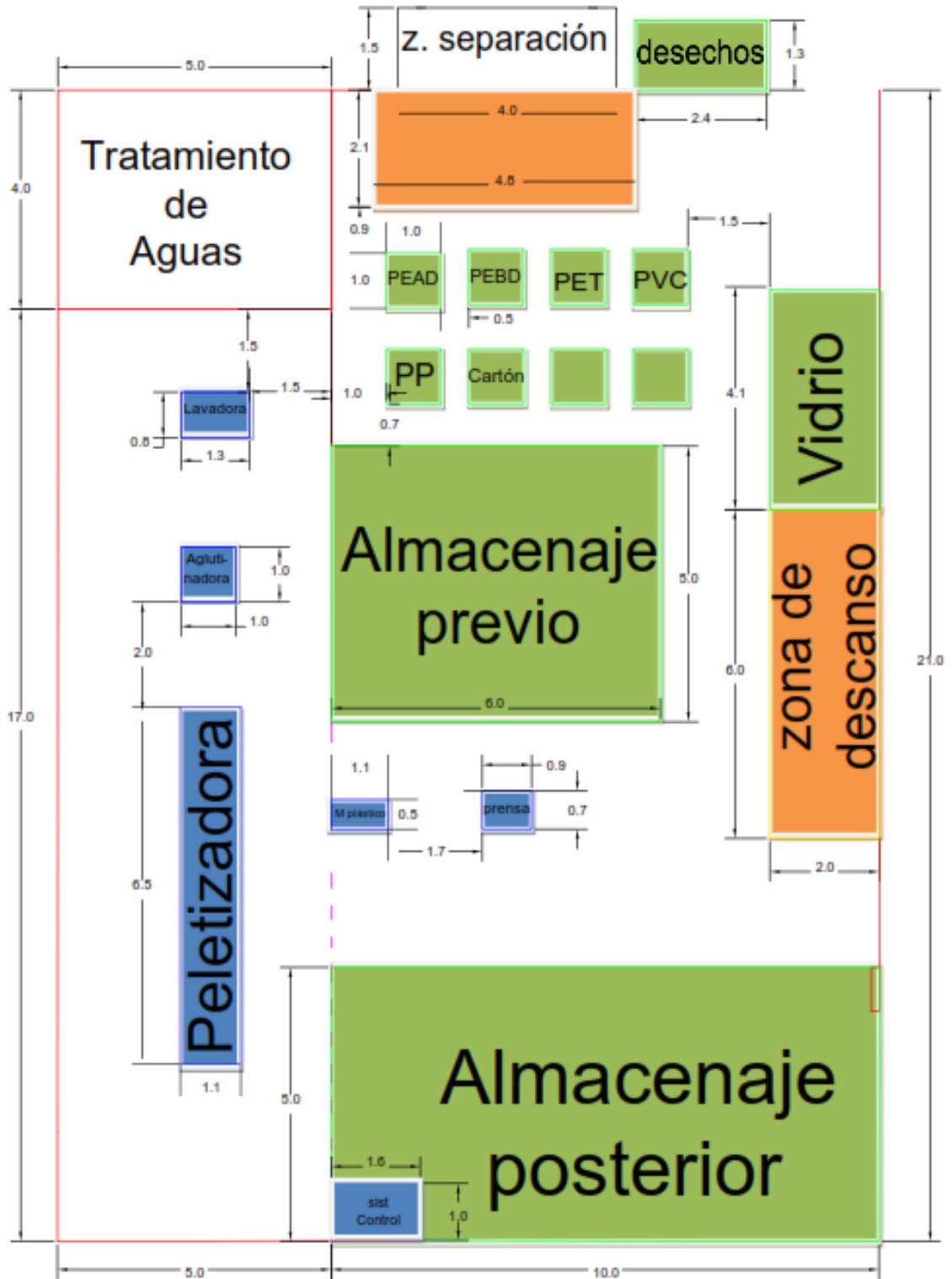


En la propuesta 1 se presenta una distribución total del relleno sanitario de Quinchía empezando con la zona de separación de material proveniente del vehículo recolector, el cual llega con todo tipo de material reciclable (cartón, vidrio, plástico y metales); en las zonas de color naranja se han representado los espacios en los cuales transita y descansa el personal de la planta; en las zonas indicadas de color verde se dispone el material recolectado. Existen dos zonas principales que son las zonas de almacenaje previo y posterior al tratamiento del plástico, estas zonas abarcan gran área ya que debido a la poca oferta semanal de plástico se propone hacer el tratamiento mensualmente y en dichas zonas almacenar lo que se acumule semanalmente.

La ubicación del sistema de control de la figura 3, se propone en una posición cercana a la línea de tensión que llega al relleno sanitario; la lavadora de plástico se ubica enseguida de la zona de almacenaje previo para reducir el trayecto entre dicha zona y el inicio del proceso; la aglutinadora de plástico, encargada de tratar el PEAD y el PEBD después de ser lavado, se ubica enseguida de la lavadora; la extrusora peletizadora, encargada de transformar el material aglutinado en pellet, se ubica enseguida de la aglutinadora y cerca de la zona de almacenaje posterior para acumular el material peletizado hasta su venta.

El molino de plástico, encargado de triturar el PET y el PVC lavado, se ubica enseguida de la lavadora; finalmente, se ubica la prensa o compactadora contigua al molino para compactar los diferentes materiales en un volumen determinado y así, poder almacenarlos en la zona de almacenaje posterior hasta su venta.

Figura 4. Distribución de la planta de reciclaje de plástico para el relleno sanitario del municipio de Quinchía, Propuesta 2.



En la propuesta 2 presentada en la figura 4, se manejan de igual forma las zonas de color naranja por donde circula el personal, pero se tiene en cuenta el área contigua a la ubicación actual del relleno para ubicar la lavadora enseguida del depósito de material recolectado con el fin de ahorrar tiempo y trabajo a la hora de trasladarlo; también se tiene en cuenta esta ubicación para instalar los tanques de tratamiento de agua a la salida de la lavadora con el fin de tener recirculación, ahorro de agua y el menor daño ambiental posible.

La aglutinadora de plástico, encargada de tratar el PEAD y el PEBD después de ser lavado, se ubica en la misma zona y enseguida de la lavadora; la extrusora-peletizadora, encargada de transformar el material aglutinado en pellet se ubica enseguida de la aglutinadora, pero esta vez mucho más cerca de la zona de almacenaje posterior para poder acumular el material peletizado hasta su venta; el sistema de control conserva la ubicación de la propuesta anterior.

El molino de plástico también se ubica contiguo a la zona de almacenaje previo pero en la zona actual de la planta física, con el fin de ahorrar tiempo a la hora de trasladar el PVC y el PET desde esta zona hasta el molino; finalmente se ubica la prensa o compactadora contigua al molino de plástico para compactar los diferentes materiales en un volumen determinado y así, poderlos almacenar en la zona de almacenaje posterior hasta su venta.

3. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE LA MAQUINARIA

Antes de intervenir la maquinaria existente, fue necesario evaluar su estado con el fin de hacer un diagnóstico adecuado, para entrar a recuperarla o declararla obsoleta según el deterioro presentado y la aplicación para la que se necesite.

A continuación se describe el estado en que se recibió la maquinaria y el diagnóstico inicial de cada equipo utilizado en el tratamiento del plástico, adicionalmente se evaluó el estado del molino de residuos orgánicos.

Al iniciar la práctica el día 16 de febrero de 2013, se recibe la maquinaria necesaria para transformar el plástico en el relleno sanitario de Quinchía Rda., la cual se encuentra en el mismo relleno; los equipos recibidos son: un molino, una lavadora, una aglutinadora, una extrusora de plástico y un molino para los residuos orgánicos.

Inicialmente se encuentra toda la maquinaria dispuesta en el relleno sanitario de Quinchía bajo techo pero con presencia excesiva de polvo, ya que el piso era de tierra y se encontraba allí durante 12 años aproximadamente y sin ningún tipo de mantenimiento.

Según fuentes internas de las Empresas Publicas de Quinchía, tanto los molinos de residuos plásticos y orgánicos como la lavadora y la aglutinadora, no funcionaban hace 12 años debido al cambio de lugar del depósito del relleno sanitario y al descuido interno por parte de las pasadas administraciones, mientras que la extrusora de plástico nunca funcionó porque siempre estuvo incompleta, incluso; fue recibida en estas condiciones con la promesa de una adecuación al cabo de unos pocos meses, lo cual nunca se realizó.

Antes de iniciar la intervención de la maquinaria de interés, se adecuaron 75 m² de terreno con material triturado para eliminar la presencia excesiva de polvo, para nivelar correctamente el terreno y así distribuir la maquinaria para hacer el diagnóstico indicado de cada una por separado.

A continuación se entrega un informe detallado de la evaluación y el diagnóstico de cada una de las máquinas.

3.1 LAVADORA DE PLÁSTICO

Este equipo se recibe con la totalidad de sus partes, pero con desgaste por corrosión en un 70% de la lámina interna, el tambor de lavado estaba totalmente corroído y sin la tapa, a causa del deterioro de las bisagras; adicionalmente se encontraron desechos de metal y plástico en descomposición. Se observó desalineamiento entre las poleas; tanto la lámina externa como el motor se encontraron cubiertos totalmente de polvo debido a las condiciones ambientales de almacenamiento.

A continuación, se anexa el cuadro de diagnóstico realizado a la lavadora de plástico.

Cuadro 1. Diagnóstico inicial de la lavadora de plásticos

EQUIPO	Nº INTERNO	FECHA
LAVADORA DE PLÁSTICOS	OO1	15/05/13
PASOS A SEGUIR PARA SU RECUPERACIÓN		
<ul style="list-style-type: none">• Realizar la limpieza total del polvo y de residuos sólidos.• Revisar que el desgaste corrosivo y los productos de corrosión no hayan ocasionado un daño que interfiera con el funcionamiento normal del equipo.• Eliminar por completo toda muestra de corrosión del tambor y del interior de la lavadora mediante un proceso químico utilizando inhibidores pasivos, orgánicos, voltaicos o un proceso de lijado según las capacidades y el presupuesto de la empresa.• Ajustar la tapa del tambor con nuevas bisagras.• Recubrir con anticorrosivo todas las superficies que tengan contacto con sustancias que provoquen la corrosión o en las que ya haya existido previamente, con el fin de prevenir su aparición y para darle un mejor aspecto a las superficies tratadas.• Revisar el estado de los elementos necesarios para la transmisión de potencia como poleas, correas, ejes y lubricar las partes que lo requieran.• Revisar cuidadosamente el motor eléctrico teniendo en cuenta detalles en la carcasa, revisar la totalidad de las partes y hacer pruebas de rodamientos.• Realizar pruebas de continuidad para verificar que no existan fugas de		

Cuadro 1. (Continuación)

corriente.

- Pruebas de arranque tanto en vacío como con carga ya que el motor es fundamental para el funcionamiento de la máquina.
- Realizar las medidas de corriente para confrontarlas con las que se indican en la placa del motor y comprobar el consumo real del mismo.
- Por último y según las medidas de corriente leídas y las indicadas en la placa del motor, se debe escoger la protección para el motor.

EVIDENCIAS DEL ESTADO INICIAL

MOTOR



SUPERFICIE INTERNA DE LA LAVADORA



TAMBOR DESMONTADO



TAMBOR INSTALADO EN LA LAVADORA



3.2 AGLUTINADORA DE PLÁSTICO

Se recibe la aglutinadora con la totalidad de sus partes pero con exceso de polvo tanto en el interior como en el exterior de la máquina; internamente presenta grandes muestras de corrosión y las cuchillas tienen pésima superficie de corte debido a la falta de uso y de mantenimiento; además, se encuentran totalmente corroídas. El motor, que es el componente de mayor tamaño, no gira en ningún sentido, lo cual representa un serio problema, ya que éste es fundamental para el correcto funcionamiento de la máquina. En caso de que el motor no tenga arreglo, podría declararse como obsoleta dicha máquina.

A continuación se anexa el cuadro de diagnóstico realizado a la aglutinadora de plástico.

Cuadro 2. Diagnóstico inicial de la aglutinadora de película plástica

EQUIPO	Nº INTERNO	FECHA
AGLUTINADORA DE PLÁSTICOS	002	17/05/13
PASOS A SEGUIR PARA SU RECUPERACIÓN		
<ul style="list-style-type: none">• Hacer una limpieza adecuada de toda la maquinaria para detectar averías graves que no se evidencien a simple vista y que posteriormente puedan afectar su correcto funcionamiento.• Retirar las cuchillas y tratarlas químicamente o aplicar un proceso de lijado para retirar los rastros de corrosión y posteriormente intervenir la superficie de corte con una piedra de granito para no deteriorar la superficie de corte.• Limpiar internamente la aglutinadora de residuos sólidos y eliminar completamente la superficie corroída; posteriormente recubrirla con anticorrosivo para protegerla de nuevo contra la corrosión y evitar su deterioro.• Desmontar el motor y verificar la totalidad de las partes, comprobar que los rodamientos estén debidamente lubricados, que no presenten movimiento axial ni grietas, ya que esta es la causa más probable del daño en el motor.• Verificar cuidadosamente que tanto el estator como el rotor no tengan adheridos residuos sólidos, revisar que el bobinado no este quemado y el recubrimiento de éste se encuentre en buen estado.		

Cuadro 2. (Continuación)

- Verificar que las conexiones internas estén completas, en buen estado y que sean las indicadas según el diagrama interno del motor.
- Si el bobinado y las conexiones están en buen estado se deben hacer pruebas de continuidad para verificar que no hayan fugas de corriente.
- Si el bobinado se encuentra quemado, debe hacerse bobinar de nuevo o cotizar en el mercado un nuevo motor que cumpla con las características del motor intervenido.
- Si los rodamientos están sin su respectiva lubricación o ésta se encuentra en mal estado se debe limpiar cuidadosamente y después lubricar adecuadamente hasta que los rodamientos giren sin ninguna restricción. Si por lo contrario, presentan grietas se deben cambiar por otros rodamientos nuevos y de la misma referencia.
- Realizar las medidas de corriente para confrontarlas con las que se indican en la placa del motor y comprobar el consumo real del mismo.
- Montar nuevamente el motor y verificar que no presente ninguna falla.
- Escoger la protección que debe llevar el motor según las medidas de corriente.

EVIDENCIAS DEL ESTADO INICIAL

MUESTRAS DE CORROSIÓN Y DETERIORO AL INTERIOR DE LA AGLUTINADORA



Cuadro 2. (Continuación)

CORROSIÓN INTERNA EN LAS TAPAS Y ESTATOR DEL MOTOR ELÉCTRICO



MUESTRA DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MOTOR



3.3 MOLINO DE PLÁSTICOS

Al igual que las máquinas anteriores, se recibe con la totalidad de sus partes, con presencia abundante de polvo y residuos sólidos al interior del mismo; las cuchillas de corte se encuentran deterioradas y totalmente corroídas. El motor gira sin ninguna restricción pero tiene grandes pérdidas en su recubrimiento y en algunas partes hay presencia de corrosión; todos los rodamientos del molino se encuentran en buen estado aparentemente. El molino presenta el problema de que estanca los residuos al interior del mismo, ya que los orificios de salida que se encuentran en la parte inferior del molino son demasiado pequeños (1/4") y esta restricción provoca que se caliente mientras funciona, también provoca que el motor se exija demasiado y el material tratado (PET y PVC) se deteriore y no salga con el tamaño y estado esperados.

A continuación se anexa el cuadro de diagnóstico realizado al molino para plástico.

Cuadro 3. Diagnóstico inicial del molino de plástico

EQUIPO	Nº INTERNO	FECHA
MOLINO PARA PLÁSTICO	OO3	19/05/13
PASOS A SEGUIR PARA SU RECUPERACIÓN		
<ul style="list-style-type: none">• Hacer una limpieza adecuada a todo el molino y eliminar los residuos sólidos para evidenciar alguna avería que no se vea a simple vista.• Eliminar la presencia de corrosión en el interior del molino• Retirar la totalidad de las cuchillas para eliminar por completo toda muestra de corrosión con un proceso químico o un proceso de lijado.• Intervenir las cuchillas de corte con la piedra de granito y así adecuar la superficie de corte para posteriormente obtener un tamaño adecuado en el material tratado.• Recubrir con anticorrosivo todas las superficies en donde ya se haya eliminado la corrosión para prevenir su posterior aparición.• Retirar la malla rígida que restringe el material triturado e instalar una nueva que cumpla con las medias adecuadas para que el material circule normalmente y el motor trabaje adecuadamente.• Asear el motor y recubrirlo con anticorrosivo para prevenirlo de la corrosión.		

Cuadro 3. (Continuación)

- Revisar la totalidad de las partes del motor, hacer pruebas de continuidad y en caso de no existir fugas se debe hacer la prueba de arranque en vacío para ver su desempeño.
- Hacer las mediciones de corriente y confrontarlas con las medidas indicadas en la placa del motor para conocer el consumo de energía eléctrica.
- Escoger la protección que debe llevar el motor según las medidas de corriente.

EVIDENCIAS DEL ESTADO INICIAL



3.4 EXTRUSORA

Al igual que en los casos anteriores, la extrusora presenta exceso de polvo y de corrosión en su exterior, mientras que internamente; se encuentran roedores muertos e incluso algunos vivos. Al comparar la máquina extrusora con alguna de la bibliografía recolectada previamente, se encuentra que es una extrusora de un solo tornillo y no cuenta con motor generador ni elementos de transmisión de potencia como poleas y/o cadenas. Tampoco con engranaje reductor que es muy común y necesario en este tipo de extrusoras debido a su velocidad de trabajo. No cuenta con acople ajustable ni cojinetes de empuje, tampoco cuenta con termopares y mucho menos con la unidad de calefacción, tampoco con el plato rompedor, cabezal ni boquilla. Sólo cuenta con la tolva, el cilindro con el tornillo sinfín y la motobomba de refrigeración.

Después de la evaluación, la empresa propone declarar la extrusora como obsoleta ya que la situación de la misma es bastante precaria y su recuperación demanda un trabajo muy arduo y una inversión económica muy grande.

Sin importar el resultado de la evaluación, en el diagnóstico se sugieren una serie de pasos para su recuperación y posteriormente se evaluará en concierto con la empresa para decidir si se declara como obsoleta o si se la interviene para lograr su recuperación.

A continuación se enuncian los pasos que se deberían seguir para su posible recuperación.

Cuadro 4. Diagnóstico inicial de la extrusora

DIAGNOSTICO INICIAL		
EQUIPO	Nº INTERNO	FECHA
EXTRUSORA	OO4	24/05/13
PASOS A SEGUIR PARA SU RECUPERACIÓN		
<ul style="list-style-type: none">• Realizar una limpieza total de la extrusora para evidenciar daños que no se evidencien a simple vista y observar las superficies corroídas.• Recubrir con anticorrosivo las superficies que están corroídas.• Revisar cuidadosamente la motobomba del sistema de refrigeración verificando la totalidad de las partes, hacer pruebas de continuidad, de arranque y de consumo.• Averiguar y cotizar en el mercado, todas y cada una de las partes faltantes		

Cuadro 4. (Continuación)

de la extrusora y finalmente confrontar con el precio de una extrusora del mismo tipo y en buenas condiciones para seleccionar la mejor opción.

EVIDENCIAS DEL ESTADO INICIAL

EXTRUSORA SIN MOTOR NI REDUCTOR



ÚNICO MECANISMO DE TRANSMISIÓN



RESIDUOS SÓLIDOS EN EL INTERIOR DEL EQUIPO



CILINDRO CON TORNILLO SIN FIN



3.5 MOLINO DE RESIDUOS ORGÁNICOS

A petición de la empresa se hace una evaluación y un diagnóstico del molino de residuos orgánicos ya que éste también se encontraba en las mismas condiciones que la anterior maquinaria; se evidenció exceso de polvo y residuos sólidos, grandes muestras de corrosión, gran deterioro en el recubrimiento, la tolva se encontró en muy mal estado debido a golpes; uno de los perfiles laterales estaba deformado a causa de un golpe sufrido mientras el molino trabajaba y faltaba una de las cuchillas.

Para su recuperación se sugiere realizar una serie de pasos como se indica a continuación:

Cuadro 5. Diagnóstico inicial del molino de residuos orgánicos

DIAGNOSTICO INICIAL		
EQUIPO	Nº INTERNO	FECHA
MOLINO DE RESIDUOS ORGÁNICOS	OO5	03/06/13
PASOS A SEGUIR PARA SU RECUPERACIÓN		
<ul style="list-style-type: none">• Asear completamente el molino.• Eliminar toda muestra de corrosión con tratamientos químicos o procesos de lijado.• Recubrir con anticorrosivo las superficies tratadas previamente.• Desmontar todas las cuchillas y eliminar de ellas toda muestra de corrosión.• Cambiar el soporte lateral que se encuentra defectuoso a causa de un golpe, lo que impide la correcta instalación de la tolva.• Ajustar correctamente las bisagras de la tolva para que ajuste con el molino.• Eliminar los excesos de corrosión del motor, ya que éste posee el recubrimiento más deteriorado.• Hacer las pruebas de continuidad del motor para verificar que no existan fugas de corriente.• Recubrir el motor con anticorrosivo para prevenir la aparición de corrosión y mejorar su aspecto.• Hacer la prueba de arranque en vacío del motor para observar su sentido de giro.		

Cuadro 5. (Continuación)

- Tomar las medidas de corriente y confrontarlas con las que se indican en la placa del motor para conocer el consumo de energía eléctrica.
- Escoger la protección que debe llevar el motor según las medidas de corriente.

EVIDENCIAS DEL ESTADO INICIAL

MOTOR



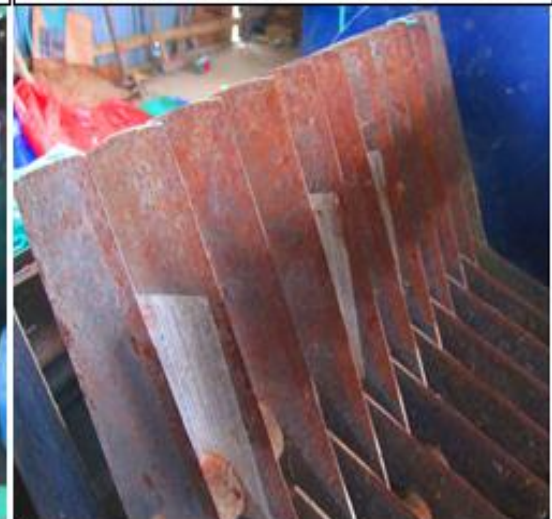
MOLINO SIN PRESENCIA DEL MOTOR



PERFIL LATERAL DEFORMADO



CUCHILLAS CON ABUNDANTE CORROSIÓN



4. RECUPERACIÓN DE LA MAQUINARIA Y SELECCIÓN DE EQUIPOS

Después del diagnóstico inicial, se presenta un informe técnico a la empresa para que se apruebe el presupuesto necesario para conseguir todos los implementos necesarios para la recuperación de la maquinaria en los casos en que sea posible hacerlo y por otra parte, consultar en el mercado la maquinaria que no se pueda recuperar o que no se encuentre en la planta, con el fin de realizar la selección de dichos equipos teniendo en cuenta aspectos tales como un precio adecuado, que se encuentre en buen estado y lo más importante, que cumpla eficientemente con los requerimientos de flujo másico que se trabaja en el relleno sanitario de Quinchía.

Al observar el diagnóstico presentado, la empresa decide declarar obsoleta la máquina extrusora, ya que su estado es bastante malo, nunca ha estado en funcionamiento, su recuperación es costosa y de ser adquirida cada una de las partes, no es seguro su buen funcionamiento ni el tiempo que estas duren.

En caso de implementarse el proyecto, la empresa se fundamentaría en realizar la transformación del plástico hasta el proceso de peletizado ya que la oferta de plástico no satisface la necesidad de crear productos como bolsas o mangueras y comercializar dichos productos sería mucho más dispendioso que vender el pellet como tal.

A continuación se agregan los formatos de seguimiento en donde se describen los procedimientos hechos a cada una de las máquinas con el fin de adecuarlas para el correcto funcionamiento en caso de que las Empresas Públicas Municipales de Quinchía decidan implementar el proyecto para el tratamiento y transformación del plástico en el relleno sanitario.

Cuadro 6. Diagnóstico inicial de la lavadora de plásticos


FORMATO DE SEGUIMIENTO		
EQUIPO	Nº INTERNO	FECHA
LAVADORA DE PLÁSTICOS	001	08/07/13
PROCEDIMIENTOS REALIZADOS		
<p>Para conseguir su recuperación completa se cumplen a cabalidad cada uno de los pasos sugeridos en el diagnóstico previo como se describe a continuación.</p> <ul style="list-style-type: none">• Se eliminaron por completo todos los residuos sólidos existentes al interior, se confirmó que no existan daños graves ocasionados por la corrosión, se eliminaron las capas corroídas por medio de un proceso riguroso de lijado y finalmente se recubren con anticorrosivo para prevenir su posterior aparición.• Se retiró el tambor de la lavadora, se eliminó toda muestra de corrosión por medio de un proceso de lijado, posteriormente se recubrió con anticorrosivo y finalmente se montó de nuevo en la lavadora como lo muestran las imágenes en las evidencias finales.• Se revisó el sistema de poleas con que se transmite la potencia, se alinearon las poleas y se lubricó el eje principal de transmisión de potencia.• El motor se encontró con la totalidad de sus partes, no presentó restricción al girar pero su carcasa tenía muestras de corrosión por lo que se recubrió con anticorrosivo como se muestra en las imágenes.• Se hicieron las pruebas de continuidad y de arranque en vacío; se evidenció que el motor trabaja sin presentar problema alguno. La prueba de arranque en vacío mostró medidas de corriente de 4 a 5 A., lo cual es una respuesta esperada según la ficha técnica del mismo; en las evidencias se muestran las medidas de corriente en cada una de las tres fases y se agrega su ficha técnica.• Según el consumo obtenido previamente, se escogió una protección de 10 A., por cada una de las fases.• Por último se instalaron las bisagras y la tapa del tambor de lavado.		

Cuadro 6. (Continuación)

EVIDENCIAS DEL ESTADO FINAL



FICHA TÉCNICA DEL MOTOR

	POTENCIA	3 KW	TENSIÓN	440/220 V
	FP	0,78	FRECUENCIA	60 HZ
	VELOCIDAD	1740 rpm	CONEXIÓN	Y/ Δ
	CONSUMO	5,9/10,2 A	MARCA	ASEA

Cuadro 7. Formato de seguimiento de la Aglutinadora de película plástica

FORMATO DE SEGUIMIENTO		
EQUIPO	Nº INTERNO	FECHA
AGLUTINADORA DE PLÁSTICOS	002	15/07/13
PROCEDIMIENTOS REALIZADOS		
<p>Para conseguir su recuperación completa se cumplen a cabalidad cada uno de los pasos sugeridos en el diagnóstico previo como se describe a continuación.</p> <ul style="list-style-type: none">• Se hizo una limpieza rigurosa del interior y exterior de la máquina eliminando todos los residuos sólidos existentes, el exceso de polvo, de corrosión y se verificó que la estructura no presentara fallas o grietas que afecten el buen funcionamiento, finalmente se recubrió con anticorrosivo la superficie interna para evitar nuevas apariciones de corrosión.• Se retiraron las cuchillas de corte y se intervinieron mediante un proceso de lijado para retirar las muestras de corrosión, posteriormente se intervinieron con una piedra de granito a altas revoluciones para corregir y dar un buen acabado a las superficies de corte.• Se desmontó el motor y se desarmó por completo, allí se encontraron muchos residuos sólidos en la tapa del ventilador que posteriormente se eliminaron; también se verificó que el motor estuviera completo. Se encontraron graves muestras de corrosión en las tapas, en el rotor y en el estator del mismo; pero el daño más grave se encontraba en los dos rodamientos, ya que su lubricación estaba quemada y obstruía el giro de los mismos; posteriormente se eliminaron los residuos de los rodamientos y se lubricaron adecuadamente hasta que giraran libremente; también se destaparon los ductos de lubricación y se hicieron las pruebas de continuidad en el estator y se verificó que el bobinado y las conexiones internas se encontraran en buen estado; también se recubrió la carcasa del motor con anticorrosivo y por último se ensambló de nuevo.• Se hicieron las pruebas de continuidad y de arranque en vacío; el motor trabajó sin presentar problema alguno. La prueba de arranque en vacío mostró medidas de corriente de 13-15 A., lo cual es una respuesta esperada según la ficha técnica del motor, en las evidencias se muestran las medidas de corriente en las fases y se agrega su ficha técnica.		

Cuadro 7. (Continuación)

EVIDENCIAS DEL ESTADO FINAL				
SUPERFICIE INTERIOR CON ANTICORROSIVO		CUCHILLAS TRATADAS		
				
MEDIDAS DE CORRIENTE DE CADA UNA DE LAS FASES DEL MOTOR				
				
FICHA TÉCNICA DEL MOTOR				
	POTENCIA	12,6 Kw	TENSIÓN	440/220 V
	FP	0,82	FRECUENCIA	60 Hz
	VELOCIDAD	1760 rpm	CONEXIÓN	Δ/Y
	CONSUMO	20/39 A	MARCA	“GENOVA”

Cuadro 8. Formato de seguimiento del molino de plástico

FORMATO DE SEGUIMIENTO		
EQUIPO	Nº INTERNO	FECHA
MOLINO PARA PLÁSTICO	003	29/07/13
PROCEDIMIENTOS REALIZADOS		
<p>Para conseguir su recuperación completa se cumplen a cabalidad cada uno de los pasos sugeridos en el diagnóstico previo como se describe a continuación.</p> <ul style="list-style-type: none">• Se hizo una limpieza rigurosa del interior y del exterior del molino eliminando excesos de residuos sólidos y polvo; este molino no se recubrió con anticorrosivo ya que no presentaba grandes muestras de corrosión, pero sí se retiraron las cuchillas de corte para eliminar de ellas la corrosión existente mediante un proceso de lijado y posteriormente intervenirlas con la piedra de granito para dar una superficie uniforme y mejorar notablemente la superficie de corte de cada una de ellas para lograr el corte adecuado para el material que posteriormente será intervenido (PET, PVC).• Se retiró del motor el exceso de polvo y algunas muestras de corrosión y se cubrió posteriormente con anticorrosivo ya que su recubrimiento original presentaba gran deterioro, el motor presentó la totalidad de sus partes y en la prueba de rodamiento no presentó problemas.• Se realizaron las pruebas de continuidad y no se evidenciaron fugas, el motor funcionó normalmente y las pruebas de arranque en vacío arrojaron medidas en cada una de las fases entre 7 y 9 A. Este resultado se esperaba según la ficha técnica del motor.• Según el consumo obtenido previamente se escogió una protección de 15 A., por cada una de las fases.• Por último se retiró la parrilla inferior del molino, se fabricó y se instaló una nueva parrilla con orificios más grandes (13/16”), pues los orificios originales (1/4”) restringían y deterioraban el material triturado (PET y PVC).		

Cuadro 8. (Continuación)


EVIDENCIAS DEL ESTADO FINAL



MEDIDAS DE CORRIENTE EN CADA UNA DE LAS FASES DEL MOTOR



FICHA TÉCNICA DEL MOTOR

	POTENCIA	4,9 Kw	TENSIÓN	440/220 V
	FP	0,82	FRECUENCIA	60 Hz
	VELOCIDAD	1745 rpm	CONEXIÓN	Y/YY
	CONSUMO	7,2/15,7 A	MARCA	SIEMENS

Cuadro 9. Formato de seguimiento del molino de residuos orgánicos

FORMATO DE SEGUIMIENTO		
EQUIPO	Nº INTERNO	FECHA
MOLINO DE RESIDUOS ORGÁNICOS	004	12/08/13
PROCEDIMIENTOS REALIZADOS		
<p>Como se mencionó en el diagnóstico previo, aunque este molino no hace parte del proceso de transformación del plástico, se intervino con el fin de entregarlo listo para tratar los residuos orgánicos cuando se asigne la zona de compostaje.</p> <p>A continuación se describen los tratamientos hechos al molino de residuos orgánicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se realizó una limpieza rigurosa eliminando los residuos sólidos acumulados desde hace muchos años, se retiraron las cuchillas existentes en el molino y mediante un proceso de lijado se eliminaron los depósitos de corrosión de las cuchillas; al igual que las demás cuchillas, se trataron las superficies de corte con la piedra de granito para instalarlas de nuevo con un corte indicado para su futuro trabajo. • Se retiró el soporte donde se sujeta la tolva de acceso y se instaló otro con un calibre más grande para evitar futuros daños, al igual que se instaló la tolva sobre este soporte. • El motor se intervino y se le retiraron grandes depósitos de corrosión e incluso muestras de residuos orgánicos, posteriormente se recubrió con anticorrosivo para prevenir la corrosión y mejorar su aspecto ya que el poco recubrimiento original se encontraba en graves condiciones. • Se hicieron las pruebas de continuidad y arranque en vacío y se evidenció que el motor trabajara sin presentar problema alguno. La prueba de arranque en vacío mostró medidas de corriente de 9 a 11 A., lo cual es una respuesta esperada según la ficha técnica del motor. A continuación se muestran las medidas de corriente en cada una de las tres fases y se agrega su ficha técnica • Por último y según el consumo obtenido previamente se escogió una protección de 20 A. por cada una de las fases. 		

Cuadro 9. (Continuación)


EVIDENCIAS DEL ESTADO FINAL



MEDIDAS DE CORRIENTE DE CADA UNA DE LAS TRES FASES DEL MOTOR



FICHA TÉCNICA DEL MOTOR

	POTENCIA	6,7 Kw	TENSIÓN	440/220 V
	FP	0,84	FRECUENCIA	60 Hz
	VELOCIDAD	1760 rpm	CONEXIÓN	Y / Y
	CONSUMO	12,4/24,8 A	MARCA	"BBC"

4.1 EXTRUSORA-PELETIZADORA

Como con esta máquina no se cuenta en el relleno sanitario de Quinchía y es necesaria para el proceso de transformación del plástico y para dar un valor agregado a este, se solicitó información acerca de las diferentes opciones para la adquisición del equipo que satisfaga las especificaciones de trabajo de la planta. De la información técnica proporcionada a nivel comercial y analizando las cotizaciones recibidas, se selecciona la extrusora-peletizadora **Dinaplast 50MM x 1.500MM**; teniendo en cuenta parámetros como: materiales de construcción, economía, producción, tamaño y garantía.

A continuación se entregan las características técnicas de la peletizadora **Dinaplast 50MM x 1.500MM**

- Tornillo sin fin de 50 mm de diámetro por una longitud de 1500 mm, con paso entre filete de 70 mm. Fabricado en acero bonificado 4340.
- Camisa o barril: diámetro de 50.2 mm, diámetro externo de 120 mm, dividida en tres tramos o secciones, acopladas entre sí con flanches y tornillos, fabricada en barra perforada y con tratamiento térmico de segmentación.
- Tolva de alimentación con una capacidad de 60 Kg.
- Camisa de transmisión lleva dos rodamientos: uno axial y otro radial. Fabricada en barra perforada SK.
- Resistencias eléctricas: ocho resistencias de abrazadera y dos planas, blindadas con asbesto y acero inoxidable.
- Cambia-mallas: hecha en acero 1045, con tratamiento térmico de temple y rectificado, con dos cavidades para malla de 90 mm de diámetro. El cambio de malla se realiza por un tornillo sin fin.
- Sistema de corte: corte en frío y/o agua el cual consta de los siguientes elementos: tres cuchillas de corte en acero DF2, motor-reductor de 1.5 HP a 1750 rpm, con variador de velocidad para rodillos haladores, motor de 1.5 HP a 1750 rpm, para el picador y tina de enfriamiento de 400 mm de ancho, 400 mm de altura y 2000 mm de largo, en acero inoxidable.
- Reductor de 15 HP, relación 30/1, de piñones helicoidales.
- Motor eléctrico de 15 HP trifásico de 1750 rpm, acanalado.
- Estructura hecha en lámina configurada, con diseño ergonómico y guardas de seguridad.
- Producción de 50-65 Kg/h.

- Dimensiones generales: Altura 160 cms. Ancho: 110 cms y un largo de 650 cms.
- Consumo de energía de 18 Kw/h.
- Operarios requeridos: uno.
- Tablero eléctrico para cinco zonas de calefacción: cinco pirómetros análogos, cinco Amperímetros de 0 a 25 A, cinco contadores de 25 A, cinco termocuplas, cinco indicadores de encendido, cinco interruptores de codillo y cinco breakers de 25 A. Un arrancador estrella triángulo para 15HP. Un voltímetro general de 0 a 200 Volts. Un Amperímetro general de 0 a 100 A. Un breaker totalizador de 150 A.
- Valor total: treinta y ocho millones de pesos (\$ 38.000.000).
- Garantía: seis meses por la parte eléctrica y un año por la parte estructural.

5. MANTENIMIENTO RECOMENDADO

Después de la recuperación de la maquinaria, es recomendable practicar permanentemente un plan de mantenimiento para que los equipos presenten menos fallas y el libre desarrollo del proceso no se vea afectado frecuentemente.

Se propone crear un plan LEM de mantenimiento (LUBRICACIÓN, ELÉCTRICOS, MECÁNICOS) que es la forma más elemental de plan de mantenimiento.

Como plan básico y con la necesidad de conseguir un buen mantenimiento dicho plan debe tener cuatro procedimientos como se indican a continuación.

1. **Empadronamiento de maquinaria:** el empadronamiento es el inventario o censo de toda la maquinaria y en este deben aparecer las tarjetas maestras y hojas de vida de cada uno de los equipos.
2. **Relación de requerimientos:** son todas aquellas acciones recomendadas por el fabricante o surgidas del conocimiento o del manejo del equipo. Como ejemplos claros de estas acciones se pueden ver las sugeridas en el diagnóstico hecho a cada uno de los equipos existentes en el relleno sanitario, ya que por parte del fabricante no se sugirió nunca ningún tipo de mantenimiento.
3. **Redacción de instructivos:** se deben redactar y poner por escrito todos y cada uno de los requerimientos antes relacionados. Un instructivo debe tener cinco elementos primordiales:
 - Código
 - Nombre
 - Material necesario para realizar el mantenimiento
 - Cuerpo del instructivo (paso a paso de la acción)
 - Cuadros de control (calificación de cada uno de los sistemas del equipo)
4. **Tableros de control:** son cronogramas para planear la ejecución de las acciones de mantenimiento durante cierto periodo de tiempo, se acostumbra cada año o también por ciclos de operación.

Se recomienda que un estudiante de último semestre de Ingeniería Mecánica diseñe el plan de mantenimiento, las hojas de vida, revise y rediseñe los modelos de tarjeta maestra como el que se muestra a continuación.

Tabla 1. Tarjeta maestra para seguimiento de equipos.

TARJETA MAESTRA							
MAQUINA _____				SECCION _____			
MARCA _____				No.INTERNO _____			
MODELO _____				TIPO _____			
CAPACIDAD DE TRABAJO _____				SERIE _____			
FABRICANTE _____				TAMANO _____			
OTROS DATOS:							
Clasificación del trabajo		Critico ()		3 Turnos ()		Intermitente ()	
		2 Turnos ()		1 Turno ()			
SERVICIOS							
AIRE _____		PRESION _____		VOLUMEN _____			
AGUA _____		PRESION _____		VOLUMEN _____			
VAPOR _____		PRESION _____		VOLUMEN _____		TEMPERATURA _____	
GAS _____		PRESION _____		VOLUMEN _____		CAUDAL _____	
COMBUSTIBLE _____		PRESION _____		CAUDAL _____		CALIDAD _____	
OTROS SERVICIOS PARA OPERACIÓN							
MOTORES ELECTRICOS							
MARCA	MODELO	TIPO	SERIE	HP	RPM	VOLTIOS	AMP
CATALOGO No _____				HOJA DE VIDA No _____			
PEDIDO No _____				FECHA _____			
OBSERVACIONES:							

6. DISEÑO FINAL DE LA PLANTA DE RECICLAJE

En este capítulo se entrega la propuesta para el tratamiento y aprovechamiento del plástico en el relleno sanitario de Quinchía, dando a conocer el diagrama de flujo de la maquinaria y de los procesos en la planta de reciclaje.

Se entrega un análisis económico de la inversión inicial necesaria para llevar a cabo el proceso adecuadamente; para este, se hace un listado de la maquinaria y elementos necesarios para que las Empresas Públicas Municipales de Quinchía transformen el plástico recolectado y lo puedan comercializar como pellet. Se entrega la diferencia de precios cuando el producto se comercializa simplemente compactado y cuando se le ha realizado el proceso de peletizado, esta diferencia de precios se consultó en los mercados más cercanos al municipio de Quinchía, procurando que los canales de comercialización sean los más indicados y convenientes.

6.1. DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS PROCESOS

Después de proponer dos posibles distribuciones de la planta de tratamiento de plástico en el relleno sanitario, el gerente de las Empresas Públicas Municipales de Quinchía decide que la mejor distribución es la opción dos, cuya propuesta abarca gran área de la planta disponible e incluye el área de un terreno adyacente a la planta física actual. El plano de planta propuesto se presentó previamente en la Figura 4. “Distribución de la planta de reciclaje de plástico para el relleno sanitario del municipio de Quinchía, Propuesta 2”.

En esta propuesta se presenta una distribución total del relleno sanitario de Quinchía empezando con la zona de separación de material proveniente del vehículo recolector, el cual llega con todo tipo de material reciclable (cartón, vidrio, plástico y metales); en las zonas de color naranja se han representado los espacios en los cuales transita y descansa el personal de la planta; en las zonas indicadas de color verde se dispone el material recolectado. Existen dos zonas principales que son las zonas de almacenaje previo y posterior al tratamiento del plástico, estas zonas abarcan gran área ya que debido a la poca oferta semanal

de plástico se propone hacer el tratamiento mensualmente y en dichas zonas almacenar lo que se acumule semanalmente.

En este plano también se encuentran en color verde, las pequeñas zonas para ubicar los diferentes materiales como: PET, PVC, PP, PEAD, PEBD, PS, etc. Semanalmente (el día de recolección) en cada zona, serán dispuestos todos los materiales seleccionados por el personal encargado y posteriormente se llevarán a la zona de almacenaje previo hasta acumular los residuos plásticos necesarios para poner en marcha la maquinaria recuperada y la que más adelante se adquiera.

Se propone trabajar con la maquinaria cada cuatro semanas ya que la oferta de plástico en este tiempo, tiene una oscilación entre 1100Kg y 1400Kg según los datos estadísticos de la empresa y los registros de venta. En donde el PET puede tener una variación entre 450Kg y 600Kg en las cuatro semanas; en este orden, le sigue el PEAD con una variación entre 250Kg y 350Kg; el PEBD con una oscilación entre 150Kg y 250Kg y finalmente el PP y PVC con producciones tan bajas que varían entre 60Kg y 120Kg en este mismo tiempo.

Se debe tener en cuenta que para comercializar eficientemente los residuos transformados, estos deben ser separados e intervenidos cuidadosamente, ya que las ganancias del proyecto dependen de la calidad de los materiales transformados y actualmente las Empresas Públicas Municipales de Quinchía comercializan todos los productos sin lavarlos, sólo los compactan y los venden a un precio de \$150/Kg, mientras que al implementarse el proyecto, se podrían conseguir precios de venta del PEAD y del PEBD de color blanco en estado peletizado a \$2.250/Kg y multicolor a \$2.100/Kg.

Para entregar una visión mucho más clara de la viabilidad del proyecto, se anexa un cuadro donde se hace un comparativo entre los diferentes precios de venta de los productos peletizados y los precios a los cuales se comercializan los productos actualmente según comerciantes del municipio de Pereira y municipios aledaños, con el fin de dar a conocer las ganancias adquiridas en caso de implementarse el proyecto.

Tabla 2. Cálculo de posibles ganancias.

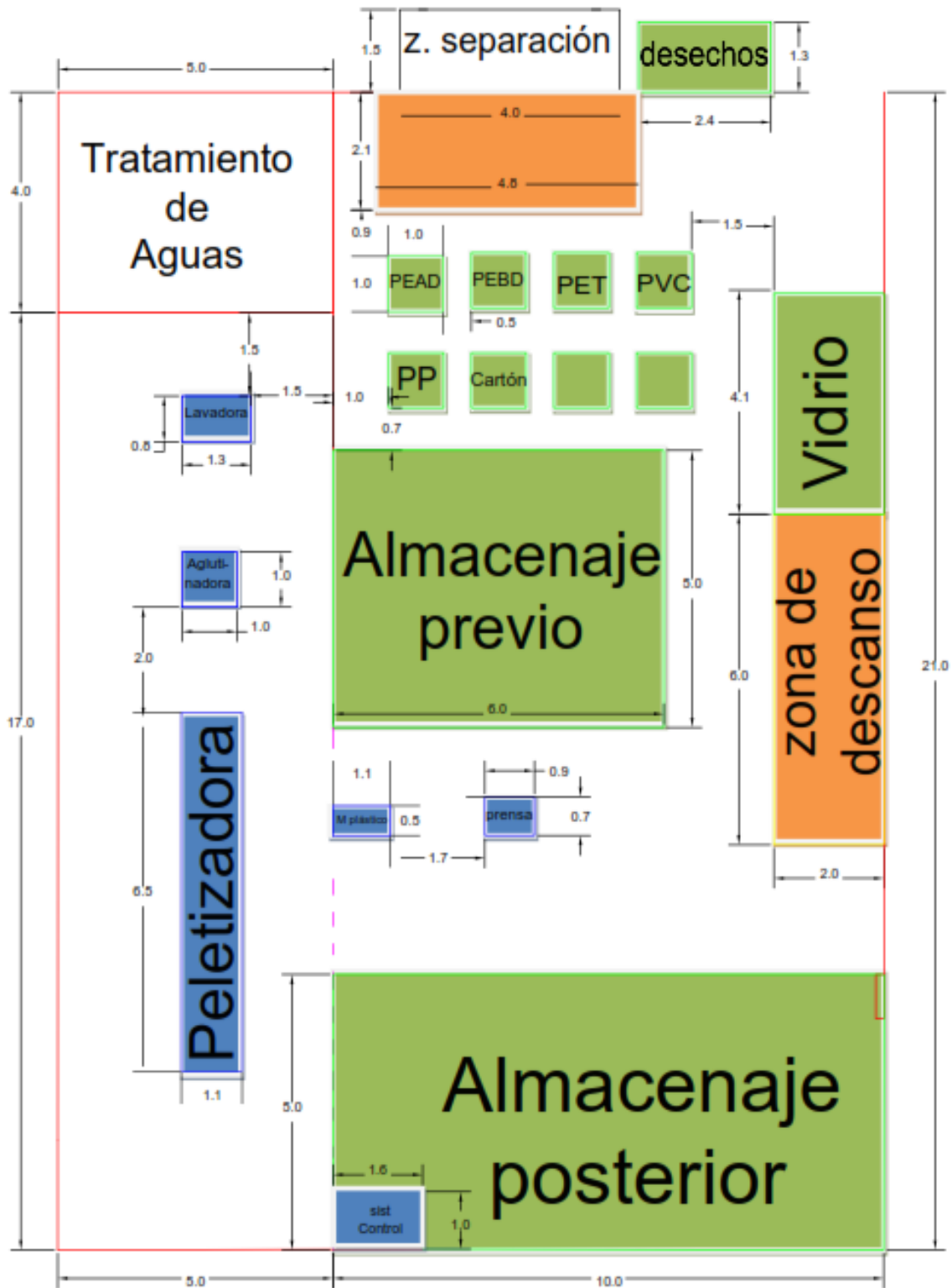
PRODUCTO	PRECIO ACTUAL/Kg	PRECIO PELLET/Kg	DIFERENCIA EN PESOS	DIFERENCIA EN PORCENTAJE	PROMEDIO DE Kg/mes	GANANCIA ACTUAL	GANANCIA CON PELLET
PEAD blanco	150	2250	2100	93,3	250	37500	562500
PEAD color	150	2100	1950	92,9	90	13500	189000
PEBD blanco	150	2200	2050	93,2	180	27000	396000
PEBD color	150	2000	1850	92,5	80	12000	160000
PP	150	1800	1650	91,7	80	12000	144000
PET	150	1500	1350	90,0	600	90000	900000
PVC	150	1200	1050	87,5	120	18000	144000
TOTAL GANANCIA EN PESOS						210000	2495500

Con respecto a la ubicación de la maquinaria, se tiene en cuenta el área contigua a la ubicación actual del relleno para ubicar la lavadora enseguida del depósito de material recolectado, con el fin de ahorrar tiempo y trabajo a la hora de trasladarlo; también se tiene en cuenta esta ubicación para instalar los tanques de tratamiento de agua a la salida de la lavadora con el fin de tener recirculación, ahorro de agua y menor daño ambiental.

La aglutinadora de plástico, encargada de tratar el PEAD, el PP y el PEBD después de ser lavado, se ubica en la misma zona y a una distancia prudente de la lavadora para que los operarios no tengan problemas al desplazarse. La extrusora-peletizadora, encargada de transformar el material aglutinado en pellet se ubica enseguida de la aglutinadora y mucho más cerca de la zona de almacenaje posterior para poder acumular el material peletizado hasta su venta.

El sistema de control se ubica cerca de las líneas de tensión que entran al relleno sanitario, mientras que el molino de plástico también se ubica contiguo a la zona de almacenaje previo pero en la zona actual de la planta física, con el fin de ahorrar tiempo a la hora de trasladar el PVC y el PET desde esta zona hasta el molino; finalmente se ubica la prensa o compactadora, contigua al molino de plástico para compactar los diferentes materiales en un volumen determinado y así, poderlos almacenar en la zona de almacenaje posterior hasta su venta.

Figura 5. Propuesta final de distribución de la planta de reciclaje de plásticos para el relleno sanitario del municipio de Quinchía, Rda.



6.2 INVERSIÓN INICIAL

A continuación se hace entrega de la inversión inicial que debería hacerse para asegurar el funcionamiento adecuado del proyecto, teniendo en cuenta toda la maquinaria nueva y los implementos eléctricos para el buen funcionamiento de los motores; en esta cotización se recomiendan los mejores productos según las cotizaciones recibidas y teniendo en cuenta el recorrido y seriedad de cada uno de los fabricantes o proveedores.

Tabla 3. Cálculo de la inversión inicial.

cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
1	Extrusora-Peletizadora Dinaplast 50MMx1500MM	38.000.000	38.000.000
1	Arrancador estrella triangulo en cofre con interruptores de 7.5 hp (5.6kw) / 220v regulación del relé térmico 9-13 A marca Schneider	818.000	818.000
1	Arrancador estrella triangulo en cofre con interruptores de 20 hp (14.9kw) / 220v regulación del relé térmico 23-32 A marca Schneider	950.000	950.000
1	Arrancador estrella triangulo en cofre con interruptores de 10 hp (7.5kw) / 220v regulación del relé térmico 12-18 A marca Schneider	835.500	835.500
110	Metro de alambre CENCELSA calibre 12 para alimentar lavadora, peletizadora y molino	900	99.000
70	Metro de alambre CENCELSA calibre 10 para alimentar compactadora y aglutinadora	1.300	91.000
1	Tanque de 5 m ³ para tratamiento de aguas	370.000	370000
33	Teja transparente HJoupr para cubrir el nuevo terreno	37.000	1221000
22	Perfil 3x 1 1/2" C. 20 por 6 m	27.000	594000
TOTAL			42.978.500

6.3 COSTOS

Al igual que todos los procesos industriales, este también tendrá costos importantes que se deben analizar, como los costos por consumo eléctrico, por mano de obra y por transporte de materiales procesados.

Obviamente en el sostenimiento del proceso se generarán costos de mantenimiento e imprevistos que por ahora no pueden calcularse a falta del plan de mantenimiento y de experiencia en dicho proceso; por lo que se anexa una tabla donde se indican los costos a causa del consumo eléctrico de los motores.

6.3.1 Costos por consumo eléctrico. Para este caso solo se tienen en cuenta los costos por consumo eléctrico activo, ya que los costos por consumo de potencia reactiva no serían relevantes puesto que los equipos operarían unas pocas horas al mes, es decir; no generarían pérdidas considerables a la red eléctrica con tan poco tiempo de trabajo.

Tabla 4. Costos por consumo eléctrico

Maquina	Potencia Kw	Horas de trabajo/m	Precio Kw industrial	Costo Kwh/mes
Lavadora	3	12	422	15192
Aglutinadora	12,6	12	422	63806
M. plástico	4,9	12	422	24814
Peletizadora	12	12	422	60768
Compactadora	6,6	12	422	33422
TOTAL				198002

6.3.2 Costos por mano de obra. Uno de los costos más importantes que tiene que asumir cualquier empresa es el de la mano de obra. Por cada empleado la empresa debe pagar una importante suma que es necesario tener clara para poder hacer un correcto presupuesto.

Si se contrata un empleado para pagarle un salario mínimo legal vigente del año 2014, se deben tener en cuenta aspectos económicos adicionales como salud, pensión, auxilio de transporte y parafiscales; para tener una apreciación más clara de los costos por mano de obra se anexa la siguiente tabla.

Tabla 5. Costos por mano de obra

Concepto		Valor
Salario mínimo base		616.000
Auxilio de transporte		70.500
Riesgos profesionales	2,44%	15.030
Cesantías	8,33%	51.313
Int a las Cesantías	1,00%	6.160
Prima de Servicios	8,33%	51.313
Vacaciones	4,17%	25.687
salud	8,50%	52.360
Pensión	12,00%	73.920
Parafiscales	9,00%	55.440
Costo Total		1'017.723

Además del costo al contratar este nuevo trabajador, debe tenerse en cuenta el costo diario que debe adicionarse a todos los trabajadores por concepto de “costos operacionales por ruta selectiva”, ya que todos los 14 operarios que trabajan actualmente tienen contacto directo con los materiales que se van a seleccionar y a transformar posteriormente.

Por este concepto se tendría un costo adicional y se calcula multiplicando el número de operarios que intervengan con el proceso en su tiempo de duración por el precio de un día de trabajo.

$$\text{Costo diario por operario} = \frac{\$1017723}{30 \text{ días}} = \$33.924/\text{dia}$$

$$N^{\circ} \text{ de operarios} \times \text{costo diario} = \text{costo por ruta selectiva} = 15 \times 33924 = 508860$$

Lo que indica que el costo total por mano de obra al implementarse el proyecto sería de \$ 1'526.583

6.3.3 Costos de transporte. Actualmente los productos recolectados son transportados a la ciudad de Anserma (Caldas), pero los costos de transporte son

asumidos por el comprador; en caso de implementarse el proyecto, estos costos deberían ser asumidos por el vendedor según los compradores consultados en la ciudad de Pereira.

Para el cálculo de este costo se consultaron diferentes transportadores de carga y coinciden en que el costo por transportar una tonelada de plástico desde Quinchía hasta Pereira tendría un costo de \$100.000.

6.4 RECOMENDACIÓN FINAL

Después del mantenimiento correctivo que se le realizó a la maquinaria existente en el relleno sanitario de Quinchía; después de la recomendación de la peletizadora de plástico, del análisis de la inversión inicial necesaria para poner en marcha el proyecto, de los costos mensuales que tendría el proceso de transformación y aprovechamiento del plástico en el relleno sanitario de Quinchía, pero especialmente después de dar a conocer las posibles ganancias que se obtendrían al implementarse el proceso.

Se recomienda llevar a cabo el proceso de transformación del plástico en el relleno sanitario de Quinchía, ya que se tendrían ganancias mensuales superiores a las actuales; se crearía un nuevo puesto de trabajo para la comunidad de Quinchía, que también podría contribuir en oficios varios mientras no se esté haciendo la transformación al plástico recolectado; además de que la empresa seguiría contribuyendo con la conservación y mejoramiento del medio ambiente, consolidando así, su gran prestigio a nivel regional y nacional.

Como se mencionó anteriormente, al implementarse el proyecto en condiciones constantes de oferta de plástico, precio de cada uno de los productos y mientras los costos analizados se conserven, se podrían obtener mayores utilidades como se muestra a continuación.

Tabla 6. Utilidades mensuales

Ganancias totales mensuales	2495500
costos totales mensuales	1824600
TOTAL DE UTILIDADES MENSUALES	670900

Según las utilidades mensuales que se tendrían, y suponiendo que la empresa cuenta con el dinero para la inversión inicial, dicho dinero se podría recuperar en poco tiempo, como se muestra a continuación.

$$\textit{Tiempo de recuperación} = \frac{\textit{Inversion Inicial}}{\textit{utilidades mensuales}}$$

$$\textit{Tiempo de recuperación} = \frac{\$ 42.978.500}{\$670.900/\textit{mes}} = 64\textit{meses}$$

El proyecto se demoraría 64 meses en arrojar utilidades netas pero se considera que no es demasiado tiempo ya que el proceso de transformación del plástico se haría una vez al mes.

Un factor muy importante para tener en cuenta es la contribución social al municipio ya que al implementarse la planta de reciclaje se crearía un nuevo puesto de trabajo para los quinchieños y la empresa estaría aportando notablemente al mejoramiento y cuidado del medio ambiente de la región y en especial del municipio.

7. CONCLUSIONES

- Se necesita conocimiento de cada uno de los sistemas y elementos de la maquinaria para entregar un diagnóstico adecuado y posteriormente, un correcto mantenimiento.
- Para asegurar la sostenibilidad del proceso de transformación del plástico, debe asegurarse el correcto mantenimiento de toda la maquinaria.
- Al implementar el proceso de transformación del plástico en el relleno sanitario de Quinchía se reduce en gran proporción el deterioro ambiental de la región y en especial del municipio.
- El proyecto arrojaría utilidades superiores a las calculadas si el proceso de separación se hace más riguroso y los precios de los productos se mantienen constantes o aumentan.
- Si la empresa no invierte adecuadamente parte de su presupuesto en el mantenimiento de toda la maquinaria, en un futuro se generarán más costos e incluso pérdidas a la hora de transformar el plástico recolectado
- Se crea un nuevo puesto de trabajo para la comunidad del municipio de Quinchía

8. RECOMENDACIONES

- Implementar el proyecto lo más pronto posible para generar un nuevo empleo en el municipio de Quinchía.
- Capacitar correctamente el personal encargado de separar el material recolectado semanalmente, con el fin de reducir en gran cantidad muchos de los materiales que aún se sepultan.
- Contratar una persona quien realice un plan de mantenimiento eficiente y acorde a las necesidades del proceso y de la maquinaria.
- Adquirir la herramienta y los instrumentos adecuados para realizar el correcto mantenimiento de toda la maquinaria.
- Asegurar la comercialización de los productos transformados y así asegurar las utilidades mensuales.
- Buscar ayuda en la alcaldía y la gobernación departamental para conseguir recursos que ayuden a reducir la inversión inicial.

BIBLIOGRAFÍA

DINAPLAST GM Ltda. Página Web versión HTML.4.0. Villavicencio. 2013. [citado 14 de septiembre de 2013]. Disponible en internet: <http://www.dinaplast.com>.

Empresas públicas Municipales de Quinchía E.S.P., Control Relleno 2012.

GRUPO MARIO BRAVO. Recuperación de materiales plásticos [en línea]. Página Web versión HTML 4.0. Ecuador, DC. [Citado el 22 de febrero de 2013]. Disponible en: <http://www.grupomariobravo.com/reciplasticos/quienes.html>

GRUPO CIELO. Solución integral a las necesidades de manejo de residuos [en línea]. Página Web versión HTML 1.0. Managua, Nicaragua [citado el 26 de febrero de 2013]. Disponible en: <http://www.cielogroup.net>

GRUPO SIMPLEX. Acopio de material plástico reciclable [en línea]. Página Web versión HTML. Monterrey, N.L. México. [Citado el 30 de agosto de 2013]. Disponible en: <http://www.quiminet.com/shr/es/grupo-simplex-86161356.htm>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Referencias bibliográficas. Contenido, forma y escritura. Bogotá, D.C. ICONTEC, (NTC 1486). 2008. 33p.

ORG. EL RECICLAJE. Reciclaje y disposición final del plástico. [En línea]. Página Web versión HTML. Madrid, España [citado el 26 de febrero de 2013]. Disponible en: <http://elreciclaje.org/content/reciclaje-de-pl%C3%A1stico>

RICHARDTON Y LAKENSGARD. Industria del plástico, Plástico Industrial. Traducido por Antonio Rincón Córcoles. Madrid, España. EDICIONES PARANINFO, S.A. 1999, 600 p.

SALIH O. DUFFUAA; et al. SISTEMAS DE MANTENIMIENTO Planeación y control. México: Limusa Wiley. 2007, 420 p.

Servicio Nacional de aprendizaje SENA. Introducción a los materiales plásticos [pdf]. Santiago de Cali, 2005. 18 pdfs.