

**FORMULACIÓN DE MEJORAS PARA EL PROCESO TÉCNICO-
OPERATIVO DE LA PLANTA DE RESIDUOS SÓLIDOS APROVECHABLES
LA ALQUERÍA UBICADA EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERA
AMBIENTAL**

AUTOR:

VANESSA FERNANDA PARRA MEJIA

DIRECTOR:

DAVID ORJUELA YEPES
MAGÍSTER EN TECNOLOGIA AMBIENTAL

**FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
DICIEMBRE 2015**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	10
2. OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	11
3. MARCO DE REFERENCIA.....	12
3.1 MARCO CONCEPTUAL.....	12
3.2 MARCO CONTEXTUAL	14
3.2.1 Centro de reciclaje La Alquería	14
3.2.2 Localización.....	15
3.2.3 Características Socioeconómicas	16
3.3 MARCO TEÓRICO	16
3.3.1 Programa Basura Cero.....	16
3.3.2 Plantas de aprovechamiento de Residuos Sólidos.	17
3.3.3. Descripción y usos de los residuos sólidos.	19
3.3.4 Utilización de estaciones de separación y aprovechamiento	20
3.3.5 Requisitos mínimos para los centros de clasificación y aprovechamiento.	20
3.3.6 Minimización de Impactos Ambientales en las Estaciones de Separación y aprovechamiento o en las Estaciones de Transferencia.	21
3.4 MARCO LEGAL.....	23
4. METODOLÓGIA.....	25
4.1 FASE 1 – DIAGNÓSTICO	25

4.1.1	Revisión Bibliográfica	25
4.1.2	Determinación del estado actual de la planta	26
4.1.3	Aplicación de listas de chequeo	26
4.1.4	Caracterización física de los residuos.	27
4.1.5	Cuantificación de residuos.	27
4.2	FASE 2 – OPTIMIZACIÓN.....	28
4.2.1	Evaluación y selección de tecnologías	28
4.2.2	Determinación capacidad de producción en las áreas del proceso.....	29
4.2.3	Descripción de operaciones para el proceso de la planta.	30
4.2.4	Determinación áreas de trabajo necesarias.	30
4.2.5	Elaboración de la distribución de planta.	30
4.2.6	Desarrollo del diagrama de flujo del proceso.	32
4.3	FASE 3 – ETAPA FINAL DEL PROYECTO	32
5.	RESULTADOS	33
5.1	ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA.....	33
5.1.1	Entrevista personal operativo	67
5.1.2	Listas de Chequeo.....	33
5.1.3	Área física actual de la Planta de reciclaje La Alquería	34
5.1.4	Descripción del Proceso.....	42
5.1.5	Caracterización física de los residuos seleccionados en la Planta.....	43
5.1.6	Cuantificación de los residuos	45
5.2	OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE ALMACENAMIENTO, SEPARACIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS APROVECHABLES EN LA PLANTA LA ALQUERIA.....	53
5.2.1	Evaluación de tecnologías según costo beneficio	53

5.2.2 Capacidad de producción en áreas del proceso.	66
5.2.3 Descripción de operaciones para el proceso de la planta.	67
5.2.4 Determinación de las áreas de trabajo necesarias.....	71
5.2.5 Elaboración de la distribución de planta.	72
5.2.6 Desarrollo del diagrama de flujo del proceso	75
5.3 Presupuesto de inversión.	78
6. CONCLUSIONES.....	79
7. RECOMENDACIONES	80
8. BIBLIOGRAFÍA	82

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1: Planta de Reciclaje La Alquería.....	15
Ilustración 2: Localización Planta de Reciclaje La Alquería	16
Ilustración 3: Fases de la metodología	25
Ilustración 4: Formato para realizar un diagrama SLP.....	31
Ilustración 5: Diagrama de hilos.....	32
Ilustración 6: Plano Planta de Reciclaje La Alquería.....	34
Ilustración 7 : Almacenamiento de residuos seleccionados	35
Ilustración 8: Zona de descarga.....	36
Ilustración 9 : Sistema de pesaje de la planta.....	37
Ilustración 10: Contenedor residuos de rechazo.....	37
Ilustración 11: Vectores en la planta	38
Ilustración 12: Pisos y paredes de la planta.....	39
Ilustración 13 : Maquina compactadora	39
Ilustración 14: Descripción proceso Planta de Reciclaje La Alquería	42
Ilustración 15: Banda transportadora	54
Ilustración 16: Prensa Hidráulica	55
Ilustración 17: Lavadora de Plástico	57
Ilustración 18: Molino con martillos	57
Ilustración 19: Balanza y Registro.....	58
Ilustración 20: Montacargas manual	58
Ilustración 21: Matriz de Correlación entre actividades.....	73
Ilustración 22: Diagrama de Hilos.	74
Ilustración 23: Plano Planta de Reciclaje La Alquería.....	75
Ilustración 24: Diagrama conceptual del Proceso de Reciclaje en la planta La Alquería.	76
Ilustración 25: Diagrama de flujo proceso operativo de la planta.....	77

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Estándares de calidad de residuos	18
Tabla 2. Descripción de los residuos sólidos.	19
Tabla 3: Normatividad aplicable al proyecto	23
Tabla 4: Normatividad aplicada para las listas de chequeo	27
Tabla 5: Proveedores de maquinaria para reciclaje	29
Tabla 6: Simbología y códigos de razones del método SLP	31
Tabla 7: Resultados entrevistas operarios Planta de Reciclaje la Alquería	68
Tabla 8: Precio del material comercializado en La Planta la Alquería	69
Tabla 9: Registro fotográfico de residuos seleccionados en la planta la Alquería .	43
Tabla 10 : Cuantificación residuos Planta la Alquería Semana 1.....	45
Tabla 11: Cuantificación residuos Planta la Alquería Semana 2.....	47
Tabla 12 : Cuantificación de residuos por semana - mes	48
Tabla 13: Cuantificación de residuos Planta la Alquería al año.	51
Tabla 14: Ventajas y desventajas de métodos para el lavado de plástico	56
Tabla 15: Requerimientos Técnicos Maquinaria	59
Tabla 16: Selección de maquinaria para la planta La Alquería	60
Tabla 17: Descripción específicas de las actividades	70
Tabla 18: Base de cálculo para cada una de las áreas de operación de la planta	72
Tabla 19: Presupuesto de inversión en la planta de reciclaje La Alquería.	78

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1: Cantidad diaria de residuos sólidos seleccionados.	46
Gráfica 2: Cantidad diaria de residuos sólidos seleccionados.	47
Gráfica 3: Cantidad de residuos sólidos seleccionados semanal en la planta	49
Gráfica 4: Cantidad por clase de residuos seleccionados semanalmente	50
Gráfica 5: Cantidad de residuos seleccionados mensual	52
Gráfica 6: Cantidad por clase de residuos seleccionados mensual	53

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, abuelos por su apoyo y comprensión durante esta etapa de mi formación académica, a mis demás familiares y amigos que de una u otra manera contribuyeron en que lograra finalizar con éxito este proyecto.

Vanessa Fernanda Parra Mejía

RESUMEN

En la localidad de Kennedy se encuentra localizada la planta de reciclaje La Alquería, allí se realizan actividades de reciclaje para el total aprovechamiento del material potencialmente reciclable y su posterior comercialización, teniendo como mano de obra recicladores pertenecientes a las asociaciones legalmente conformadas para dicho fin.

El principal problema presentado en la planta es la inexistencia de maquinaria eficiente para un adecuado proceso, generando la acumulación de residuos dispuestos a aprovechar y disminuyendo la cantidad de residuos seleccionados semanalmente, por tal razón se realizó la formulación de mejoras para el proceso técnico operativo con el fin de aumentar la capacidad productiva, mejorar las condiciones laborales y los ingresos generados por la comercialización de dichos residuos.

Para dar el cumplimiento al objetivo planteado se realizaron salidas de campo, aplicación de listas de chequeo, observación directa, caracterización, cuantificación de los residuos y entrevistas en las instalaciones con el objetivo de desarrollar el mejoramiento de los procesos de almacenamiento, separación y tratamiento de los residuos aprovechables en la planta La Alquería, involucrando criterios ambientales y de seguridad industrial.

Con el diagnóstico inicial en la planta, se identificaron falencias en todo el proceso operativo, desde el descargue y recepción de residuos hasta su comercialización y disposición final, para ello se realizó la optimización de maquinaria en las operaciones de selección y clasificación, lavado y secado de vidrio, trituración de vidrio y compactado posteriormente se determinó su distribución mediante el método SLP (planeación sistemática de la distribución en planta), y de esta manera brindar condiciones adecuadas para los operarios en la ejecución de sus actividades.

1. INTRODUCCIÓN

El manejo de los residuos sólidos domiciliarios se ha caracterizado por presentar debilidades en cuanto a operatividad institucional, ausencia de planificación, control, vigilancia y déficit en la implementación de herramientas para el aprovechamiento de los residuos generados en la ciudad, convirtiéndose en una de las principales problemáticas ambientales de Bogotá [1]. Con el fin de dar solución a esta problemática, la Alcaldía Mayor de Bogotá implementó el programa BASURA CERO, el cual hace parte del Plan Distrital de Desarrollo Económico, ambiental y de políticas públicas para el periodo 2012-2016, cuyo objetivo es reducir y minimizar los impactos generados por los residuos sólidos domiciliarios, mediante un cambio cultural, educativo y el establecimiento de nuevas políticas públicas sobre el manejo de residuos, a partir de la cultura de separación en la fuente, aprovechamiento, reutilización, y reciclaje de los bienes de consumo [2].

Para tal fin la alcaldía estructuró centros de acopio de material aprovechable, uno de ellos es el Centro de Reciclaje La Alquería objeto de estudio del presente proyecto, que según la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) declara que existen debilidades en su proceso que incluyen operaciones de recolección, separación, clasificación y almacenamiento [3], por tal razón el principal objetivo de trabajo es formular mejoras al proceso técnico-operativo de la planta, a través de la realización del diagnóstico actual y la optimización de las operaciones de separación y almacenamiento.

La formulación de mejoras al proceso técnico operativo de la planta de aprovechamiento de residuos sólidos La Alquería es de gran importancia para aumentar la capacidad de aprovechamiento de los residuos, teniendo en cuenta que gran cantidad de estos son clasificados como residuos de rechazo y posteriormente son transportados directamente al relleno sanitario Doña Juana. Dadas las condiciones técnicas y operativas con las que cuenta actualmente la planta es necesaria la formulación de mejoras para aumentar la capacidad de recolección de residuos, disminuir el porcentaje de rechazo y optimizar el desarrollo en las diferentes etapas del proceso.

Como resultado principal se determinó que la planta de reciclaje aumentará en un 77% su capacidad de selección, incrementando la cantidad de residuos aprovechables y comercializables al día, además la maquinaria formulada brindará seguridad en las condiciones laborales de los operarios. Sin embargo se recomienda a la administración de la planta ejecutar programas de educación ambiental en materia de reciclaje en los edificios y conjuntos donde se realiza la recolección de residuos por parte de las rutas selectivas para que así la población identifique las características del material aprovechable y disminuir las cantidades de residuos de rechazo almacenados en la planta.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL.

Formular mejoras al proceso técnico-operativo de la planta de residuos sólidos aprovechables la Alquería ubicada en la ciudad de Bogotá D.C

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Realizar un diagnóstico de la actual situación técnico-operativa de la planta de aprovechamiento de residuos sólidos La Alquería.
- Mejorar los procesos de almacenamiento, separación y tratamiento de los residuos aprovechables en la planta la Alquería, involucrando criterios ambientales y de seguridad industrial.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 MARCO CONCEPTUAL

Almacenamiento de residuos sólidos: “es la acción del usuario de guardar temporalmente los residuos sólidos en depósitos, recipientes o cajas de almacenamiento, retornables o desechables, para su recolección por la persona prestadora con fines de aprovechamiento o de disposición final” [4].

Aprovechamiento: “es la actividad complementaria del servicio público de aseo que comprende la recolección de residuos aprovechables separados en la fuente por los usuarios, el transporte selectivo hasta la estación de clasificación y aprovechamiento o hasta la planta de aprovechamiento, así como su clasificación y pesaje” [4].

Báscula: “instrumento técnico de medida mecánico o electrónico debidamente calibrado y certificado por la entidad competente, acorde con las normas vigentes que regulan la materia, para determinar el peso de los residuos sólidos” [5].

Centro de reciclaje: “un centro de reciclaje es una infraestructura donde se hace la recepción del Material Potencialmente Reciclable (MPR) que es recogido por una Ruta de Recolección donde posteriormente se separa, clasifica, almacena, transforma y comercializan los materiales reciclables” [5].

Compactación: “proceso de por unidad normalmente utilizado para incrementar el peso específico (densidad en unidades métricas) de materiales residuales para que puedan ser almacenados y transportados más eficazmente” [5].

Estación de clasificación y aprovechamiento: “son instalaciones técnicamente diseñadas con criterios de ingeniería y eficiencia económica, dedicadas al pesaje y clasificación de los residuos sólidos aprovechables, mediante procesos manuales, mecánicos o mixtos y que cuenten con las autorizaciones ambientales a que haya lugar” [4].

Gestión integral de residuos sólidos: “es el conjunto de actividades encaminadas a reducir la generación de residuos, a realizar el aprovechamiento teniendo en cuenta sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento con fines de valorización energética, posibilidades de aprovechamiento y comercialización. También incluye el tratamiento y disposición final de los residuos no aprovechables” [4].

Polietileno alta densidad: “es un polímero de la familia de los polímeros olefínicos, como el polipropileno y los polietilenos. Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno. Se designa como HDPE (por sus siglas en inglés, High Density Polyethylene) o PEAD, polietileno de alta densidad. Este material se encuentra en envases plásticos desechables” [6] .

Polietileno de baja densidad: “es un polímero de la familia de los polímeros olefínicos, como el polipropileno y los polietilenos. Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno. Se designa como LDPE (por sus siglas en inglés, Low Density Polyethylene) o PEBD, polietileno de baja densidad” [6].

Reciclador de oficio: “Es la persona natural o jurídica que se ha organizado de acuerdo con lo definido en el artículo 15 de la Ley 142 de 1994 y en este decreto para prestar la actividad de aprovechamiento de residuos sólidos” [4] .

Reciclar: “proceso mediante el cual se aprovecha y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos” [4].

Recolección y transporte de residuos aprovechables: “son las actividades que realiza la persona prestadora del servicio público de aseo consistente en recoger y transportar los residuos aprovechables hasta las estaciones de clasificación y aprovechamiento” [4] .

Relleno Sanitario: “lugar técnicamente diseñado para la disposición final controlada de los residuos sólidos, sin causar peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería. Confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de residuos, cobertura diaria de los mismos, control de gases y lixiviados, y cobertura final” [4].

Residuo Sólido: “es cualquier objeto, material, sustancia o elemento principalmente sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador presenta para su recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo. Igualmente, se considera como residuo sólido, aquel proveniente del barrido y limpieza de áreas y vías públicas, corte de césped y poda de árboles. Los residuos sólidos que no tienen características de peligrosidad se dividen en aprovechables y no aprovechables” [4].

Residuo Sólido Aprovechable: “es cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso para quien lo genere, pero que es susceptible de aprovechamiento para su reincorporación a un proceso productivo” [4].

Residuos De Rechazo: “material que ha sido mezclado con materia orgánica lo que no permiten su posterior aprovechamiento” [4].

Reutilizar: “prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos sólidos recuperados y que mediante tratamientos mínimos devuelven a los materiales su posibilidad de utilización en su función original en alguna relacionada, sin que para ello requieran de adicionales procesos de transformación” [4].

Ruta De Recolección Selectiva: “rutas de recolección del material potencialmente reciclable, desarrolladas por los concesionarios de aseo” [4].

Seguridad y salud ocupacional (S y SO): “condiciones y factores que afectan o pueden afectar la salud y la seguridad de los empleados u otros trabajadores (incluidos los trabajadores temporales y personal por contrato), visitantes o cualquier otra persona en el lugar de trabajo” [7].

Separación en la fuente: “es la clasificación de los residuos sólidos, en aprovechables y no aprovechables por parte de los usuarios en el sitio donde se generan, de acuerdo con lo establecido en el PGIRS, para ser presentados para su recolección y transporte a las estaciones de clasificación y aprovechamiento, o de disposición final de los mismos, según sea el caso” [4].

Sistema de pesaje: “es el conjunto ordenado y sistemático de equipos, elementos y maquinaria que se utilizan para la determinación certera del peso de los residuos objeto de gestión en una o varias de las actividades del servicio público de aseo y que proporciona información con datos medibles y verificables” [4].

Vectores: “organismos, generalmente insectos o roedores, que transmiten enfermedades. Medio de transmisión de un patógeno de un organismo a otro” [6].

Vehículo recolector: “vehículo empleado en las actividades de recolección de los residuos sólidos en los sitios de generación y en su transporte hasta las estaciones de aprovechamiento y estaciones de transferencia o hasta el sistema de disposición final” [4].

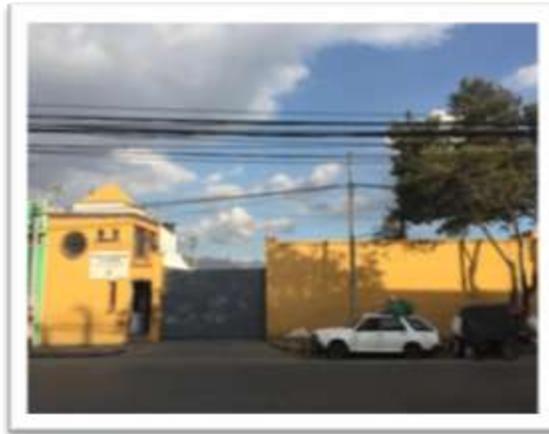
3.2 MARCO CONTEXTUAL

3.2.1 Centro de reciclaje La Alquería

El Centro de Reciclaje La Alquería es una infraestructura del Distrito donde se hace la recepción del Material Potencialmente Reciclable (MPR) recogido por la Ruta de Recolección Selectiva. Es creado en septiembre de 2006 como una medida al cumplimiento del Decreto 312 de 2006 el cual establece el Plan Maestro

Integral de residuos sólidos donde se establece la obligatoriedad de construir parques de reciclaje en Bogotá. En La Alquería se separa, clasifica, beneficia, almacena y comercializan los materiales reciclables. El Centro de Reciclaje pertenece a la Alcaldía Mayor de Bogotá, la cual delegó su administración y operación a la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) [8].

Ilustración 1: Planta de Reciclaje La Alquería

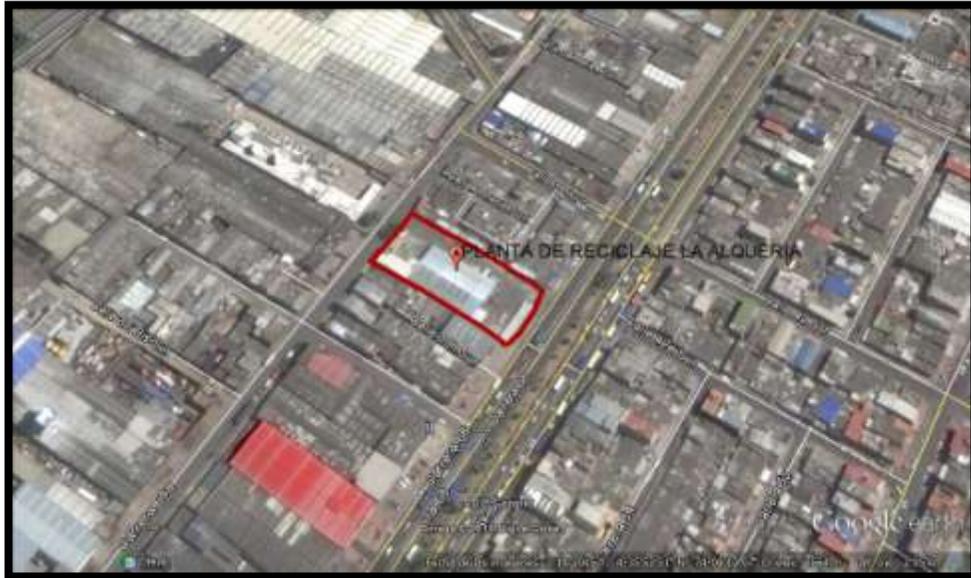


Fuente: Autora

3.2.2 Localización

Está ubicado en el barrio La Alquería La Fragua, en la localidad de Kennedy en la carrera 68 A No. 39 F - 55 sur, esta infraestructura se encarga de recibir, clasificar, almacenar y comercializar con la industria, el material potencialmente reciclable que se recolecta a través de la Ruta de Recolección. [9]

Ilustración 2: Localización Planta de Reciclaje La Alquería



Fuente: Tomado de Google Earth y adaptado por la autora.

3.2.3 Características Socioeconómicas

El sector de la Alquería es conocido por ser uno de los principales abastecedores en materia textil en la ciudad de Bogotá, además de albergar bodegas de material para construcción y algunas pequeñas industrias. Dentro del área de influencia directa de la Planta de Reciclaje La Alquería se estima que un 56% de las actividades que se realizan están representadas entre la industria y el comercio, el 44% restante hace parte del sector residencial. [10]

3.3 MARCO TEÓRICO

3.3.1 Programa Basura Cero

“Basura Cero es un programa y plan de acción, cuyo objetivo es lograr que los residuos sólidos aprovechables no sean enterrados o incinerados, sino reciclados y devueltos al ciclo productivo en un 100% [2]. Basura Cero plantea cambiar la cultura actual de consumo que consiste en “extraer, consumir y descartar” por una cultura del aprovechamiento fundamentada en un consumo responsable, la separación en la fuente, la reutilización, la reparación y el reciclaje de los bienes de consumo. Para que esto sea posible se requiere una participación ciudadana activa [11]. De acuerdo a lo establecido por el Programa Basura Cero este es coordinado por la (UAESP), y la Alcaldía Mayor de Bogotá los cuales

buscan que la ciudadanía bogotana reduzca, separe y aproveche los residuos sólidos. Con esto se pretende eliminar progresivamente la necesidad de un relleno sanitario. Si los residuos que se generan en los hogares, instituciones o trabajos, son separados adecuadamente y se avanza progresivamente en la conformación de un servicio de aseo, pensado en función del aprovechamiento, se podrá reintegrar esta materia prima valiosa al ciclo productivo”.

“Además implica la educación hacia una cultura del consumo consciente y responsable, de la separación de residuos y de su aprovechamiento con lo cual contribuiremos a mejorar el ambiente, alargar la vida útil del relleno sanitario y avanzar en la aplicación de nuevas tecnologías que nos permitan llegar a niveles de desperdicio mínimo”.

“Igualmente este programa busca generar nuevos empleos cada vez más cualificados, al tiempo que incluye y determina el importante trabajo que realizan los 13,776 recicladores que tiene la ciudad; también se trata de fortalecer lo público, aprovechar los recursos que a diario se desechan y prevenir el impacto ambiental relacionado con el mal manejo de los residuos sólidos desde un enfoque global”

Principios básicos de Basura Cero:

- Consumo Consciente y Responsable
- Separación en la fuente
- Dignificación de la labor de los recicladores ambientales. [12]

3.3.2 Plantas de aprovechamiento de Residuos Sólidos.

Las plantas de aprovechamiento de Residuos Sólidos urbanos (RSU), son instalaciones que responden a las necesidades de tratamiento de los flujos de RSU en una población, para evitar su disposición final en rellenos sanitarios o incineración directa. Este tipo de instalaciones, están destinadas a recibir corrientes de residuos que han sido seleccionados en la fuente o residuos mezclados de los cuales se busca extraer aquellos materiales que son susceptibles de aprovechamiento y que son fuente directa de una serie de materias primas recicladas de alta calidad que pueden ser reintroducidas dentro de los ciclos económicos y productivos del país.

Cada material a recuperar debe cumplir con ciertas especificaciones de calidad que son fijadas por las industrias que lo van a utilizar como materia prima. En general, dichos estándares de calidad se relacionan en la tabla 1.

Tabla 1. Estándares de calidad de residuos

MATERIAL	ESTANDAR
Plástico	La industria del plástico solicita una rigurosa selección por tipo de resina y de color. Para el aprovechamiento del material es necesario que no contenga contaminantes como metales, etiquetas de papel y restos de comidas o bebidas.
Papel	Generalmente se establecen especificaciones sobre la densidad del material, porcentaje de humedad y un porcentaje máximo de papeles contaminantes.
Vidrio	Existen especificaciones en cuanto a límites máximos de sustancias contaminantes como polvo, metales y plásticos, entre otros; separación por color y trituración.

Fuente: [13].

De acuerdo a lo anterior, es necesario que durante la planificación y el diseño de instalaciones de recuperación y procesamiento se consideren dichas especificaciones como punto de partida.

Así mismo, el diseño y el tamaño de una instalación para el aprovechamiento de materiales reciclables dependerá de algunas variables como:

- Volumen de residuos manejado durante el proceso.
- Tipo de separación en la fuente y recolección selectiva.
- Categoría de materiales reciclables seleccionados, y el tipo de producto que se desea obtener.
- Mercado para la comercialización tanto de las materias primas recicladas, o de los productos generados.
- Especificaciones de calidad del mercado.
- Seguridad requerida en la planta.

Adicionalmente, es necesario que para la adecuada selección de lugares para la construcción y funcionamiento de las plantas de aprovechamiento se sigan las directrices planteadas dentro de los Planes de Ordenamiento Territorial de cada municipio o distrito, con el fin de evitar dificultades con las comunidades cercanas, y las autoridades ambientales competentes.

Las plantas de aprovechamiento de materiales reciclables cuentan con diferentes áreas y procesos, que pueden ir desde las instalaciones más sencillas, en donde tan sólo se realiza una separación por tipo de material, hasta aquellas en las cuales se logra obtener materias primas recicladas o productos finales hechos a partir de dichas materias primas. El valor de los productos obtenidos en cada tipo de planta se incrementará en cuanto mayor tratamiento se dé a los residuos [13].

3.3.3. Descripción y usos de los residuos sólidos.

En la tabla 2 se describen los materiales recolectados y seleccionados en la planta, su descripción y respectivo uso.

Tabla 2. Descripción de los residuos sólidos.

NOMBRE	DESCRIPCION	USOS
PAPEL	Es un material constituido por pulpa de celulosa (Una pasta de fibras vegetales molidas que se suspenden en agua y que normalmente se blanquean con diferentes productos químicos)	Papel de impresión y escritura.
PAPEL PRENSA	Es dentro de los papeles utilizados para imprimir, el más económico y se presenta en diferentes calidades. Está compuesto por un 70% a 80% de pasta mecánica lo que le otorga la condición de blando.	Papel para periódicos, papeles para la edición de libros, folios, sobres, carpetas, cuadernos.
POLIETILENO TEREFALATO	Es un Poliéster Termoplástico y se produce a partir de dos compuestos principalmente: Ácido Terftálico y Etilenglicol.	Bebidas Carbonatadas, Agua purificada, Aceite, Conservas, Cosméticos, Detergentes y productos químicos, productos farmacéuticos.
ALUMINIO	Es un metal ligero extraído de la bauxita con propiedades que hacen de él un elemento con gran variedad de aplicaciones. De forma natural, genera una capa de óxido que le otorga una gran resistencia a la corrosión.	Latas, papel de envolver, la capa intermedia de envases de tetra pak, láminas para cerrar yogures, medicamentos.
VIDRIO	El vidrio es una materia amorfa las partículas que lo forman están ordenadas al azar, Muy parecido a las de un líquido. Su estado concreto es líquido muy viscoso, llamado VÍTREO, A + t ^a + viscoso, hasta llegar a sólido en frío.	Lentes de gafas, parabrisas de los automóviles, mesas, espejos, botellas, frascos, tarros
POLIPROPILENO	Es un polímero termoplástico formado de enlaces simples carbono-carbono y carbono	Empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y

	hidrógeno, perteneciente a la familia de las poliolefinas.	películas transparentes.
POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD	El polietileno es químicamente el polímero más simple. Se representa con su unidad repetitiva. Es uno de los plásticos más comunes, debido a su alta producción mundial. Es químicamente inerte.	Bolsas de almacén, frascos de champú, juguetes.
TETRA PAK	Es un envase de alta tecnología diseñado para poder conservar líquidos con su frescura por mucho tiempo.	Cajas de leche, cajas de jugo de frutas.
CARTON	Conjunto de hojas superpuestas de pasta de papel que, en estado húmedo, se adhieren unas a otras por compresión y se secan por evaporación.	Industria cosmética, farmacéutica, envases de alimentos congelados de dulces, envases de cereales, juguetes, zapatos.

Fuente: [14]

3.3.4 Utilización de estaciones de separación y aprovechamiento

El objetivo de las estaciones de separación y aprovechamiento consiste en incrementar eficiencia en los procesos de valorización de materiales asociados con la recolección y transporte selectivo de residuos sólidos separados en la fuente. Pueden presentar economías de escala considerables si se analizan combinadamente con la disminución de costos asociados al transporte. Las estaciones de separación y aprovechamiento incorporan valor agregado a los residuos separados en fuente que van hacia procesos de aprovechamiento. Se llevan a cabo actividades de selección más detallada según el tipo de material y procesos de compactación, trituración o granulado para facilitar su transporte a plantas de aprovechamiento y valorización o venta directa.

3.3.5 Requisitos mínimos para los centros de clasificación y aprovechamiento.

Según el Decreto 1077 de 2015 Título 2 Subsección 8 y 9 los centros de clasificación y aprovechamiento deberán cumplir como mínimo con los siguientes requisitos:

- Tener en cuenta para su ubicación los usos del suelo establecidos en las normas de ordenamiento territorial.

- La localización y el número de estaciones de clasificación y aprovechamiento deberá estar sustentada técnicamente en el marco del PGIRS.
- La zona operativa y de almacenamiento de materiales debe ser cubierta y con cerramiento físico con el fin de prevenir o mitigar los impactos sobre el área de influencia.
- Contar con el respectivo diagrama de flujo del proceso incluida la: recepción, pesaje y registro.
- Contar con las siguientes áreas de operación:
 - Recepción.
 - Pesaje.
 - Selección y clasificación.
 - Procesos para materiales aprovechables.
 - Procesos para materiales de rápida biodegradación.
- Contar con instrumentos de pesaje debidamente calibrados de acuerdo con la normatividad vigente.
- Contar con un sistema de ventilación y extracción adecuado, que controle la emisión de olores mediante trampas y sistemas de adsorción.
- Contar con sistema de prevención y control de incendios.
- Contar con sistema de drenaje para el control de las aguas lluvias y escorrentía subsuperficial y sistema de recolección tratamiento de lixiviados cuando sea del caso.
- Contar con las autorizaciones a que haya lugar.
- Las instalaciones deben tener impermeabilización de los pisos y paredes y deben estar construidas en materiales que permitan su aseo, desinfección periódica y mantenimiento mediante lavado.
- Cumplir con las normas de seguridad industrial.
- Estar vinculado al servicio público de aseo como usuario, para efectos de la presentación y entrega de los residuos de rechazo con destino a disposición final. Los residuos entregados al prestador del servicio deberán ser pesados entregando al prestador el registro de las cantidades presentadas [15].

3.3.6 Minimización de Impactos Ambientales en las Estaciones de Separación y aprovechamiento o en las Estaciones de Transferencia.

Con el fin de minimizar los impactos ambientales generados por el diseño, la construcción y la operación de las estaciones de separación y aprovechamiento o

de transferencia, según el título F del (RAS) se debe cumplir con las siguientes obligaciones, entre otras:

- El diseño arquitectónico de la estación de separación y aprovechamiento o de transferencia debe ser completamente cerrado en las áreas de cargue y descargue de residuos.
- Los materiales de construcción de pisos, paredes y techos deben ser de fácil mantenimiento y limpieza.
- Contar con equipos de ventilación y extracción de aire, los cuales deben tener los correspondientes elementos de tratamiento.
- Disponer de equipos para el control de incendios.
- Realizar el control y llevar registro diario de la operación de acuerdo al manual de operación de la estación.
- Disponer, en la estación, de sistemas para el lavado, limpieza, desinfección y fumigación de los vehículos, equipos, herramientas y maquinaria.
- Disponer de sistemas de pretratamiento y/o tratamiento completo de las aguas residuales que genere dando cumplimiento a la normativa ambiental vigente.
- Deben implementarse al menos 3 pozos perimetrales a la estación para el monitoreo de posibles fugas e infiltraciones de aguas residuales, así como para el control y seguimiento de la escorrentía subsuperficial y de las aguas subterráneas. Cada uno de los pozos debe tener al menos una profundidad de 10 metros.

Para la operación de las estaciones se debe contar con los respectivos manuales de operación, de mantenimiento preventivo, de seguridad industrial y de salud ocupacional (SI&SO).

Se deberá disponer de un plan de contingencia que permita el normal funcionamiento de las operaciones de transferencia, en caso de falla o emergencia en el sistema. [4]

3.4 MARCO LEGAL

Tabla 3: Normatividad aplicable al proyecto

NORMA	ELABORADO	DESCRIPCIÓN
Decreto 312 de 2006	Alcaldía Mayor de Bogotá, D. C.	Adopta el Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos para Bogotá Distrito Capital [16].
Decreto 456 de 2010	Alcaldía Mayor de Bogotá, D. C.	Por el cual se complementa el Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos mediante la adopción de las normas urbanísticas y arquitectónicas para la implantación y regularización de bodegas privadas de reciclaje de residuos sólidos no peligrosos, no afectas al servicio público de aseo, en el Distrito Capital" [17].
Decreto 1077 de 2015	Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio	Título 2: Servicio público de Aseo. Subsección 8: Recolección y transporte selectivo de residuos para aprovechamiento. Subsección 9: Estaciones de clasificación y aprovechamiento [15].
Decreto 113 de 2013	Alcaldía Mayor de Bogotá, D. C	Por medio del cual se complementa el Decreto Distrital 312 de 2006, Plan Maestro de Residuos Sólidos, se modifica el Decreto Distrital 456 de 2010, en relación con la adopción de normas urbanísticas y arquitectónicas para la implantación y regularización de bodegas privadas de reciclaje de residuos sólidos no peligrosos no afectas (Sic) al servicio público de aseo, y se dictan otras disposiciones" [18]
GTC 24	ICONTEC	Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente [19].
GTC 35	ICONTEC	Guía para la recolección selectiva de residuos sólidos. Suministra pautas para efectuar una recolección selectiva como parte fundamental en el proceso que permite mantener la calidad de los materiales aprovechables [20].
GTC 53-2	ICONTEC	Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el aprovechamiento de los Residuos plásticos [21].
GTC 53-3	ICONTEC	Gestión ambiental. Guía para el

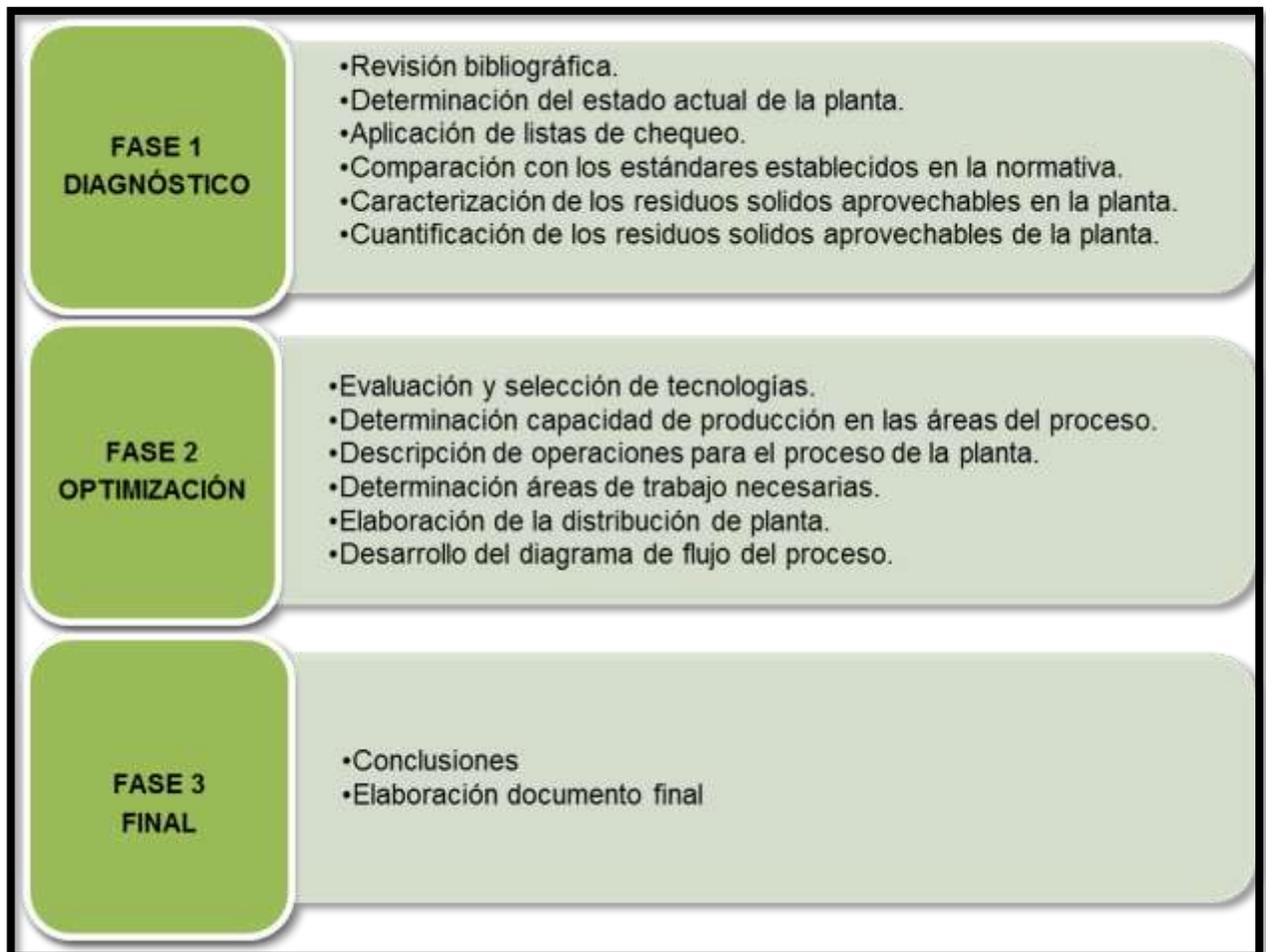
		aprovechamiento de envases de vidrio [22].
GTC 53-4	ICONTEC	Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el reciclaje de papel y cartón [23].
GTC 53-6	ICONTEC	Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el aprovechamiento de residuos de papel y cartón compuestos con otros materiales [24].
GTC 45	ICONTEC	Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional [25]
GTC 53-8	ICONTEC	Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para la minimización de los impactos ambientales de los residuos de envases y embalajes [26].
LEY 1562 DE 2012	CONGRESO DE COLOMBIA	Por la cual se modifica el Sistema de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones en materia de Salud Ocupacional [27].
RESOLUCIÓN 1016 DE 1989	Ministerio de trabajo, seguridad social y salud	Por la cual se reglamenta la organización, funcionamiento y forma de los Programas de Salud Ocupacional que deben desarrollar los patronos o empleadores en el país [28].
NTC OSHAS 18001	ICONTEC	Sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional [7].
Ley 22/2011, de 28 de julio	Gobierno de España	Residuos y suelos contaminados [29]
COM (2005) 666	Comisión Europea	Estrategia temática sobre prevención y reciclado de residuos [30].
Directiva 91/156/CEE	Unión Europea	Del Consejo de 18 de marzo de 1991 por la que se modifica la Directiva 75/442/CEE relativa a los residuos [31] .

Fuente: Autora

4. METODOLÓGIA

El proceso metodológico para la realización de la presente investigación se desarrolló en una serie de actividades como estrategia para dar respuesta a cada uno de los objetivos formulados, en la ilustración 3 se describe su proceso metodológico:

Ilustración 3: Fases de la metodología



Fuente: Autora

4.1 FASE 1 – DIAGNÓSTICO

4.1.1 Revisión Bibliográfica

Se llevó a cabo una revisión bibliográfica de información pertinente sobre la temática: manejo integral de residuos sólidos aprovechables, tecnologías para las plantas de aprovechamiento de residuos y sistemas sostenibles, consultando en libros, revistas científicas y páginas web de entidades como: Ministerio de

Ambiente y Desarrollo Sostenible, Secretaria Distrital de Ambiente y autoridades ambientales territoriales.

4.1.2 Determinación del estado actual de la planta

Para la determinación del estado actual de la Planta de Reciclaje La Alquería se recolectó información secundaria de diferentes fuentes relacionadas con la temática obtenida de libros, sitios web entre otras, seguido de cuatro visitas a las instalaciones donde se recolectó información primaria sobre su manejo, proceso de operación y funcionamiento, esto se llevó a cabo mediante entrevistas al personal administrativo y operativo de la planta, realizando recorridos completos en las instalaciones identificando el flujo del proceso y el tratamiento dado a los residuos recolectados en la planta, además de los principales problemas por los que se ve afectada.

Para el desarrollo de las entrevistas se diseñó un formato de diecisiete preguntas para el subdirector de la planta (ver anexo 1) con el objetivo de obtener información puntual sobre el funcionamiento de la planta: años de funcionamiento, ingresos mensuales, fuentes de financiación, cantidad de residuos que recibe semanalmente, cantidad de residuos rechazados, salario, principales empresas comercializadoras de los residuos que seleccionan, entre otras.

De igual manera se aplicó un formato de entrevista con quince preguntas a los operarios de la planta (ver anexo 2) con el fin de conocer información relacionada con el nivel académico, el tiempo que llevan trabajando en el sector del reciclaje, el salario recibido, las jornadas de trabajo, las clases de residuos que seleccionan, maquinaria implementada, ingresos mensuales de la planta, fuentes de financiación, cantidad de residuos que recibe la planta semanalmente, elementos de protección personal utilizados, entre otras.

4.1.3 Aplicación de listas de chequeo

Se realizaron 5 visitas de manera formal a la Planta de Reciclaje La Alquería acorde con el cronograma de ejecución y los tiempos establecidos por la administración, interactuando con el personal operativo, de esta manera se conoció el desarrollo de las diferentes operaciones y se identificó el proceso de reciclaje realizado, los equipos tecnológicos, herramientas utilizadas y principales falencias existentes, para esto se diseñó un formato estilo Checklist con los principales requisitos para el funcionamiento de los centros de reciclaje establecidos en el Decreto 1077 de 2015 Título 2, Subsección 8 y 9, el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) Título F y la Directiva 91/156/CEE de la unión Europea, las listas de chequeo se pueden observar en el Anexo 3. Teniendo en cuenta los criterios aplicables a la dimensión y actividades realizadas dentro de la planta, fueron seleccionadas las siguientes secciones de las normativas para la elaboración de la lista de chequeo:

Tabla 4: Normatividad aplicada para las listas de chequeo

Decreto 1077 de 2015 Titulo 2	Subsección 8: Recolección y transporte selectivo de residuos para aprovechamiento.
	Subsección 9: Estaciones de clasificación y aprovechamiento.
RAS Titulo F, Sección II	Requisitos obligatorios que deben cumplir las estaciones de separación y aprovechamiento.
	Minimización de impactos ambientales en las estaciones de separación y aprovechamiento o en las estaciones de transferencia.
	Características de los vehículos de recolección selectiva.
Unión Europea Directiva 91/156/CEE	Requisitos de cumplimiento para centros de reciclaje.

Fuente: Autora

4.1.4 Caracterización física de los residuos.

La identificación de los residuos que son aprovechados en la Planta de Reciclaje La Alquería se realizó mediante observación directa de los residuos, acompañada de indicaciones de los operadores, es decir, la manera como ellos los identifican y clasifican, y como referencias bibliográfica consultadas, se tomó el libro “Gestión Integral de Residuos Sólidos” de los autores *George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel A. Vigil*, utilizando las propiedades físicas que son aplicables según el tipo de residuo.

4.1.5 Cuantificación de residuos.

La cuantificación de los residuos sólidos se realizó para determinar la cantidad diaria de material que finalmente es aprovechable y comercializado. Para ello se calculó el peso de lunes a sábado de cada clase de residuo seleccionado por parte de los diferentes operadores en el mes de septiembre. Dentro de los datos recolectados en la cuantificación de residuos sólidos recibidos en la semana se determinó la cantidad que era considerada como residuo de rechazo y se realizó una comparación entre los días de cada una para observar si la cantidad de residuos que entran a la planta es irregular o no.

Adicionalmente se realizó una comparación con los datos semanales consignados en la planta, considerando que los operarios llevan un registro semanal de la cantidad de residuos que ellos separan, con el fin de hacer un análisis del mes completo. Finalmente se solicitó la información de los históricos del año anterior de cuantificación de los residuos seleccionados para identificar el mes de mayor recolección y selección en la planta, además de la clase de residuo más

seleccionada, información necesaria para la elaboración de una proyección para la implementación de los equipos tecnológicos.

4.2 FASE 2 – OPTIMIZACIÓN

4.2.1 Evaluación y selección de tecnologías

Tchobanoglous (1994) señala que en sitios medianos y grandes, donde la cantidad de residuos y de ingresos esperados justifiquen una inversión en maquinaria e infraestructura, se recomienda un establecimiento de una planta semi-mecanizada o mecanizada de reciclaje la cual debe tener una parte o en su totalidad las tecnologías enunciadas a continuación:

1. Tolva de recepción
2. Criba tambor
3. Banda de reciclaje
4. Electroimán
5. Carros o canastas para materiales recuperables
6. Recipientes para materiales no recuperables
7. Prensa hidráulica
8. Balanza y registro
9. Lavadora de plástico
10. Lavadora- trituradora de vidrio
11. Almacenes de material

Teniendo en cuenta que las cantidades recolectadas en la planta de chatarra y aluminio se encuentran en un rango de 150 y 200 Kg/semana y las características de tamaño son homogéneas, no se justifica la implementación de un electroimán ni una criba tambor que se encuentran en el mercado con una capacidad de 500 Kg/hora, por este motivo las operaciones de separación pueden ser ejecutadas manualmente.

Según lo planteado se consultaron varias empresas dedicadas a la producción de maquinaria utilizada en actividades de reciclaje, determinando el tipo de maquinaria requerida para cada operación e investigando con diferentes proveedores, acompañado de una revisión bibliográfica de las especificaciones técnicas requeridas de cada una.

Finalmente se ejecutó y analizó la evaluación de cada una de las propuestas obtenidas por parte de los proveedores partiendo de criterios como especificaciones técnicas, costos y beneficios de cada tipo de maquinaria, de esta manera se seleccionó la más factible para la planta.

En la tabla 5 se relacionan los proveedores de la maquinaria a implementar en la planta.

Tabla 5: Proveedores de maquinaria para reciclaje

NUMERO	PROVEEDOR
1	
2	
3	
4	
5	

Fuente: Autora

4.2.2 Determinación capacidad de producción en las áreas del proceso.

A partir de las especificaciones técnicas de las alternativas seleccionadas se procedió a calcular la capacidad de producción para cada operación que conforma el proceso operativo en la planta de reciclaje.

Para ello se cuantificaron las entradas y salidas de los materiales durante una hora en cada una de las operaciones de la planta realizando trabajo de campo, con la información obtenida se desarrolló el balance de materia mediante un diagrama de bloques del actual funcionamiento y un balance de materia con la formulación de las mejoras tecnológicas planteadas, teniendo en cuenta la capacidad de la maquinaria seleccionada en una hora, esto se realizó para

determinar la capacidad de producción total y la eficiencia entre los dos escenarios planteados.

4.2.3 Descripción de operaciones para el proceso de la planta.

Se definieron las operaciones a desarrollar teniendo en cuenta criterios de decisión entre ellos flujo de proceso, seguridad y capacidad de la maquinaria que permitan satisfacer la demanda, una vez seleccionada la mejor tecnología para el diseño se determinaron los tiempos de operación de cada actividad tomando como referencia el tiempo de operación de la planta y las horas laboradas por operario. Para determinar la mano de obra necesaria para cada operación se tuvo en cuenta las especificaciones de operación suministradas por el proveedor ya que éstas son dadas según las características de la maquinaria.

Para ello se elaboró una tabla donde se muestra el tiempo de operación, capacidad del equipo, frecuencia por días y mano de obra necesaria.

4.2.4 Determinación áreas de trabajo necesarias.

Se calculó el tamaño físico de las áreas necesarias para cada operación ejecutada. Tomando como referencia las dimensiones del área disponible y de la maquinaria requerida, se determinó el espacio y la ubicación de cada operación para llevar un adecuado flujo del proceso. Para esto se desarrolló una tabla que especifica la operación, cálculo del área requerida y el área total.

4.2.5 Elaboración de la distribución de planta.

Se distribuyeron las áreas del terreno disponible, minimizando el recorrido de los residuos, brindando seguridad y bienestar a los operarios. Esto por medio del método de Planificación de Diseño Sistemático (SLP), el cual es una herramienta utilizada para organizar un lugar de trabajo en planta y permite el rápido flujo de materiales en el proceso a un bajo costo y menor cantidad de manipulación; cuenta con códigos de cercanía y códigos de razones [32]. La metodología que se sigue para este método es la siguiente:

4.2.5.1 Paso 1 Se obtiene un diagrama de relación de actividades, el cual está construido por dos códigos. El primero de ellos es un valor de cercanía que está representado por letras, donde cada letra representa la necesidad de que dos áreas estén ubicadas cerca o lejos una de la otra; el segundo código es de razones representado por números, cada número simboliza por qué se decide que un área este cerca o lejos de la otra como se observa en la tabla 6.

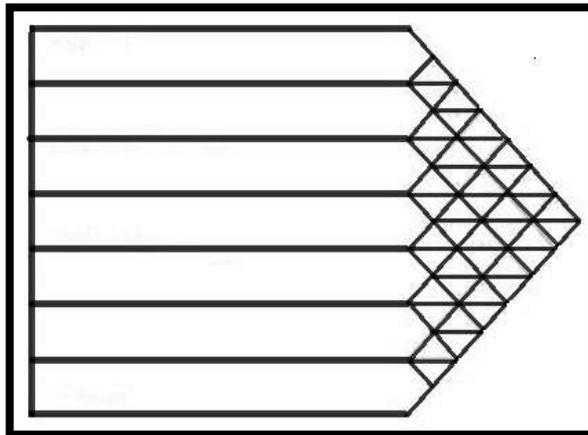
Tabla 6: Simbología y códigos de razones del método SLP

Valor	Cercanía	Código	Razones
A	Absolutamente necesario	1	Por Control
E	Específicamente importante	2	Por Higiene
I	Importante	3	Por proceso
O	ordinaria	4	Por Conveniencia
U	No importante	5	Por seguridad
X	Indispensable		

Fuente: [33]

Se obtiene un diagrama de correlación mostrado en la ilustración 4, en la cual se relacionan todas las áreas de la parte operativa de la planta con su respectiva simbología y código de razón.

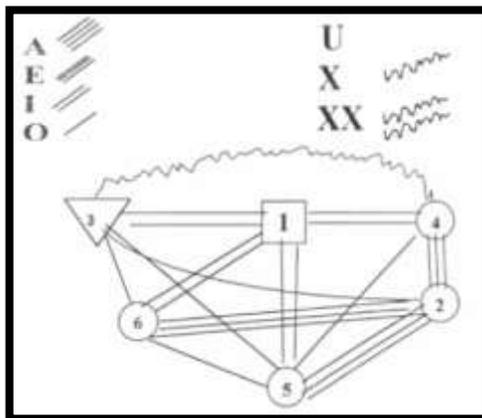
Ilustración 4: Formato para realizar un diagrama SLP.



Fuente: [33]

4.2.5.2 Paso 2. Con el SLP se trazará un diagrama de hilos de la figura, el cual deberá coincidir con el de correlación, en lo que se refiere a proximidad de las áreas, como se observa en la ilustración 5.

Ilustración 5: Diagrama de hilos



Fuente: [33]

4.2.5.3 Paso 3. Se diseñará la distribución por medio de un Layout utilizando el programa AutoCAD 2015, allí se representarán las áreas para la ubicación de la maquinaria según sus dimensiones y lo obtenido desarrollando la metodología de SLP.

4.2.6 Desarrollo del diagrama de flujo del proceso.

Una vez determinado el diseño se elaboró el diagrama de flujo del proceso con las respectivas mejoras tecnológicas propuestas en cada una de las operaciones, desde la recepción de residuos hasta su tratamiento y disposición final, utilizando el software Microsoft Visio.

4.3 FASE 3 – ETAPA FINAL DEL PROYECTO

En esta etapa se analizaron los resultados obtenidos y se concluyó sobre ellos para el mejoramiento tecnológico del proceso técnico-operativo de la planta de residuos sólidos aprovechables la Alquería ubicada en la ciudad de Bogotá D.C. Por último se redactó el documento final.

5. RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados obtenidos en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

5.1 ESTADO ACTUAL DE LA PLANTA

De acuerdo a la información suministrada por el Subdirector de la Planta el Señor Luis Domínguez, La Planta de Reciclaje La Alquería lleva funcionando ocho años, cuenta con 30 empleados, entre el personal administrativo y personal operativo. Teniendo en cuenta el programa Basura Cero, la planta es financiada por la (UAESP) para las labores administrativas de la planta física, en cuanto a las actividades operativas la Asociación de Recicladores de Bogotá (ARB) es responsable de la comercialización de los residuos aprovechables por tal razón ellos financian los sueldos de los operarios que son pagados bajo el contrato laboral de destajo y el alquiler de los vehículos de recolección selectiva. Considerando que en el mercado se paga entre \$250 y \$400 el kilogramo de residuo, aproximadamente la planta recibe un ingreso mensual de \$8'000.000 por la venta de los residuos aprovechables, ya que la planta selecciona 9 toneladas semanalmente, para un total de 36 toneladas de residuos al mes; de esta cantidad de residuos se considera que alrededor del 10% es clasificado como residuo de rechazo.

5.1.2 Listas de Chequeo

Teniendo en cuenta los criterios aplicables a la dimensión y actividades realizadas dentro de la planta según los estándares establecidos en el decreto 1077 Título 2 Subsección 8 y 9, y el (RAS) Título F se implementó y adaptó las lista de chequeo presentadas en el anexo 3, donde se hace una breve descripción de cada uno de los ítems planteados y las observaciones de acuerdo al cumplimiento de la normativa.

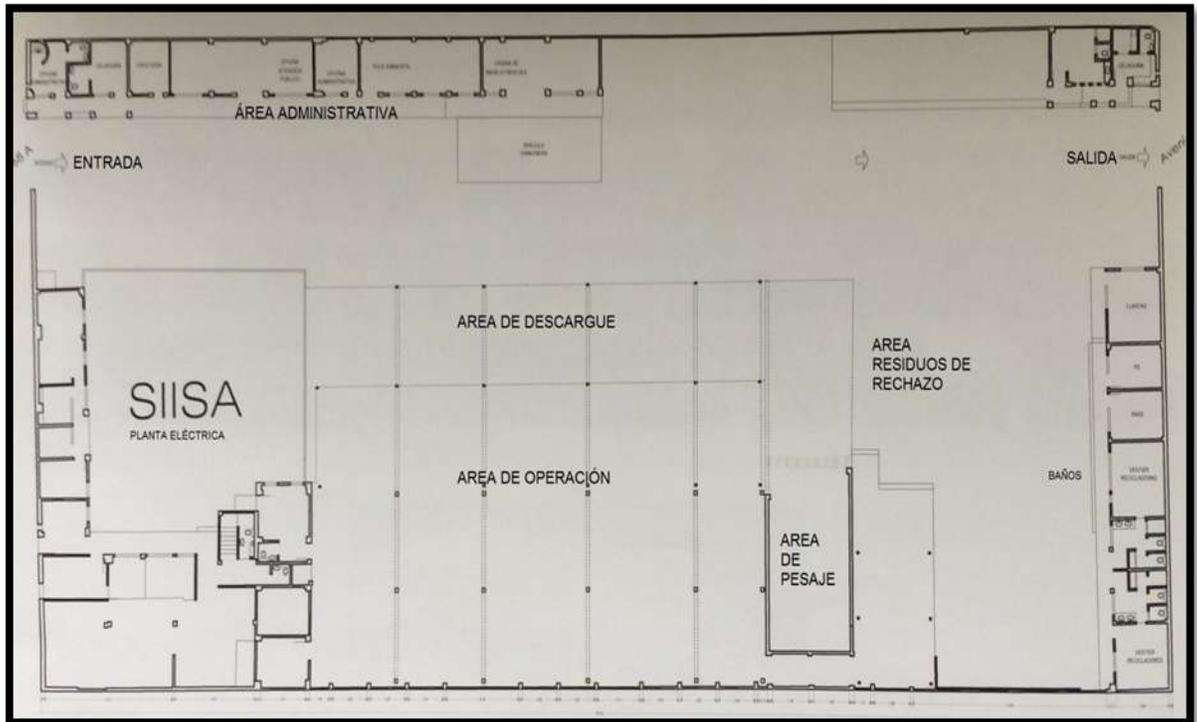
5.1.2.1 Análisis listas de chequeo.

De acuerdo a la información recolectada en las anteriores listas de chequeo la planta cuenta con la mayoría de los requisitos exigidos según la normatividad Colombiana, teniendo en cuenta los criterios aplicables para el funcionamiento de centros de reciclaje en la ciudad. Sin embargo tiene varios requisitos por cumplir en las áreas que operan allí como en el área de operación, saneamiento básico, Seguridad Industrial y Salud Ocupacional y Maquinaria.

5.1.3 Área física actual de la Planta de reciclaje La Alquería

A continuación se muestra el plano de distribución de la Planta de Reciclaje La Alquería, indicando las principales áreas de trabajo:

Ilustración 6: Plano Planta de Reciclaje La Alquería



Fuente: Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos

La Planta tiene un área total de 3540,81 m² los cuales están distribuidos en varias secciones dependiendo de la actividad que se realiza y del material que se vaya a almacenar:

Área administrativa: conformada por la zona de celaduría, cafetería, oficina administrativa, oficina de la atención al público y el aula ambiental.

Área operativa: esta área está conformada por las zonas de recepción de residuos, descargue, área de selección y clasificación, compactación y embalaje, y almacenamiento temporal.

Área de pesaje: zona donde se encuentra la báscula empleada para el pesaje de los residuos seleccionados.

Área residuos de rechazo: esta área está conformada por un contenedor a cielo abierto donde se disponen temporalmente los residuos de rechazo.

Áreas auxiliares: conformadas por los vestieres y baños de los operarios.

5.1.3.1 Áreas definidas del proceso

Teniendo en cuenta la aplicación de las listas de chequeo se identificó la inexistencia y la inadecuada disposición de los residuos en las áreas definidas, según lo establecido en el decreto 1077 Título 2 Subsección 8 y 9, y el (RAS) Título F a continuación se mencionan dichas áreas.

Depósito de materiales separados, aprovechados y/o valorizados: Durante el recorrido por las instalaciones de la planta se pudo observar que no existe un lugar específico para el almacenamiento de los residuos seleccionados para su posterior comercialización, los cuales son dispuestos en el mismo lugar donde los operarios realizan la separación, por tal razón existe una sobreacumulación en todo el área de operación.

Ilustración 7 : Almacenamiento de residuos seleccionados



Fuente: Autora

Zona de descargue: La zona de descargue únicamente está cubierta en la parte superior, no presenta una cobertura perimetral que contenga los residuos sólidos mientras estos son llevados a las mesas de selección, quedando a la exposición de factores ambientales como el viento o la lluvia, adicionalmente esta área presenta sobreacumulación ya que los operarios no alcanzan a seleccionar los residuos que son recolectados al día.

Ilustración 8: Zona de descarga



Fuente: Autora

Sistema de pesaje y registro acorde con la capacidad operativa de la estación: El sistema de pesaje implementado en la planta no es el adecuado, teniendo en cuenta la capacidad de la báscula empleada (500 kg) y la cantidad de residuos seleccionados durante el día, lo cual hace que los operarios inviertan bastante tiempo en la actividad de pesaje teniendo que pesar varias veces . Otra de las falencias encontradas es el deterioro que presenta el equipo y la falta de su calibración de manera frecuente.

Ilustración 9 : Sistema de pesaje de la planta



Fuente: Autora

Contenedor residuos de rechazo: El contenedor donde son almacenados los residuos de rechazo aproximadamente por una semana hasta que son transferidos al relleno sanitario para su disposición final , se encuentra a la intemperie, es decir, no cuenta con una cobertura que proteja los residuos de diferentes factores ambientales, además es una fuente considerable de vectores.

Ilustración 10: Contenedor residuos de rechazo



Fuente: Autora

5.1.3.2 Saneamiento básico

Control de vectores: Teniendo en cuenta la acumulación de residuos que se presenta en la planta, tanto en el área de descargue como en el área de selección y posterior almacenamiento temporal, además del contenedor de residuos de rechazo, se evidencia la presencia de vectores en estas áreas tales como gatos, moscas y roedores, para los cuales no existe ningún control, siendo un punto crítico durante el funcionamiento de la planta, por tal razón debe ser un ítem importante para gestionar. Según la ley 9 de 1979 el cual establece medidas sanitarias, especifica que el control de vectores se debe realizar mediante la implementación de trampas cilindro, trampas de cinta adhesiva o puede hacerse control mediante fumigación biológica controlada una vez al año.

Ilustración 11: Vectores en la planta



Fuente: Autora

Pisos y paredes impermeables y de fácil limpieza: La planta no cuenta con pisos ni paredes construidos en material impermeable, además los pisos presentan grietas lo cual dificulta las actividades de limpieza y desinfección que se realizan diariamente en la planta, este es otro factor para la presencia de vectores.

Ilustración 12: Pisos y paredes de la planta



Fuente: Autora

5.1.3.3 Equipos y maquinaria

Se recolectó información sobre características de la maquinaria, equipos y vehículos utilizados en los procesos de la planta:

Prensa Hidráulica

Es la única máquina implementada en la planta la Alquería, sus características son: prensa hidráulica vertical compactadora para chatarra no ferrosa, modelo V-40T, su capacidad es de 30 a 40 Toneladas, motor 15 Hp, con un voltaje de 220 Voltios la sección de paca es de 80 x 80 x 100 cm.

Ilustración 13 : Maquina compactadora



Fuente: Autora

Basculas

Poseen dos basculas electrónicas marca Moretti de 1.30 m con 80 cm, con capacidad de 500 kg, de las cuales solo funciona una.

Mesas de selección

Se encuentran 4 secciones de mesas en las cuales hay 3 mesas de selección de 1m ancho x 3m de largo, para un total de 12 mesas para la actividad de clasificación del material.

Recipientes plásticos de almacenamiento temporal

Se emplean 25 recipientes plásticos con capacidades de 55 galones, con 90 cm de altura y un diámetro de 57 cm.

Contenedor

El contenedor utilizado para el almacenamiento temporal de los residuos de rechazo posee una capacidad de 5000 a 8000 kg, con 2,40 m de ancho, 4,80m de largo y 2,50 m de altura.

Vehículos

Los vehículos utilizados en las rutas de recolección selectiva tienen una capacidad de 3 a 6 Toneladas, marca Chevrolet modelo 2012.

5.1.3.4 Seguridad industrial y salud ocupacional

La planta de reciclaje La Alquería no cuenta con un programa de salud ocupacional, requisito indispensable para la prevención de riesgos, incidentes, accidentes de trabajo y enfermedades laborales de los empleados de la planta, ocasionadas a partir de la ejecución de sus funciones, estos riesgos se pueden evidenciar tanto en el área operativa como en el área administrativa.

Mediante las visitas realizadas a la planta y las entrevistas a los operarios, se desarrolló una comparación con la normatividad relacionada en Seguridad Industrial y Salud Ocupacional en la cual se evidenció que la planta de Reciclaje La Alquería no cuenta con la mayoría de las especificaciones nombradas en la normatividad. A continuación se presenta una serie de ítems de la situación actual de La planta de reciclaje La Alquería en el tema de seguridad industrial y salud ocupacional.

Manual de operación: Según el RAS Título F Sección II todas las plantas de aprovechamiento deben tener implementado un manual de operación que describa todos los procedimientos utilizados en la operación normal y las instrucciones para situaciones de contingencia y emergencia, de acuerdo al diagnóstico realizado se identificó la inexistencia de este manual para las

actividades de la planta ya que no existe un diagrama de flujo del proceso establecido.

Plan de contingencias: La planta no cuenta con un plan de contingencias, que permita el normal funcionamiento de las operaciones del proceso, en caso de falla o emergencia del sistema.

Sistema alternativo para operación en casos de fallas o emergencias: Considerando que los procesos operativos de la planta son primarios, y que no existe diferente maquinaria para realizar estas operaciones, la planta no ha implementado un sistema alternativo en caso de fallas o emergencias dentro de la operación.

Con este diagnóstico también se determinó que la planta no cuenta con:

- Políticas en Salud Ocupacional.
- Conocimiento en el manejo y prevención de riesgos.
- Elementos de protección personal adecuados para el tipo de actividad que realizan en la planta.
- Iluminación artificial
- Vinculación a los operarios a un contrato de trabajo.
- Afiliación a los operarios a la administradora de riesgos profesionales.

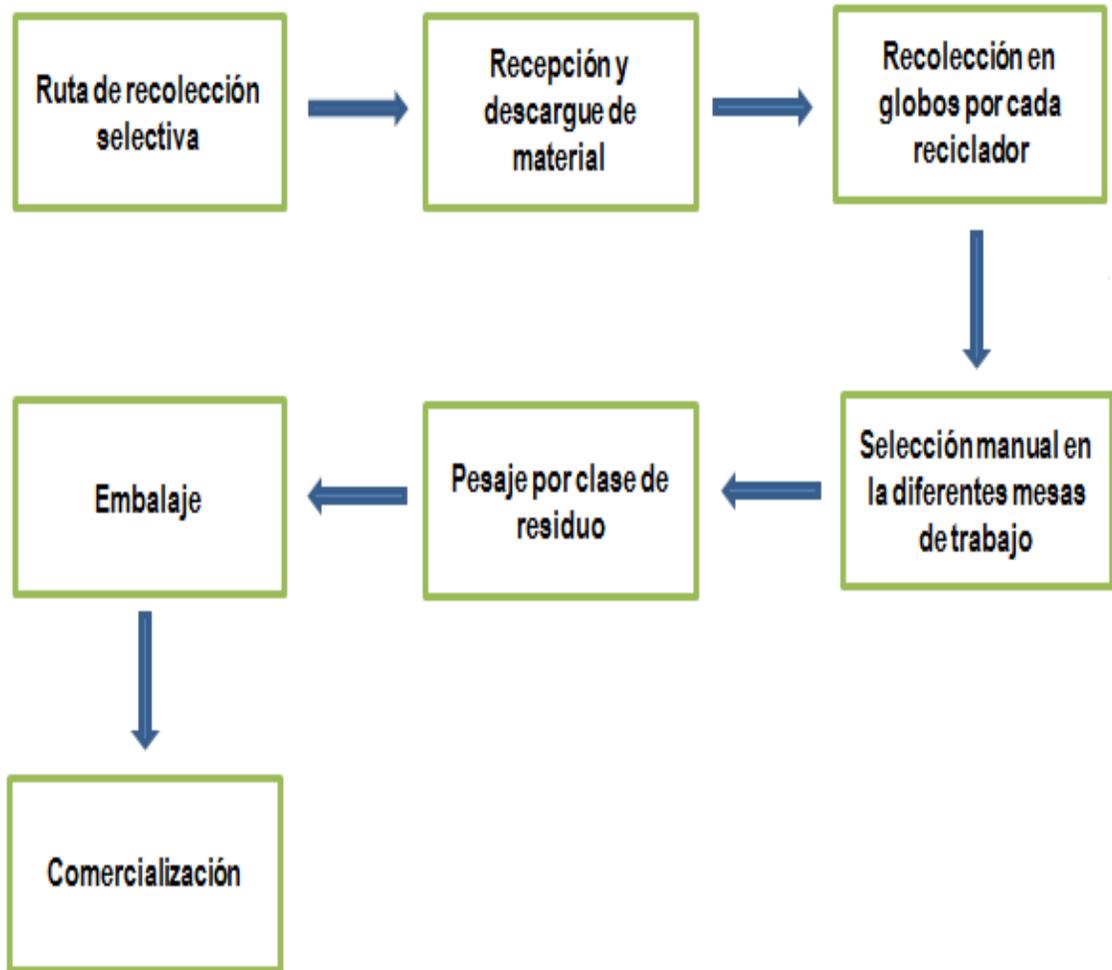
De igual manera se identificó que la planta contempla factores para un buen funcionamiento de las actividades entre ellos:

- vinculación a la EPS de libre escogencia, (SISBEN).
- Ventilación natural.
- El nivel de ruido bajo.
- Las zonas de tránsito y movilidad adecuadas.
- Iluminación natural en horas de la mañana y tarde.

5.1.4 Descripción del Proceso

Una vez realizadas las visitas y las entrevistas, se identificó el proceso desarrollado dentro de la planta, en el cual los residuos son recolectados en vehículos contratados por los operarios de la planta, se realizan 8 rutas de recolección selectiva; dentro de la planta se lleva a cabo la recepción de residuos en la zona de descargue, posteriormente cada uno de los operarios llena en globos (costales) cierta cantidad de residuos para ser seleccionados en la mesas de trabajo asignadas a cada uno, en estas mesas hay diferentes canecas donde son depositados temporalmente los residuos clasificados hasta que se llevan a la báscula para ser pesados. Posteriormente son llevados a la maquina compactadora, luego se embalan y finalmente son comercializados. En la ilustración 14 se representa el anterior proceso.

Ilustración 14: Descripción proceso Planta de Reciclaje La Alquería



Fuente: Autora

5.1.5 Caracterización física de los residuos seleccionados en la Planta.

En la Tabla 9 se expone un registro fotográfico asociado a cada clase de residuo seleccionado y comercializado dentro de la Planta de Reciclaje La Alquería.

Tabla 7: Registro fotográfico de residuos seleccionados en la planta la Alquería

CLASE DE RESIDUO	NOMBRE COMUN	REGISTRO FOTOGRAFICO
ARCHIVO	ARCHIVO	
PERIODICO	PERIODICO	
POLIETILENO TEREFTALATO	PET	
	PET AMBAR	
	PET ACEITE	

ALUMINIO	ALUMINIO	
VIDRIO	VIDRIO	
POLIPROPILENO	TATUCO	
	VASIJA	
	PLASTICO	
POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD	AGUAPANELO	

Fuente: Autora

5.1.5.1 Residuos de rechazo

Dentro de los residuos que son recibidos en la Planta de Reciclaje La Alquería existe un porcentaje que es considerado como residuo de rechazo; los operarios consideran los siguientes criterios en el momento de la selección: estado del material, contaminación del residuo y la no comercialización del mismo.

Al igual que la cuantificación de los residuos por categoría, también se pesaron los residuos de rechazo que son almacenados durante una semana en un contenedor hasta su transferencia al relleno sanitario Doña Juana. Se obtuvo como resultado la cantidad de 217,4 Kg/semana, representado aproximadamente el 10% de la cantidad total de residuos que recibe la planta semanalmente.

5.1.6 Cuantificación de los residuos

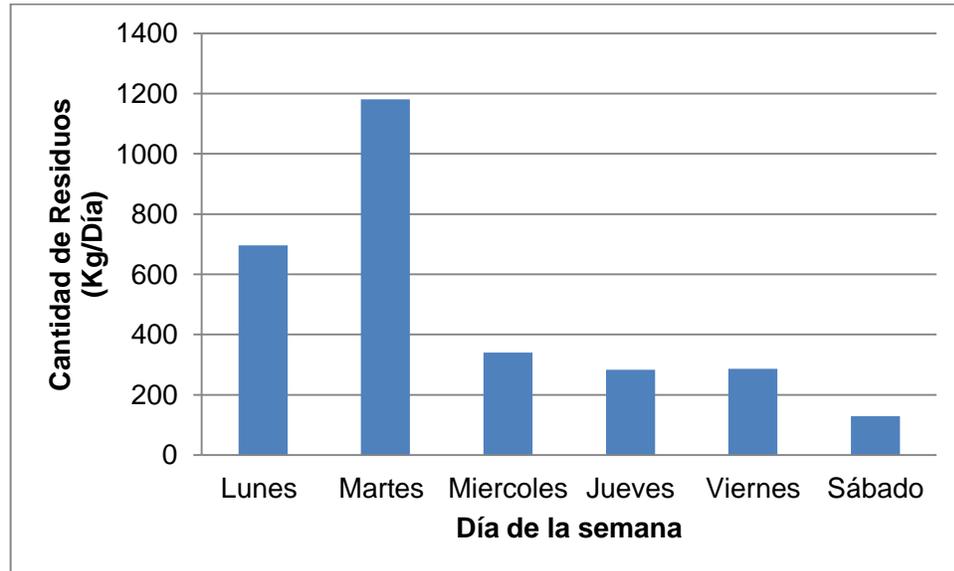
En las tablas 8 y 9 se muestran los resultados de la cuantificación de los residuos sólidos aprovechables en la Planta de Reciclaje La Alquería durante dos semanas con el fin de realizar la comparación entre ellas e identificar el comportamiento diario de la cantidad de residuos seleccionados del 14 de Septiembre hasta el 26 de Septiembre.

Tabla 8 : Cuantificación residuos Planta la Alquería Semana 1

CLASE DE RESIDUO	SEMANA 1 (Kg)						
	NOMBRE COMUN	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
		14-sep-15	15-sep-15	16-sep-15	17-sep-15	18-sep-15	19-sep-15
ARCHIVO	ARCHIVO	166	62	78	49	70	19
PERIODICO	PERIODICO	77	154	84	32	34	9
POLIETILENO TEREFTALATO	PET	79	199	24	24	32	10
	PET ACEITE	4	6	12	5	3	3
	PET	11	49	4	6	4	3
	PET AMBAR	4	11	4	4	4	3
ALUMINIO	CHATARRA	39	124	21	30	26	6
VIDRIO	VIDRIO	154	398	44	70	51	41
POLIPROPILENO	TATUCO	59	73	20	25	20	18
	VASIJA	8	1	3	5	8	3
	PLASTICO	91	70	41	29	30	10
POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD	AGUAPANELO	4	34	5	4	4	4
TOTAL		696	1181	340	283	286	129

Fuente: Autora

Gráfica 1: Cantidad diaria de residuos sólidos seleccionados.



Fuente: Autora

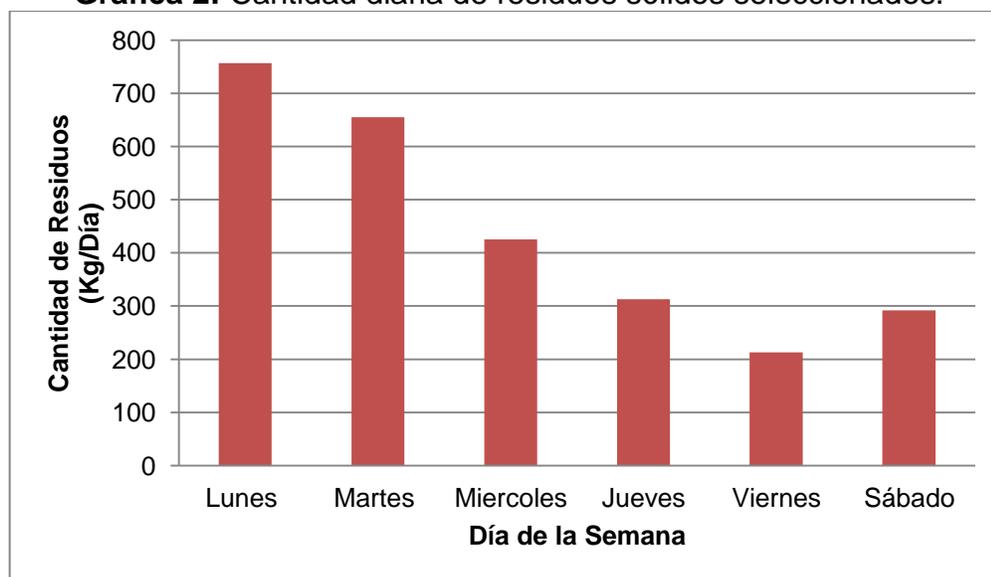
Se puede observar que en la gráfica 1 existe mayor cantidad de residuos seleccionados el día martes esto se debe a que el día lunes no asistió la misma cantidad de operarios a la planta y reanudaron actividades el día martes, esto se ve reflejado en la cantidad identificada. Así mismo se observa el día sábado como con la menor selección de residuos debido a que la jornada laboral va hasta la 1:00 PM y que el camión de recolección solo realiza un recorrido.

Tabla 9: Cuantificación residuos Planta la Alquería Semana 2

CLASE DE RESIDUO	SEMANA 2 (Kg)						
	NOMBRE COMUN	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
		21-sep-15	22-sep-15	23-sep-15	24-sep-15	25-sep-15	26-sep-15
PAPEL	ARCHIVO	138	87	48	58	34	70
PAPEL PRENSA	PERIODICO	79	94	72	34	29	47
POLIETILENO TEREFTALATO	PET	104	92	69	13	31	26
	PET VERDE	55	57	37	30	15	14
	PET AMBAR	10	9	10	12	8	10
	PET ACEITE	7	8	7	6	4	3
ALUMINIO	CHATARRA	4	5	5	16	3	2
VIDRIO	VIDRIO	174	204	83	78	39	50
POLIPROPILENO	TATUCO	74	45	31	6	17	19
	VASIJA	11	4	4	5	9	8
	PLASTICO	84	36	45	43	10	35
POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD	AGUAPANELO	17	14	14	12	14	8
TOTALES		757	655	425	313	213	292

Fuente: Autora

Gráfica 2: Cantidad diaria de residuos sólidos seleccionados.



Fuente: Autora

Se identifica en la gráfica 2 mayor cantidad de residuos seleccionados los días lunes y martes reflejando el incremento de la generación en la fuente de

residuos solidos los fines de semana y la inactividad de la planta el dia domingo. Asi mismo se observa los sabados como los dias con menor selección de residuos debido a que la jornada laboral va hasta la 1:00 PM y que el camion de recoleccion solo realiza un recorrido.

Durante estas dos semanas se evidenció que no todos los operarios trabajan de forma constante, es decir, todos los dias no asisten el mismo número de seleccionadores apesar de que la Presidenta de la asociación informo que aproximadamente trabajaban doce recicladores, cuya cantidad en ningun momento se observó. Esto se ve reflejado en la diferencia de cantidades de residuos seleccionados entre cada semana.

Con el fin de realizar un analisis comparativo de la cantidad seleccionada durante todo el mes de septiembre (4 semanas), se solicitaron los datos de selección reistrados en la planta durante las semanas previas a la la cuantificacion del presente estudio (1-5 sep y 7-12 sep), en la Tabla 12 se muestran los kilogramos de residuos seleccionados por semana durante el mes de septiembre.

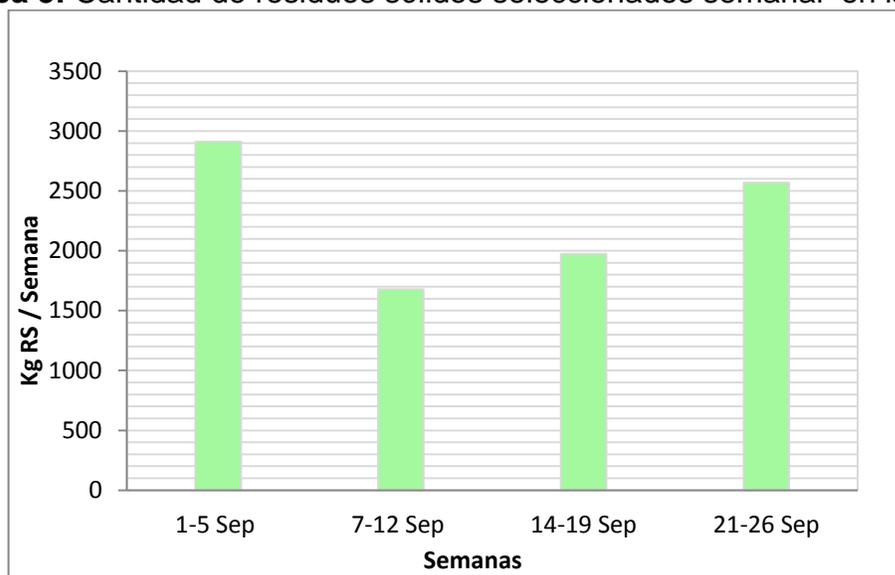
Tabla 10 : Cuantificación de residuos por semana - mes

CLASE DE RESIDUO	NOMBRE COMUN	SEMANAS			
		1-5 Sep	7-12 Sep	14-19 Sep	21-26 Sep
ARCHIVO	ARCHIVO	444	285	422	395
PERIODICO	PERIODICO	390	338	266	343
POLIETILENO TEREFTALATO	PET	368	139	198	330
	PET ACEITE	271	163	30	35
	PET	28	21	32	59
	PET AMBAR	246	98	18	35
ALUMINIO	CHATARRA	758	453	134	208
VIDRIO	VIDRIO	215	105	436	608
POLIPROPILENO	TATUCO	77	31	163	192
	VASIJA	26	7	33	41
	PLASTICO	33	11	217	245
POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD	AGUAPANELO	55	27	25	79
TOTALES (Kg/semana)		2911	1678	1974	2570

Fuente: Autora

En la gráfica 3 se exponen los resultados de la cuantificación de residuos seleccionados durante cuatro semanas (del 1 al 26 de septiembre).

Gráfica 3: Cantidad de residuos sólidos seleccionados semanal en la planta

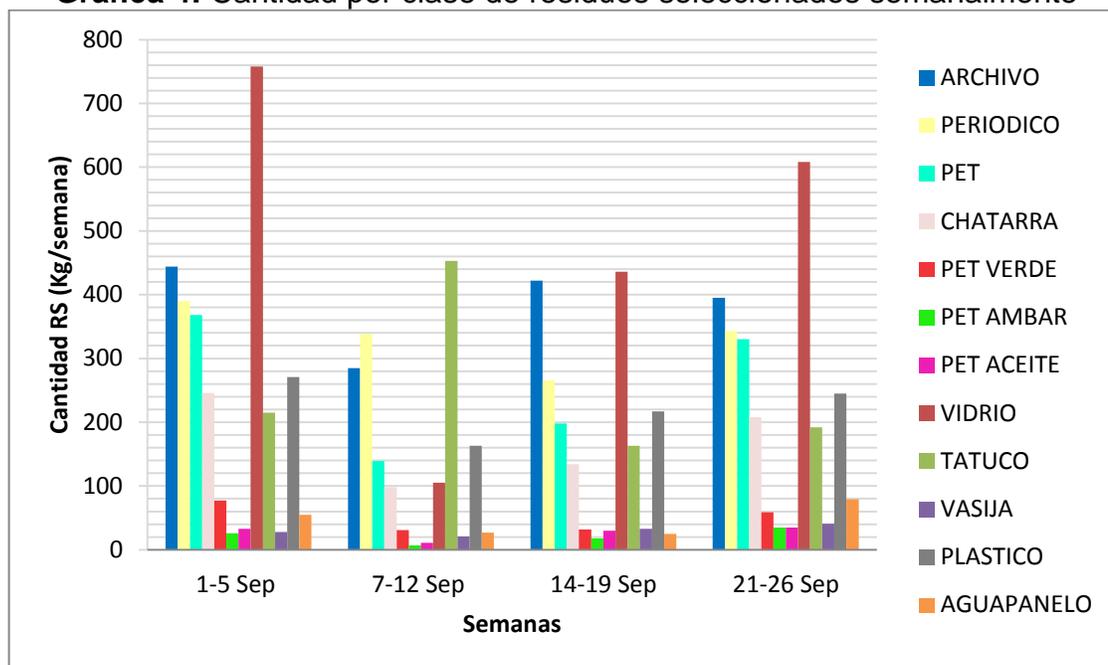


Fuente: Autora

Se observa que para la primera semana (1-5 sep.) y la semana cuatro (21-26 sep.) la cantidad de residuos es mayor que en las semanas 2 y 3, lo anterior puede darse por las fechas en que las personas reciben su quincena y por lo tanto realizan las compras del mes, por ende hay mayor generación de residuos sólidos en la fuente.

En la gráfica 4 se muestran los resultados de residuos seleccionados en kilogramos durante las cuatro semanas del mes de Septiembre por categoría de residuo:

Gráfica 4: Cantidad por clase de residuos seleccionados semanalmente



Fuente: Autora

La gráfica 4 refleja al vidrio como la clase de residuo seleccionado de mayor cantidad durante el mes, debido a sus características físicas, específicamente al peso con 1907 kg/mes, pero el Archivo con 1546 kg/ mes y el Periódico con 1337 kg/ mes son los de mayor recolección y selección. El PET Ámbar, PET Aceite y Vasija son la clase de residuo de menor selección con cantidades inferiores a los 100 kg durante el mes.

Se obtuvieron los datos de cuantificación de cada uno de los materiales que son seleccionados y comercializados en la planta la Alquería durante 13 meses a partir del mes de Agosto de 2014 hasta el mes de Septiembre de 2015, esto se realizó con la ayuda de la Presidenta de la Asociación de recicladores quien suministro los datos históricos de los meses anteriormente dichos.

Tabla 11: Cuantificación de residuos Planta la Alquería al año.

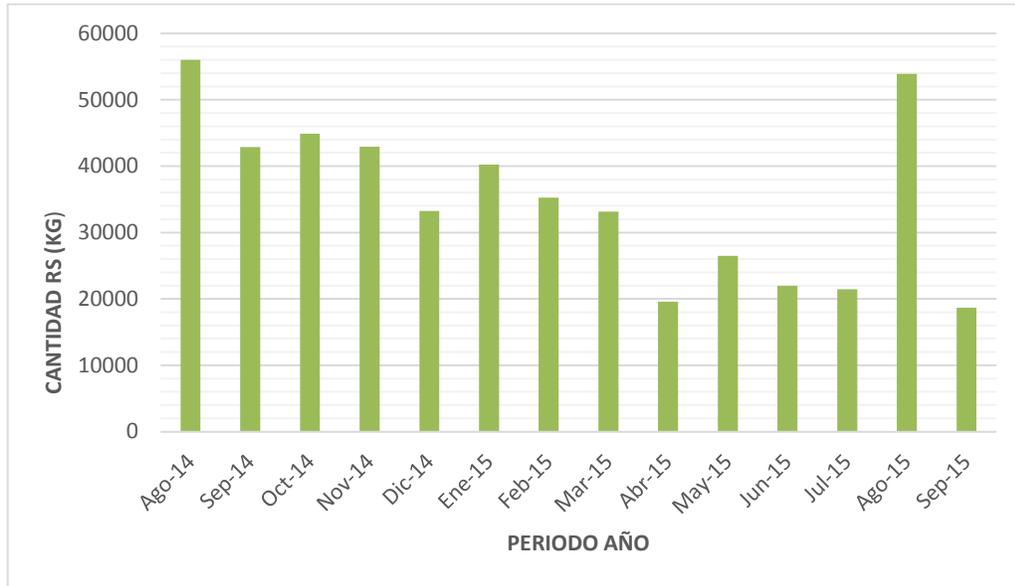
CLASIFICACIÓN RESIDUO (kg)	PERIODO													
	Ago-14	Sep-14	Oct-14	Nov-14	Dic-14	Ene-15	Feb-15	Mar-15	Abr-15	May-15	Jun-15	Jul-15	Ago-15	Sep-15
Plastico	2652	2367	2234	2099	1260	3467	2126	1226	1152	1261	1203	1143	2760	1082
Archivo	6977	4997	4767	6643	8127	5882	6013	3304	2474	2856	2074	2349	7345	1546
Periodico	4921	3188	3337	3944	3705	2705	3487	2430	2125	1768	1968	1950	5060	1337
Plegadiza	3229	4060	2782	3925	3873	3305	3749	2120	2140	1466	2070	1970	3450	2385
Tatuco	1550	1535	3002	2005	1451	1024	1761	1671	1261	1161	2198	1235	2133	1023
Cartón	11722	8521	9022	9987	6392	8350	10115	8389	6560	5389	4765	5928	9579	
Pet	4746	3499	1663	3111	2573	2088	2408	2460	2012	1771	2356	1814	4862	1429
Vasija	524	234		174	94	90	929	740	183	440	608	245	430	123
Vidrio	7940	5690	7120	5612	50	9499		9380		7931	2308	2260	8628	1907
Chatarra	11178	8280	10468	5220	5740	3450	4657	1420	1670	2270	2261	2140	9117	686
Aluminio	488	505	493	195		271						270	394	167
Tetrapak	94	17				125				170	160	170	145	
TOTAL	56021	42893	44888	42915	33265	40256	35245	33140	19577	26483	21971	21474	53903	11685

Fuente: Dirección planta de reciclaje La Alquería

Se pueden observar espacios en blanco en la anterior tabla ya que en algunos meses no se selecciona determinada clase de residuo por la falta de demanda que estos presentan.

En la gráfica 5 son representadas las cantidades de residuos seleccionados en kilogramos durante 13 meses, desde el mes de Agosto de 2014 hasta el mes de Septiembre de 2015.

Gráfica 5: Cantidad de residuos seleccionados mensual

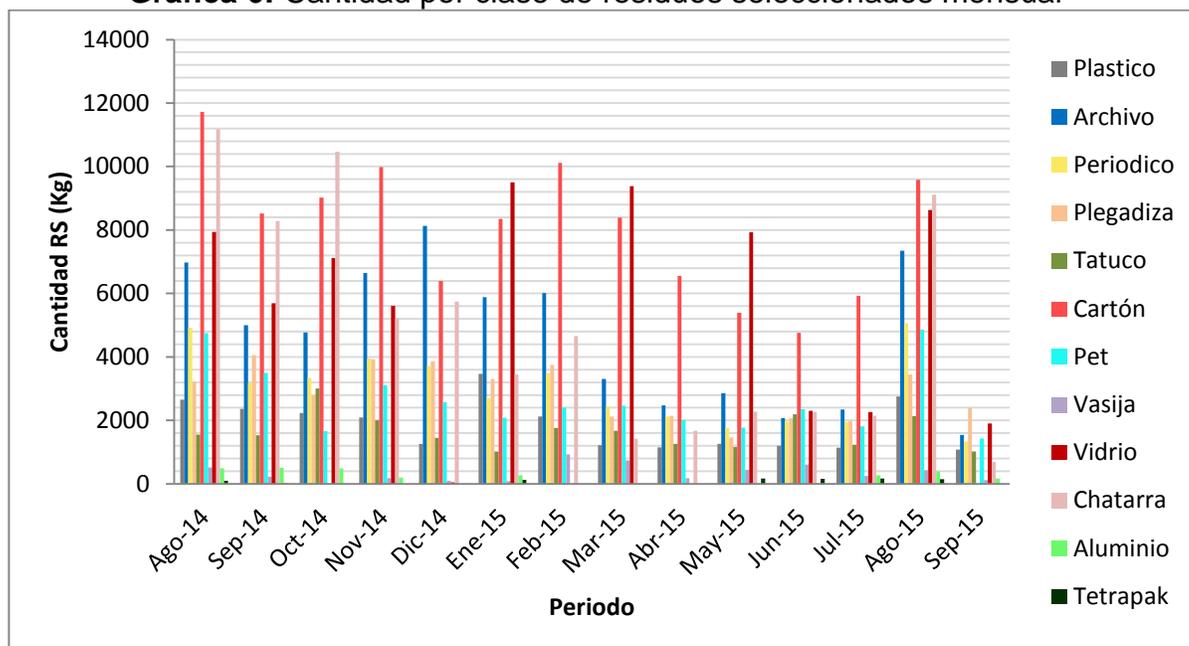


Fuente: Autora

Se puede observar que el mes donde existe mayor selección de residuos en la planta La Alquería es el mes de agosto de 2014 con 56.021 Kg de residuos aprovechables y Agosto de 2015 con 53.903 Kg de residuos, esto se debe a que algunas de las empresas que compran los residuos no trabajan en los meses de julio y diciembre por lo tanto no adquieren el material y este queda almacenado por estos meses en la planta hasta ser comercializados en los meses de enero y agosto. Los meses de menor selección son abril de 2015 con 19.577 Kg y septiembre de 2015 con 18.665 Kg de residuos seleccionados, esto pudo ocurrir a que el número de operarios que trabaja en la planta al mes no es el mismo, ya que la planta no tiene operarios fijos los cuales varían en número y constancia, reflejando así la cantidad de residuos seleccionados. Cabe resaltar que la cantidad de residuos seleccionados y comercializados en la planta la Alquería es proporcional al número de operarios que trabajen durante el mes.

En la gráfica 6 se muestran los resultados de los residuos seleccionados en kilogramos durante 13 meses por categoría de residuo:

Gráfica 6: Cantidad por clase de residuos seleccionados mensual



Fuente: Autora

Se observa que el residuo aprovechable de mayor selección y comercialización para la mayoría de los meses es el cartón con 111.509 Kg/mes, el residuo de menor selección y comercialización es el tetrapak esto sucede porque este material no se considera de gran comercialización, esta es una de las razones principales para que los residuos que llegan a la planta con estas características en su mayoría sean clasificados como residuos de rechazo.

5.2 OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE ALMACENAMIENTO, SEPARACIÓN Y TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS APROVECHABLES EN LA PLANTA LA ALQUERIA

5.2.1 Evaluación de tecnologías según costo beneficio

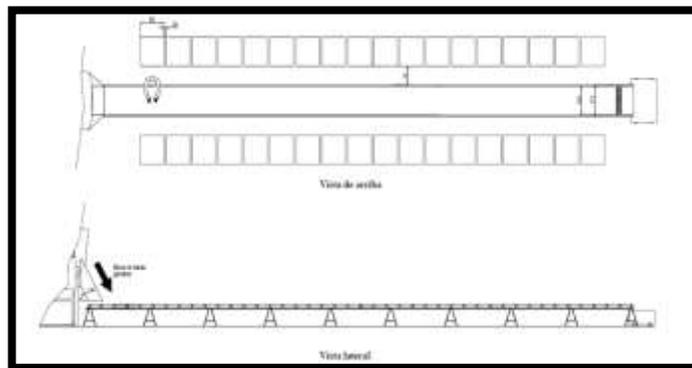
Inicialmente se realizó una descripción de cada una de la maquinaria a implementar en el proceso mediante revisión bibliográfica, para obtener información específica, con el fin de determinar y establecer las dimensiones y capacidad de cada equipo. A continuación se presentan la descripción de los equipos seleccionados para el mejoramiento del proceso técnico-operativo de la planta.

Banda transportadora

La banda transportadora funciona mediante rodillos giratorios. La velocidad de la banda puede variar entre 0.3 - 2 m/s. Es preferible una banda con ajuste manual de la velocidad, según las necesidades del trabajo. Si se prefiere trabajar con velocidad fija, esta debería ser entre 0.5 y 1 m/s.

El ancho de la banda debe estar entre 0.8 - 1 m, este ancho es ideal para que puedan trabajar los operarios a los dos lados de la banda y seleccionar los residuos sobre todo el ancho de ésta. A los dos lados debe tener una protección para que las manos de los trabajadores no se cojan entre la banda y sus soportes. La elevación de la banda sobre el suelo puede variar entre 70 y 85 cm, dependiendo de la estatura promedio de los trabajadores. Si la banda es demasiado baja, deben inclinarse, lo que causara dolores y enfermedades de la columna; y si es demasiado alta, el levantamiento de los brazos causará dolores y enfermedades en las articulaciones [34].

Ilustración 15: Banda trasportadora



Fuente: [34]

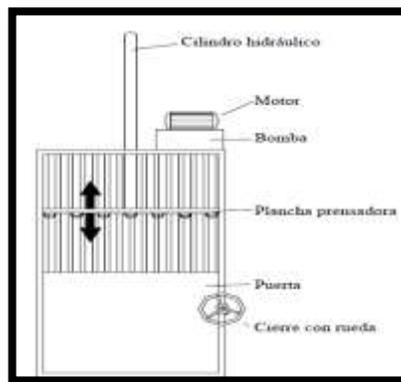
El largo de la banda depende de la cantidad de residuos que se tratan y del número de fracciones en que se clasifica. Generalmente las bandas tienen un largo entre 10 y 30 m; la planta de reciclaje la Alquería se define como una planta mediana ya que recibe aproximadamente 10 ton/semana de residuos, para esto se recomienda un diseño estándar con una banda que tiene el largo de 10 m. Esto es suficiente para esta cantidad de residuos, ya que esta banda transportadora es adecuada para recibir hasta 50 ton/semana. No es factible obtener una banda más corta, ya que es necesario un cierto largo para poder separar todas las fracciones necesarias y según la proyección de entrada de residuos a la planta durante los meses de mayor selección esta banda sería la más adecuada [34].

Prensa Hidráulica

La compactación del material reciclable es uno de los parámetros más importantes para su comercialización. El plástico, papel, cartón y recipientes metálicos son materiales muy voluminosos que tienen poco peso y con una compactación adecuada, el volumen de estos materiales se puede reducir considerablemente. Por consecuencia, la compactación permite bajar los costos de transporte que son uno de los más importantes factores para la eficiencia económica del reciclaje [34].

En la planta de reciclaje la Alquería cuentan con una prensa hidráulica vertical pero las dimensiones de esta no son suficientes para compactar la cantidad de residuos que son seleccionados para su comercialización. Por esto es necesaria la implementación de una prensa hidráulica con mayor capacidad para así economizar tiempo, mano de obra y obtener un mayor grado de compactación [34].

Ilustración 16: Prensa Hidráulica



Fuente: [34]

Lavadora de plástico

El precio del plástico es mayor cuando el material está completamente limpio (etiquetas, papeles, residuos de material biodegradable). Muchas empresas que procesan el plástico no disponen de equipo para limpiarlo y deben contar con empresas que realicen el lavado del material lo cual implica mayores gastos o algunos prefieren comprar plástico limpio. La limpieza del plástico dentro de la planta de reciclaje la Alquería establece una importante ventaja económica puesto que el ingreso será mayor por plástico seleccionado y limpio. Existen varias tecnologías para limpiar plásticos la más sencilla es el lavado manual. En las plantas de reciclaje con mayor capacidad se puede considerar el lavado mecanizado, para este existen diferentes tecnologías: Lavado de trozos grandes en una lavadora de plástico, y trituración mecánica de los plásticos con lavado sucesivo [34].

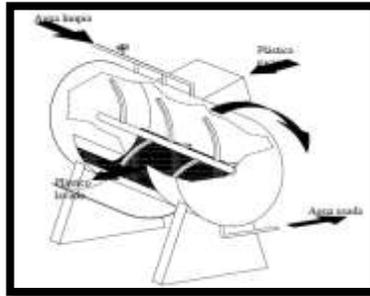
Tabla 12: Ventajas y desventajas de métodos para el lavado de plástico

Criterio		Lavado manual	Lavado de trozos grandes con lavadora	Trituración y lavado mecanizado de trozos pequeños
Tecnología	Preparación del material	Preparación manual del material (abrir los lados, cortar botellas verticalmente).	Trituración manual preliminar (abrir los lados, cortar botellas verticalmente con guillotinas o machetes).	Trituración mecánica en trozos pequeños (con cuchillos giratorios u otra tecnología equivalente).
	Lavado	Lavado manual en piscinas o tanques grandes.	Lavado mecánico en una lavadora tipo tambor giratorio.	Lavado mecánico en un tanque con corriente de agua.
	Secado	Secado al aire (colgando el material sobre hilos).	Secado mecánico con fuerza centrífuga o secado al aire.	Secado mecánico con aire caliente.
Costo de inversión		Bajo (inversión para la construcción de la piscina o la compra del tanque, galpón o techo para el secado al aire)	Mediano (construcción de la lavadora, galpón o techo para el secado al aire).	Alto (construcción de la trituradora, del sistema de lavado y de la secadora).
Criterio		Lavado manual.	Lavado de trozos grandes con lavadora.	Trituración y lavado mecanizado de trozos pequeños.
Costo operativo		Mano de obra (alto) Agua (bajo)	Mano de obra (alto) Agua (bajo) Electricidad (mediano)	Mano de obra (bajo) Agua (bajo) Electricidad (alto)
Rendimiento		Bajo 10-25 Kg/(persona*hora)	Bajo 17-80 Kg/h ó 10-30 Kg/(persona*hora)	Alto < 1/h en una línea de producción
Calidad del producto		La limpieza depende del compromiso de los operarios. El secado al aire permite obtener un producto sin humedad.	Se obtiene una buena limpieza del producto. Grasa y aceite se deben sacar con detergente. El secado mecánico con centrifuga no da resultados óptimos (20% de humedad después del secado).	Se obtiene una buena limpieza del producto. Grasa y aceite se deben sacar con detergentes. El secado con corriente de aire caliente permite eliminar la humedad completamente en poco tiempo.
Aptitud para el transporte		El material es fácil de compactar debido a sus grandes dimensiones.	El material es fácil de compactar debido a sus grandes dimensiones	El material es pequeño el cual es difícil de compactar, se recomienda aplicar este proceso si el procesamiento interior del material se realiza en el mismo sitio.
¿Cuándo elegir que tecnología?		Planta de reciclaje pequeña. Mano de obra económica. Materiales plásticos de gran tamaño. Clima caliente. Cantidad baja de plástico procesado (<250 Kg/d)	Planta de reciclaje mediana o grande. Mano de obra económica. No se puede procesar el plástico en el mismo sitio. Cantidad baja o mediana de plástico procesado (<1 t/d)	Planta de reciclaje mediana o grande. Mano de obra cara. Se procesa el plástico en el mismo sitio. Alta cantidad de plástico procesado.

Fuente: [34]

Según el cuadro comparativo la mejor opción para la Planta de Reciclaje la Alquería es el lavado de trozos grandes con lavadora y secadora, teniendo en cuenta que la cantidad de residuos procesados es menor a 1 ton/día, y a las dimensiones de la planta, los cuales hacen que este equipo sea considerado el más adecuado.

Ilustración 17: Lavadora de Plástico



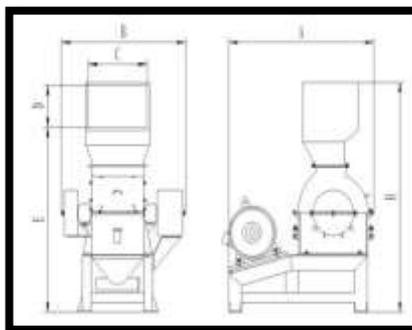
Fuente: [34]

Trituradora- Lavadora de Vidrio

La clasificación según los colores se realiza completamente a mano. Con esto, se puede lograr una pureza de 100 % para cada color de vidrio. Para comercializar el vidrio a mayor precio y reducir los costos de transporte, es muy importante que éste no contenga impurezas, que sea clasificado por colores, que este limpio y triturado. La trituración de las botellas, envases y recipientes puede lograr una reducción volumétrica de 80 %, lo que es muy importante para el almacenamiento y el transporte. El tamaño del vidrio triturado debe ser entre 0.3 y 3.5 cm, dependiendo de las condiciones de mercadeo pero con las trituradoras no es posible obtener un tamaño único, el resultado es un conjunto de partículas con tamaños diferentes [34].

Los equipos más comunes para la trituración del vidrio son el molino con martillos y el molino de bolas, con los dos se pueden lograr tamaños adecuados.

Ilustración 18: Molino con martillos



Fuente: [35]

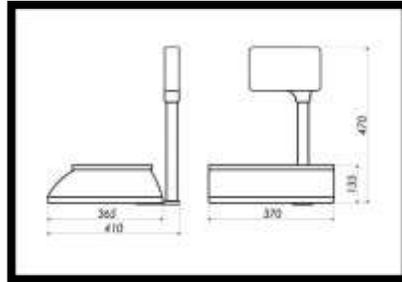
El equipo más adecuado para la trituración de vidrio en la planta la Alquería es el molino con martillo ya que por sus dimensiones y su capacidad (300 Kg/día – 500Kg/día), es el más apropiado para procesar la cantidad de vidrio que se selecciona en la planta al día además por su fácil operación. Hay que

considerar que con la implementación de este equipo en la planta se va a observar un considerable aumento de consumo de energía.

Balanza y Registro

La balanza y el registro de los materiales reciclados son importantes para manejar una planta de reciclaje.

Ilustración 19: Balanza y Registro



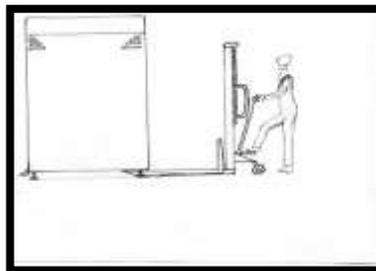
Fuente: [36]

Las balanzas eléctricas son las adecuadas para el pesaje del material previamente compactado en una planta de reciclaje mediana semi-mecanizada, para la planta la Alquería la balanza más apropiada es una mayor o igual a 1000 kg, ya que los bultos compactados en la prensa hidráulica de la planta tienen frecuentemente un peso que supera los 500 kg.

Montacargas manual.

Para poder mover las pacas de residuos previamente compactados se debe contar con un montacargas manual para que el operario no tenga que hacer grandes esfuerzos físicos. Debido al peso de las pacas (entre 250 y 600 kg, dependiendo del material compactado) no es posible realizar el transporte interno sin este equipo. Las dimensiones deben ser aptas para poder cargar las pacas directamente de la prensa hidráulica o de la balanza sobre el montacargas, esta alternativa requiere de menos mano de obra para la planta.

Ilustración 20: Montacargas manual



Fuente: [36]

Una vez determinadas las características de cada una de la maquinaria formulada se realizó la cotización a los 5 proveedores seleccionados con los siguientes requerimientos técnicos.

Tabla 13: Requerimientos Técnicos Maquinaria

EQUIPO	REQUERIMIENTOS TECNICOS
Banda Transportadora	Velocidad: 0.3 - 2 m/s Ancho de la Banda: 0.8 -1 m Altura: 70 - 85 cm Largo: 10 m Capacidad: 400 kg/ Hora
Prensa Hidráulica	Compactación de: Plástico, Botellas de Pet, Papel, Cartón y Aluminio. Peso de la Paca: 200 – 500 Kg.
Lavadora y secadora de plástico	Capacidad: 100 – 200 Kg por carga. Tiempo Promedio de Lavado y Secado: 1 Hora.
Molino de Vidrio	Tamaño Trituración: 0,3 – 3,5 cm. Capacidad: 300 – 500 Kg/Hora
Bascula	Capacidad: 1 – 2 Toneladas.
Montacargas	Capacidad: 1000 Kg

FUENTE: Autora

Algunas de las empresas consultadas realizaron visitas previas a la planta con el fin de hacer un reconocimiento estructural para la determinación del área disponible, posteriormente enviaron sus respectivas cotizaciones y se realizó la evaluación para definir la mejor alternativa basada en condiciones de flexibilidad, costo, capacidad, mano de obra necesaria, mantenimiento, consumo de energía, infraestructura necesaria, garantía e instalación, este procedimiento se presenta en el (Anexo 3).

La empresa elegida como proveedor de la maquinaria para la planta de reciclaje La Alquería es la empresa “Maquinaria para Reciclaje”, siendo este el proveedor conveniente para realizar las mejoras tecnológicas, ya que esta cumple con las condiciones dichas anteriormente.

En la tabla 16 presentada a continuación, se muestra el equipo necesario para mejorar las condiciones del proceso productivo de la planta de reciclaje La alquería, se escogieron según sus características siendo las mas adecuadas según su costo y beneficio.

Tabla 14: Selección de maquinaria para la planta La Alquería

CANTIDAD	REFERENCIA/MODELO	CARACTERISTICAS TECNICAS	PRECIO IVA INCLUIDO	BENEFICIO
1	 <p>BANDA TRANSPORTADORA PARA SELECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS 1,5 Hp</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Chasis: Construcción en lámina calibre 14, banda sobre mesa, con faldones laterales de 200mm de altura. Con boca de descargue de 900mm de ancho. ▪ Inclinación: 0 grados. ▪ Longitud: 15000 mm entre ejes de los rodillos. ▪ Altura de descargue: 800mm. Tipo de banda: Banda PVC de dos lonas, con superficie antifricción, importada. ▪ Ancho de la banda: 800mm ▪ Rodillo motriz de 5" de diámetro, encauchado. ▪ Rodillo de cola de 6" de diámetro. ▪ Tolla de alimentación de la banda para vaciar material en ella. ▪ Estaciones con extensión para graduación de la altura de la banda y su inclinación, para otras posibles aplicaciones. ▪ Transmisión por motor reductor de 1,5 hp, relación de reducción 50:1. ▪ Acabados: Pintura, color a convenir. ▪ Variador de velocidad para regular la velocidad de la banda y facilitar la clasificación. ▪ Voltaje: 220V (3phase. 60Hz) ▪ Mano de obra: 6-8 operarios 	<p>\$ 37.120.000 (Neto \$32.000.000 + IVA 5.120.000)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mayor selección de residuos ▪ Mejores condiciones de trabajo para los operarios ▪ Aumento de ingresos ▪ Bajo nivel de ruido ▪ Alto nivel de eficiencia energética

CANTIDAD	REFERENCIA/MODELO	CARACTERISTICAS TECNICAS	PRECIO IVA INCLUIDO	BENEFICIO
1	 <p data-bbox="449 1109 758 1182">Prensa Hidráulica 25 Hp 220V</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Energía: 220V Trifásica 60Hz ▪ Servicio de compactación: 50 toneladas. ▪ Dimensiones de la paca: 120 x 80 x 80 - 100 centímetros. ▪ Peso de la paca: hasta 400 Kilogramos con botellas de PET (con papel 600 kilogramos). ▪ Motor SIEMENS: 25 hp (22Kw) 1.700 r.p.m. ▪ Arrancador: Estrella – Triángulo. ▪ hidráulico: Bomba doble de 16 galones marca GALTECH de fabricación Italiana. Control de mando con dos palancas, con válvula de alivio marca GALTECH. Reloj hidráulico de presión de 10.000 libras PSI con glicerina. ▪ Hidráulico de compactación: Camisa de 165 milímetros de diámetro exterior, con eje de 2250 milímetros de largo, con eje macizo de 100 milímetros de grosor. ▪ Hidráulico extractor de la paca de 750 milímetros de largo con eje macizo de 50 milímetros de grosor. ▪ Mangueras: 3000 Libras PSI. ▪ Dimensiones de la máquina: 	<p data-bbox="1297 870 1535 995">\$ 50.460.000 (Neto \$43.500.000 +\$6.960.000 IVA)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mayor grado de compactación ▪ Mayor capacidad de compactación ▪ Eficiencia energética: los componentes eléctricos garantizan un 40 % de ahorro. ▪ Bajo nivel de ruido

		<p>Largo: 230 centímetros; Ancho: 140 centímetros; Alto con el cilindro hidráulico 345 centímetros.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tanque de aceite hidráulico: 80 galones (TELLUS 68 de SHELL) no INCLUIDO. ▪ Filtros industriales de succión y retorno. ▪ Peso de la máquina: 3500 Kilogramos <p>Capacidad para compactar: envases plásticos, botellas de PET, papel, cobre, aluminios.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mano de obra: 2 operarios 		
--	--	--	--	--

CANTIDAD	REFERENCIA/MODELO	CARACTERISTICAS TECNICAS	PRECIO IVA INCLUIDO	BENEFICIO
1	 <p data-bbox="451 1144 760 1318">UNIDAD de LAVADO 15 Hp PARA PLÁSTICOS RÍGIDOS MPR CICLON Dos en una, Lava y seca</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Potencia: 11 KW. (15 hp) ▪ 220V 3 Phase 60 Hz ▪ Capacidad: 100 Kg por carga. NOTA: El rendimiento en operación depende de: <ul style="list-style-type: none"> • La continuidad en la alimentación; • La forma y grado de suciedad del plástico que se está lavando ▪ Soportes en acero estructural canal U de 3 pulgadas. ▪ Tanque en lámina calibre 1/8 acero Cold Rolled CR ▪ Eje de 6 pulgadas de diámetro x 2400 milímetros. 8 aspas en acero 5160. ▪ Criba en acero INOX 316 con pasos de 4 milímetros. ▪ Tubo de entrada de agua de ¾ de pulgada. ▪ Rodamientos SEALMASTER ▪ Chumacera de trabajo pesado 2 pulgadas ¼ ▪ Tiempo promedio por ciclo 10 minutos. Tiempo total de lavado-secado: 30 minutos ▪ Turbina de secado NOVA: 1Hp. ▪ Ciclo de secado: AIRE calentado por GAS. ▪ Peso de la Máquina: 750 Kg. ▪ Criba en acero inoxidable ▪ Medidas de la máquina: 2000 x 800 x 2200 milímetros ▪ Mano de obra: 2 operarios 	<p data-bbox="1297 901 1537 1026">\$ 26.680.000 (Neto \$23.000.000 + IVA \$3.680.000)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menor cantidad de residuos de rechazo ▪ Bajo nivel de ruido ▪ Alto nivel de eficiencia energética ▪ Menor tiempo de lavado y secado

CANTIDAD	REFERENCIA/MODELO	CARACTERISTICAS TECNICAS	PRECIO IVA INCLUIDO	BENEFICIO
1	 <p data-bbox="443 1036 766 1112">Molino para VIDRIO MPR V3HP</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Potencia: 2,2 kW (3Hp) ▪ Energía: 3phase 220V 60 Hz. ▪ Sistema de molienda: Tipo martillos en acero 41-40 templados ▪ Estructura: Tubo cuadrado de 1 ½" Cr Cold Roller laminado frio ▪ Rendimiento promedio (Kilogramos /hora): 300 ▪ Niveladores: 4 ▪ Transmisión de potencia: poleas y volante ▪ Acabados: Pintura electrostática ▪ Diámetro de los pasos de la criba: 50 mm ▪ Sistema de bloqueo eléctrico por apertura de la cámara de molido. ▪ Sistema de parada de emergencia ▪ Tapa de seguridad de la tolva ▪ Medidas del molino: 600 x 740 x 1750 mm ▪ Peso del molino: 250 Kg ▪ Mano de obra: 2 operarios 	<p data-bbox="1297 688 1535 813">\$10.788.000 (Valor neto \$9.300.000 + IVA \$ 1.488.000)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mayor capacidad de molido ▪ Bajo nivel de ruido ▪ Alto nivel de eficiencia energética ▪ Seguridad operacional para los operarios

CANTIDAD	REFERENCIA/MODELO	CARACTERISTICAS TECNICAS	PRECIO IVA INCLUIDO	BENEFICIO
1	 <p>BASCULA BAJO PERFIL FULL ACERO INOX BBG REF: BP-INOX</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 4 sensores de acero inoxidable. ▪ Fabricación en acero estructural ▪ Opera a corriente y batería recargable ▪ Medidas de 1.10cm x 1.10cm ▪ Capacidad: 0 kg a 2TN 	<p>\$1.740.000(Valor neto \$1.500.000 + IVA \$ 240.000)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mayor capacidad de pesaje
1	 <p>Montacargas Manual Hidráulico para 1 tonelada PA1015 OTMT</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Elevación por medio de la palanca de bombeo. ▪ Liberación de carga sensitiva. ▪ Construcción robusta de Acero. ▪ Capacidad: 1,000 kg, ▪ Ancho: 30" ▪ Máxima altura de cuchillas: 59" ▪ Mínima altura de cuchillas: 3-1/2" ▪ Largo de cuchillas: 45-1/4" ▪ Altura Total: 79"OTMT 	<p>\$10.092.000 (Valor neto \$8.700.000 + IVA \$1.392.000)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejores condiciones de trabajo para los operarios

FUENTE: Autora

5.2.2 Capacidad de producción en áreas del proceso.

Se realizaron balances de materia los cuales fueron desarrollados en el software Microsoft Visio ver (anexo 4, 5 y 6) el objetivo fue calcular y obtener la eficiencia y la capacidad de producción de la planta con las mejoras tecnológicas formuladas, se elaboró un balance con la actuales condiciones de la planta, otro con las mejoras planteadas en el presente trabajo de investigación por hora, y el ultimo con la misma mejora planteado analizado al día, para esto se identificaron las entradas y salidas de cada una de las operaciones realizadas en el proceso de producción de la planta. En el primer diagrama se representan las entradas y salidas de operación durante un tiempo de una hora desde la selección hasta el almacenamiento como se muestra en el anexo 4, en el segundo diagrama se representa las cantidades y los tiempos de operación según la capacidad de la maquinaria en una hora como se muestra en el anexo 5, y el tercer diagrama representa las entradas y salidas de la planta desarrollado al día en un tiempo de 7 horas las cuales son las horas laboradas por los operarios, este diagrama se muestra en el anexo 6. Con los resultados obtenidos se determinó la eficiencia la planta como se muestra a continuación.

$$Eficiencia = 100\% - \left(\frac{400 \frac{Kg}{h} \text{ Capacidad de Selección} * 100\%}{\frac{225,4 Kg}{h} \text{ residuos Recolectados}} \right) = 77\%$$

En el diagrama del actual procedimiento de la planta se observa las cantidades y medidas que reciben los residuos al entrar en los procesos de selección, almacenamiento, y comercialización. Aproximadamente el 10% de la cantidad ingresada es considerada como residuos de rechazo debido a características como nivel de comercialización, estado del residuo y grado de contaminación. Se puede evidenciar que la cantidad de residuos seleccionados y almacenados para su posterior comercialización es muy baja debido a la falta de maquinaria y de mano de obra.

Al realizar la propuesta de mejoras en el sistema técnico operativo se observa que la planta tendrá una capacidad de recepción de 346,1Kg/h y 2422Kg/día, y por lo tanto la cantidad de residuos seleccionados y comercializados incrementara con la implementación de nuevas maquinarias como lavadora de plástico, trituradora de vidrio y la banda transportadora la cual agiliza las actividades de selección. Este resultado se observa en el porcentaje de eficiencia de la capacidad operativa de la planta la cual obtuvo un resultado de 77%.

5.1.1 Entrevista personal operativo

Considerando que el número de operarios que trabaja en la planta no es continuo, se entrevistaron solo 4 operarios, los cuales estaban realizando la actividad de selección este día, de esta manera se identificó las condiciones laborales de los operarios, su formación y su opinión respecto al proceso de reciclaje en cada una de sus operaciones. En la Tabla 7 se muestran los resultados de las entrevistas realizadas indicando la percepción de cada uno frente a las preguntas aplicadas.

Tabla 15: Resultados entrevistas operarios Planta de Reciclaje la Alquería

ITEM	OPERARIO1	OPERARIO 2	OPERARIO 3	OPERARIO 4
Nivel Academico	8º Bachillerato	Tecnico de sistemas	Primaria	2º Bachillerato
Función dentro de la planta	Seleccionador	Seleccionador	Seleccionador	Presidenta de la Asociacion - Seleccionadora
Jornada de Trabajo	7 am - 4 pm	7am - 4 pm	7am - 5pm	7am - 4 pm
Salario	Semanal	Semanal-120.000	Semanal	Semanal o 20.000 diarios en reuniones
Tiempo de trabajo en el sector del reciclaje	6 años	6 años	2 años	4 años
Clase de residuos que selecciona	Archivo, periodico, tetrapack,plastico, pet, aluminio, plegadiza, vidrio, chatarra, tatuco.	Pet , tatuco, plastico, aluminio, chatarra, archivo, periodico,	Pet , aceite, soplado, plastico, archivo, periodico, plegadiza,	Pet, aceite, vidrio, chatarra, aluminio, poletileno de alta densidad, archivo, cartón, plegadiza
Clase de residuos de mayor selección	Todos tienen el mismo movimiento	Pet	Archivo y periodico	Pet
Residuo con mayor valor comercial	Aluminio	Pet	Pet	Aluminio
Residuo con menor valor comercial	Plegadiza	Plegadiza	Plegadiza	Plegadiza
Frecuencia de comercializacion de los residuos aprovechables	2 veces a la semana	Jueves y Viernes	Jueves y Viernes	Jueves y Viernes
Maquinaria utilizada	Compactadora	Compactadora	Ninguna	Compactadora
Maquinaria a considerar para mejorar sus actividades	Banda transportadora	Banda separadora	Ninguna	Vehiculos recolectores
Elementos de proteccion personal utilizados	Guantes de tela, chaqueta, pantalón, botas y gorra	Guantes, tapabocas, gorra	Botas punta de acero, guantes, oberol	Botas, guantes, oberol
Equipos de seguridad industrial dentro de la planta	Extintores, señalización	Extintores	Extintores	Extintores,camilla, señalización

Fuente: Autora

En la Tabla 7 se puede observar que los 4 operarios entrevistados no alcanzaron a culminar sus estudios básicos, por lo que han trabajado varios años en el sector del reciclaje perteneciendo en los últimos años a la Asociación de Recicladores de Bogotá, los cuales seleccionan más de 10 clases de residuos durante la semana,

dentro de los que se destacan por mayor selección PET, Archivo y Periódico, siendo el PET uno de los residuos con mejor valor comercial junto con el aluminio y el polietileno de baja densidad (aguapanelo). La mayoría de los operarios concuerdan con la necesidad de implementar una banda transportadora con el fin de mejorar sus condiciones laborales y aumentar la cantidad de selección de residuos. En cuanto a la utilización de equipos de protección personal, a pesar de que la Asociación les entrega sus respectivas dotaciones, muchos de los operarios optan por usarla de manera incompleta.

5.1.1.1 Costo de comercialización de material reciclable.

A continuación se presenta una lista de precios en pesos de los materiales que son comercializados en la planta de Reciclaje La Alquería, estos fueron suministrado por la presidenta de la asociación de recicladores.

Tabla 16: Precio del material comercializado en La Planta la Alquería

MATERIAL A COMERCIALIZAR	PRECIO/Kg
Archivo	250
Periódico	80
Plástico	250
Aguápanelo	400
PET	300
PET Verde	200
PET Ámbar	100
PET Aceite	100
Chatarra	150
Tatuco	350
Vasija	350
Vidrio	80

Fuente: Dirección planta La Alquería

5.2.3 Descripción de operaciones para el proceso de la planta.

La tabla 17 muestra las actividades del proceso su descripción, el tiempo de operación y la capacidad del equipo, así como la cantidad de mano de obra para cada actividad, para esto se determinaron 4 grupos de operarios denominados a, b, c y d.

Tabla 17: Descripción específicas de las actividades

Actividad	Descripción	Tiempo de operación	Capacidad del equipo	Mano de obra
Recepción de Residuos	Área donde se depositan los residuos aprovechables para su posterior selección.	8 horas	8 horas	2 ^a
Carga a la tolva	Cargue de residuos aprovechables para su selección.	4 horas	100 Kg / 15 min	2 ^a
Banda transportadora	Viaje que realizan los residuos aprovechables en la banda transportadora.	7 horas	400 Kg /h	8 ^b
Selección de residuos	Inspección visual y clasificación de los residuos aprovechables.	7 horas	400 Kg /h	8 ^b
Lavadora de plástico	Seleccionado el plástico posteriormente es lavado para su compactación.	4 horas	200 Kg/h	2 ^c
Molino con martillos	Trituración y lavado del vidrio.	4 horas	300 Kg/h	2 ^d
Compactado	Se prensa la materia prima por medio de un mecanismo de pistones hidráulicos en donde se transforma la materia en una paca con sus debidos amarres.	1 hora	Paca Pet: 400 kg/h Paca tetra pack: 600 kg/h	2 ^c ,2 ^d ,2 ^b
Verificación del producto	Zona en donde sale la paca de la compactadora para ser inspeccionada visualmente.	2 horas	7 horas	1 ^a
pesaje	Área donde se pesa y se toma registro del material compactado	7 horas	2 toneladas	2 ^b ,2 ^c ,2 ^d
Transporte al almacenamiento	Montacarga recoge el producto terminado.	3 horas	6 horas	2 ^a
Almacenamiento	El producto terminado es llevado al área de almacenamiento para su posterior comercialización.	7 horas	2 semanas	2 ^a

FUENTE: Autor.

En la tabla se observan las actividades realizadas durante el proceso de selección y clasificación de residuos para la planta de reciclaje la Alquería las cuales cuentan con una descripción general y el tiempo que se requiere para llevarlas a cabo, además del operador que la realizará.

La determinación de la mano de obra depende de las especificaciones del proveedor de la maquinaria y de la cantidad de residuos que son recolectados.

Para esto se determinaron 4 grupos de operarios denominados a, b, c y d, en la tabla se indica que 2 operarios que conforman el grupo A se encargan de recibir los residuos recolectados por los vehículos de las rutas de recolección selectiva y alimentar la banda transportadora, el grupo B conformado por 8 operadores se encargará de la clasificación de los residuos en la banda transportadora, 2 operarios del grupo C realizan el lavado del plástico y su compactación, simultáneamente el grupo D conformado por 2 operarios realizan la trituración de vidrio, el compactado de los demás materiales seleccionados (cartón, papel, periódico, entre otros) lo realizaran 2 operarios de los 8 correspondientes al grupo B, por último los responsables de cada operación se encargarán de la verificación y el transporte al almacén de producto terminado, esto incluye inspeccionar visualmente las pacas con el fin de que tengan un buen compactado.

Cada uno de los operarios cumple una jornada de trabajo determinada en la planta que son 8 horas, en el ambiente laboral se acumulan pequeños momentos de no producción, denominado tiempo no efectivo el cual es el tiempo para almuerzo, desplazamientos y esparcimientos de cortos periodos de tiempo siendo así una jornada laboral productiva de aproximadamente 6 horas y 30 minutos.

Los materiales que no son aptos de aprovechamiento son considerados como rechazos y deben caer al final de la banda transportadora en contenedores dispuestos para tal fin. Estos residuos serán transportados por 2 operarios del grupo A hasta el contenedor dispuesto para el almacenamiento para ser transferidos a disposición final en el relleno sanitario Doña Juana.

5.2.4 Determinación de las áreas de trabajo necesarias

Una vez que se han determinado y justificado la maquinaria, y la mano de obra se determinó el tamaño físico de las áreas necesarias para cada una de las actividades que se realizan en la planta como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18: Base de cálculo para cada una de las áreas de operación de la planta

ÁREA	BASE DE CÁLCULO	m ²
Recepción de residuos	28 m x 14m	392
Clasificación	22m x 6m	132
Lavado y secado de plástico	4m x 5m	20
Triturado de vidrio	4m x 5m	20
Compactación y embalaje	4m x 4m	16
Pesaje	4m x 4m	16
Almacenamiento residuos embalados	9m x 3m	18
Contenedor residuos de rechazo	9m x 4m	36
AREA TOTAL		650

FUENTE: Autora.

El área total para el funcionamiento de la planta es de 650 m², esto se determinó teniendo en cuenta las dimensiones de la maquinaria elegida, los espacios de desplazamiento de los operarios, transporte de los residuos dentro del proceso y las áreas establecidas en el plano desarrollado en el software AutoCAD suministrado por la administración de la planta.

Para determinar el área de la banda transportadora se tuvo en cuenta que al realizar esta actividad cada operador empleará contenedores para depositar cada uno de los residuos clasificados.

5.2.5 Elaboración de la distribución de planta.

Para la implementación de esta metodología se desarrollaron las siguientes fases:

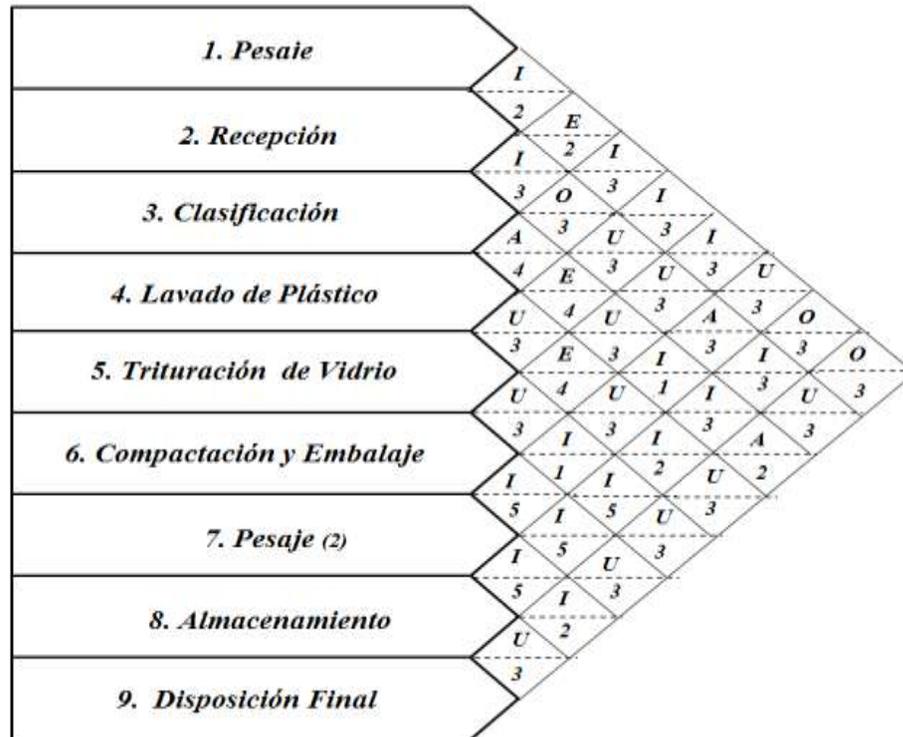
5.2.5.1 PASO 1.

En el siguiente diagrama de correlaciones se representan las actividades definidas del proceso de reciclaje de la planta la alqueria, en la matriz se muestra la relación entre actividades con los respectivos códigos de cercanía y las valoraciones de proximidad entre cada actividad.

Para la asignación de los códigos se tuvo en cuenta si la distancia entre cada una era importante o nula según la dependencia una de la otra, de igual manera se

evaluaron las condiciones por la cual es necesaria la proximidad de las operaciones si por control, por higiene, por proceso o por seguridad.

Ilustración 21: Matriz de Correlación entre actividades.



Fuente: Autora.

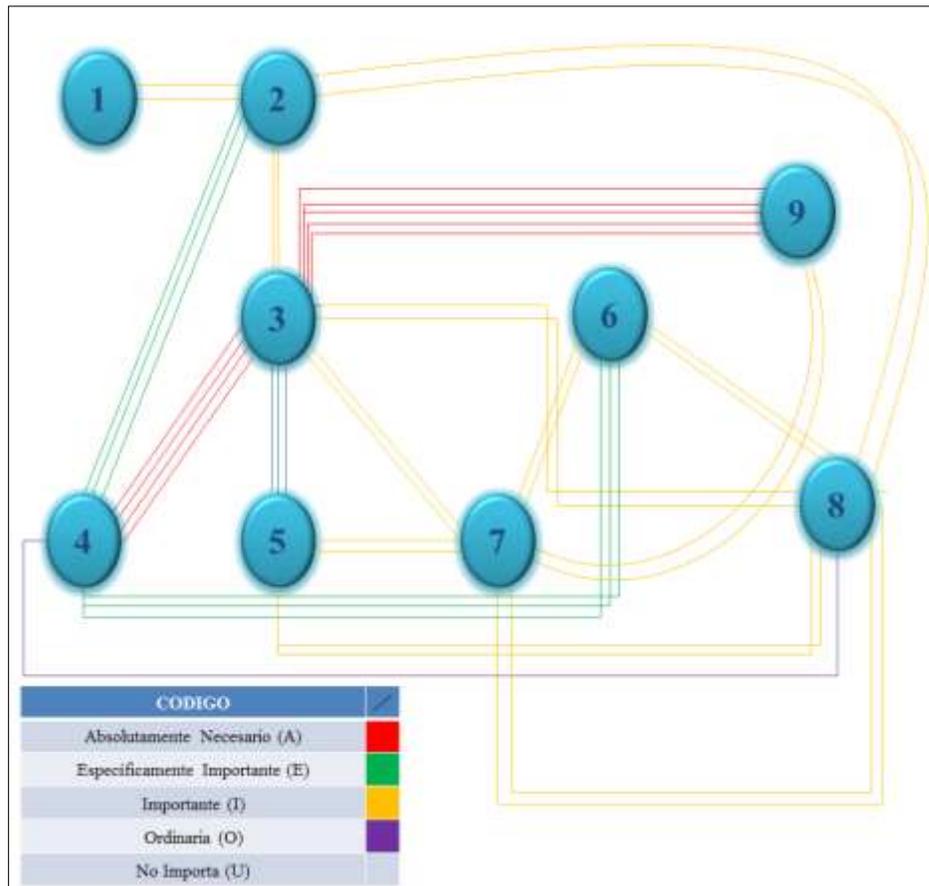
Con el desarrollo de la matriz se determinaron los códigos de razones, de esta manera se identificó la importancia de proximidad entre las operaciones del proceso a partir de esto se concluye que la actividad de clasificación es la que más se correlaciona con las demás actividades, por lo tanto en el diseño esta relación debe ser considerada para un adecuado flujo de materiales y sea eficiente la secuencia de etapas.

La seguridad y la higiene dentro del proceso son objetivos fundamentales en el presente trabajo de investigación ya que esta metodología permite determinar la proximidad teniendo en cuenta estos factores, en la aplicación de los códigos se determinó que la actividad de trituración de vidrio, compactación, lavado y secado de plástico deben estar a una distancia adecuada del almacenamiento de esta manera proporcionar condiciones de higiene y seguridad a los operarios y el material aprovechado.

5.2.5.2 PASO 2.

Partiendo del diagnóstico actual de la planta donde ya está definida la ubicación del área para las operaciones de recepción, pesaje, compactado y almacenamiento, se ubicaron las áreas faltantes para la mejora del proceso ya que la planta cuenta con una adecuada infraestructura permitiendo un mejor desarrollo de las actividades. Se trazó el diagrama de hilos el cual representa la matriz de correlación, en él se representa la ubicación para cada una de las áreas y la relación entre las actividades, el cual se muestra en la ilustración 22.

Ilustración 22: Diagrama de Hilos.



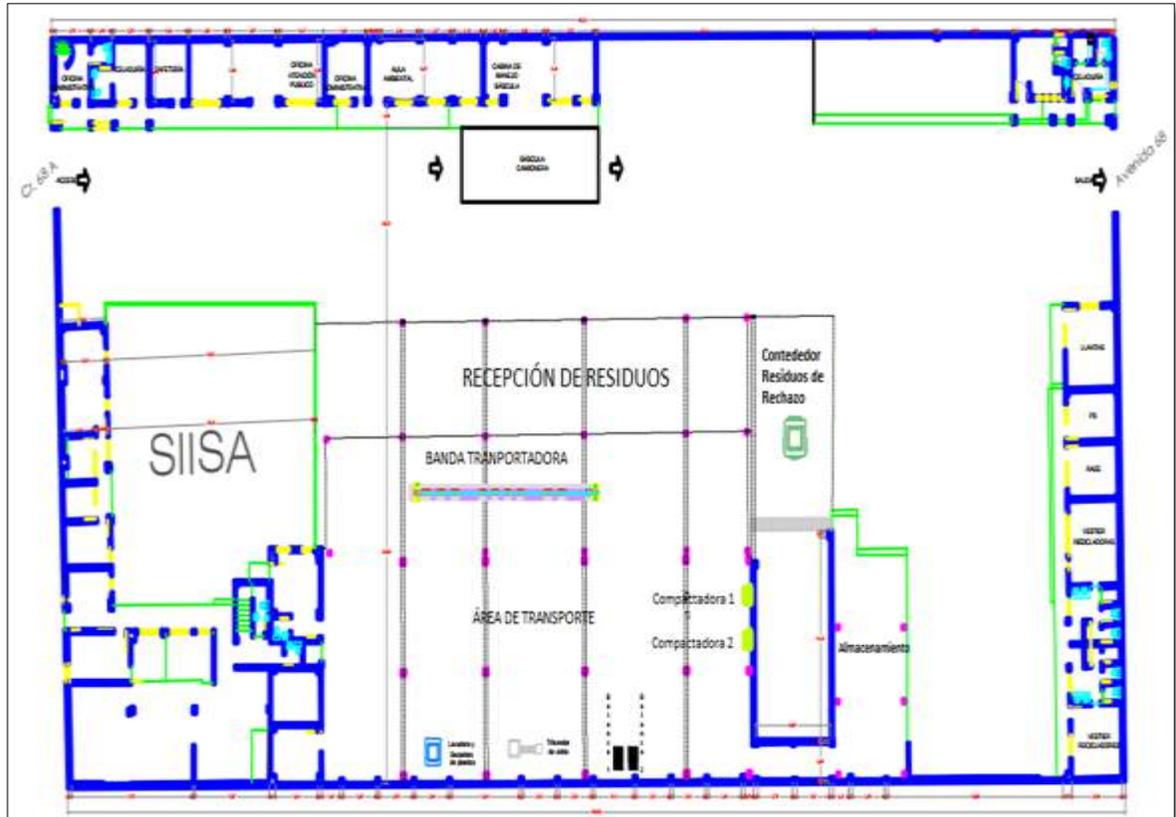
Fuente: Autora.

El desarrollo del diagrama de hilos es fundamental para el desarrollo del Layout de la planta, de esta manera se justifica la ubicación de las áreas con el método de Planificación de Diseño Sistemático teniendo en cuenta los distintos factores, con esto se determinó la distribución en planta de manera ordenada para un adecuado proceso.

5.2.5.3 PASO 3.

Se realizó el layout del proceso implementando las herramientas del software AutoCAD ver (anexo 5) teniendo en cuenta el método SLP, las cuales son respetar la cercanía entre áreas, tomar en cuenta las condiciones cuantitativas de espacio, y cualitativas (flujo de material, seguridad del trabajador, instalaciones, entre otras). El resultado final se presenta en la ilustración 23.

Ilustración 23: Plano Planta de Reciclaje La Alquería.



FUENTE: Autora.

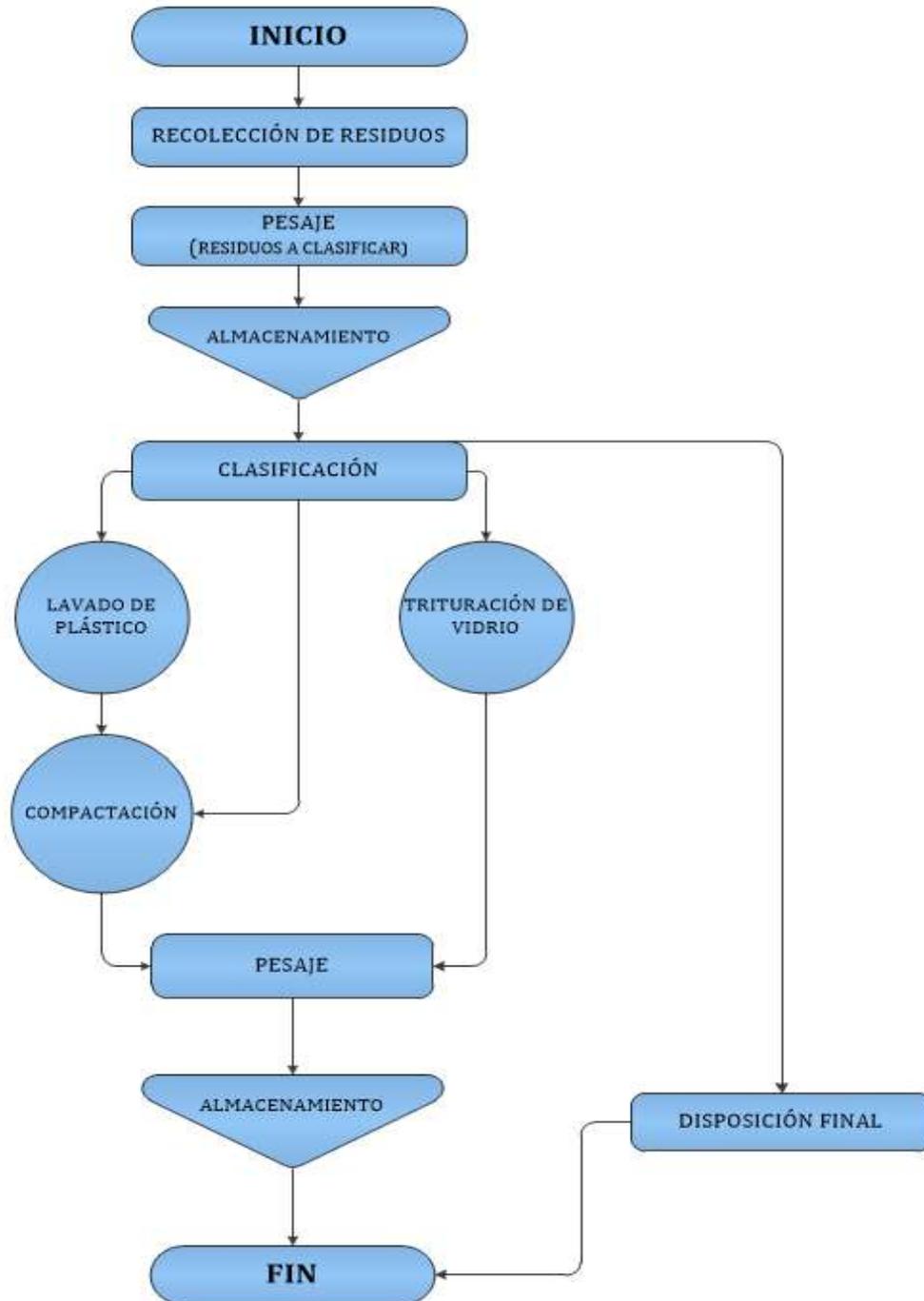
En el layout se representa la distribución de las áreas del proceso operativo con las mejoras establecidas y sus respectivas dimensiones, además, se evidencia en el plano el cambio de la ubicación del contenedor donde se almacena los residuos de rechazo, el cual se trasladará a una zona cubierta protegiéndolo de las condiciones climáticas externas.

5.2.6 Desarrollo del diagrama de flujo del proceso

Las ilustraciones 24 Y 25 son esquemas lógicos del proceso operativo de reciclaje de la planta, en ellos se detalla el flujo de los residuos que son recolectados por las rutas de recolección selectivas y transportados a la planta, estos representan

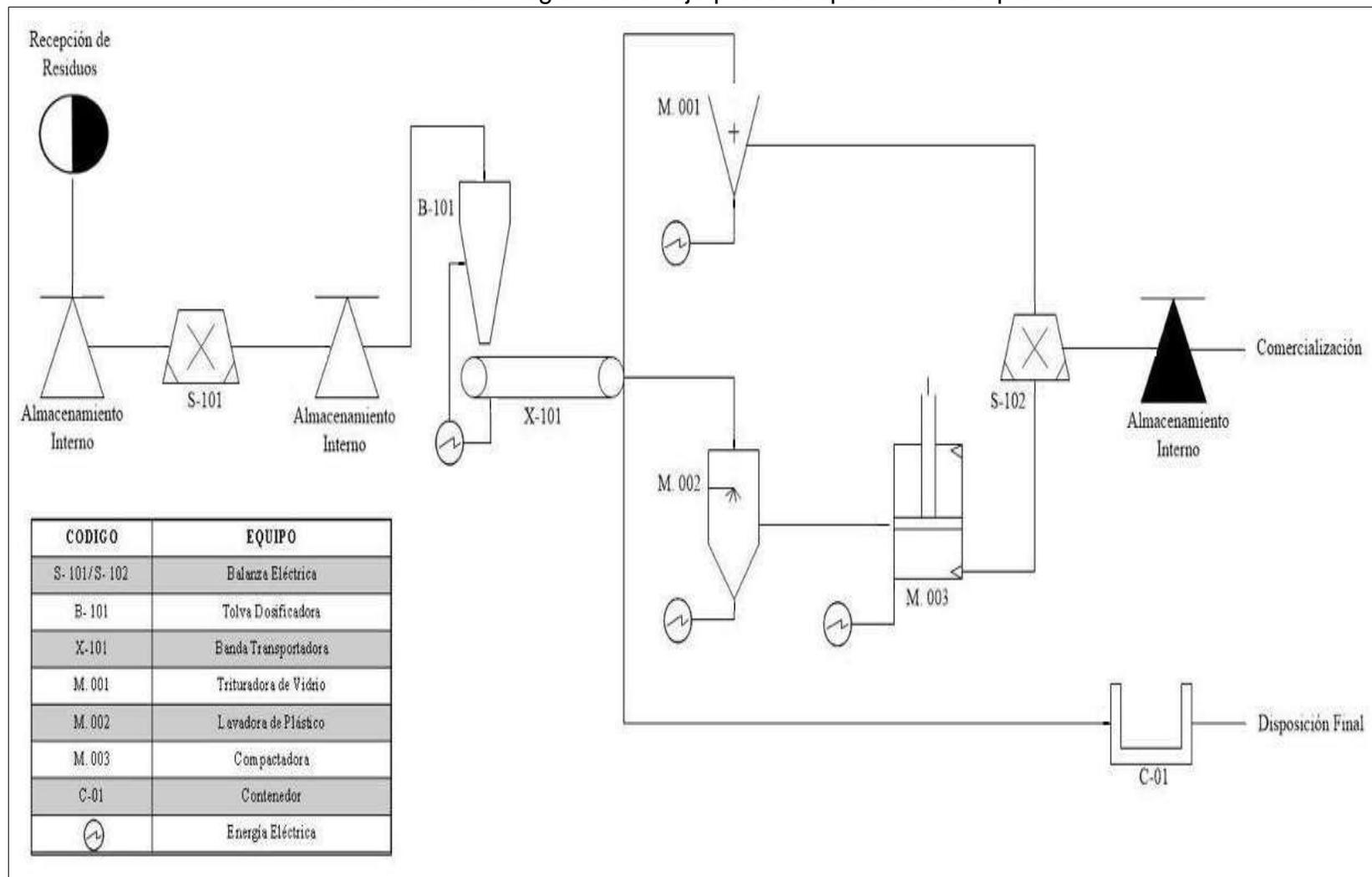
cada una de las operaciones, la distribución y el equipo implementado desde su recepción hasta su comercialización .

Ilustración 24: Diagrama conceptual del Proceso de Reciclaje en la planta La Alquería.



Fuente: Autora.

Ilustración 25: Diagrama de flujo proceso operativo de la planta



Fuente: Autora

5.3 Presupuesto de inversión.

Teniendo en cuenta el diagnóstico inicial ejecutado, fueron identificadas falencias en el proceso técnico operativo de la planta. De acuerdo a la normativa planteada referenciada en el marco legal, la planta debe cumplir con los requisitos establecidos para su funcionamiento, por tal motivo para subsanar dichas fallas es necesario que se contemplen en la acción de mejoras inversión en equipos y maquinarias en pro de la seguridad industrial, adecuación en el área física y capacitación continua a los operarios. En la tabla 19 se presenta el presupuesto requerido para la ejecución.

Tabla 19: Presupuesto de inversión en la planta de reciclaje La Alquería.

PRESUPUESTO DE INVERSIÓN			
CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
MAQUINARIA			
Banda transportadora	1	\$ 37.120.000	\$ 37.120.000
Trituradora de vidrio	1	\$ 10.788.000	\$ 10.788.000
Lavadora de plástico	1	\$ 26.680.000	\$ 26.680.000
Compactadora	1	\$ 50.460.000	\$ 50.460.000
Balanza eléctrica	1	\$ 1.740.000	\$ 1.740.000
Montacargas	1	\$ 10.092.000	\$ 10.092.000
SUBTOTAL MAQUINARIA			\$ 136.880.000
EQUIPOS			
Contenedores de 55 gal	30	\$ 50.000	\$ 1.500.000
SUBTOTAL EQUIPOS			\$ 1.500.000
EQUIPO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL			
Overol	15	\$ 25.000	\$ 375.000
Botas	15	\$ 30.000	\$ 450.000
Mascarillas desechables	30	\$ 500	\$ 150.000
Guantes de tela	15	\$ 6.700	\$ 100.500
Guantes en carnaza	8	\$ 8.000	\$ 64.000
Avisos de señalización	10	\$ 20.000	\$ 200.000

Botiquín de emergencias	1	\$ 135.000	\$ 135.000
Capacitaciones	2	\$ 150.000	\$ 300.000
SUBTOTAL EQUIPOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL			\$ 1.774.500
ADECUACIONES FÍSICA	ÁREA		
Pintura en aceite	30 gal	\$ 33.400	\$ 1.002.000
Impermeabilización pisos	20 kilos	\$ 16.900	\$ 338.000
Cobertura perimetral	80 m	\$ 30.000	\$ 2.400.000
Mano de obra	3	\$ 450.000	\$ 1.350.000
SUBTOTAL ADECUACIONES			\$ 5.090.000
INVERSIÓN TOTAL		\$ 145.244.500	

Fuente: Autora

La inversión total para mejorar proceso en la planta es de \$145.244.500, el cual podría ser financiado por diferentes fuentes de apoyo local y nacional como la Alcaldía Mayor de Bogotá y Bancoldex, ya que este proyecto es un programa social y ambiental que genera reactivación y crecimiento en la economía de los operadores como en la planta y aumentará la oferta de empleo y demanda del material.

6. CONCLUSIONES

Con la implementación de las mejoras tecnológicas formuladas, la planta La Alquería incrementará a un 77% su eficiencia para el aprovechamiento de los

residuos sólidos tratados en la planta, por esto es totalmente viable realizar las mejoras tecnológicas en la planta de reciclaje, permitiendo de esta manera un control adecuado de los procesos operativos. Sin embargo se debe legalizar un contrato entre la administración y el personal de tal forma que se establezcan las condiciones laborales y su cumplimiento en cada una de las operaciones realizadas en el proceso.

La construcción de plantas de reciclaje en la ciudad de Bogotá es una alternativa para disminuir la cantidad de residuos sólidos que son dispuestos en el relleno sanitario Doña Juana, para ello es necesario incentivar la cultura de reciclaje en la ciudad.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda a la administración de la planta desarrollar un proyecto educativo en materia de reciclaje en los edificios y conjuntos donde se realiza la recolección de residuos por parte de las rutas de selectivas para que la población identifique

las características del material aprovechable y minimizar las cantidades de residuos de rechazo almacenados en la planta.

Se recomienda a la unidad administrativa de servicios públicos especiales (UAESP) junto con la alcaldía mayor de Bogotá disponer de vehículos para las rutas de recolección selectiva, considerando que en la actualidad los operarios de la planta contratan vehículos informales para dicha recolección, disminuyendo el valor total de sus ingresos semanales.

Se recomienda a la administración de la planta diseñar un programa de control de vectores, ya que en las instalaciones no se tiene un adecuado manejo para los diferentes vectores observados en las inspecciones realizadas en la planta.

Se recomienda a la administración de la planta desarrollar un plan de medidas de seguridad industrial y salud ocupacional para mejorar las condiciones laborales de los operarios.

Se recomienda a la administración elaborar y ejecutar un plan de contingencia para el mejor funcionamiento de la planta en caso de falla y/o emergencia.

Se recomienda tomar como referencia esta investigación para la formulación y el mejoramiento tecnológico en plantas de reciclaje.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] N. L. Rivera, "Propuesta de un Programa para el Manejo de los Residuos Sólidos en la plaza de Mercado de Cerete – Córdoba", Bogotá: Universidad Pontificia Javeriana, 2009.
- [2] Alcaldía Mayor de Bogotá, «Programa Basura Cero,» 12 Julio 2012. [En línea]. Available: <http://www.bogota.gov.co/ciudad/bogota-basura-cero>. [Último acceso: 20 Abril 2015].
- [3] Alcaldía Mayor de Bogotá, «[http://portel.bogota.gov.co/mad/info_sitio.php?id_sitio=79237,](http://portel.bogota.gov.co/mad/info_sitio.php?id_sitio=79237)» 26 Noviembre 2012. [En línea]. Available: http://portel.bogota.gov.co/mad/info_sitio.php?id_sitio=79237. [Último acceso: 13 Abril 2015].
- [4] Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, «Sección II Título F,» de *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*, Bogotá, 2000.
- [5] Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, *Decreto 2981 de 2013*, Bogotá, 2013.
- [6] G. Tchobanoglous, H. Theisen y S. Vigil, *Gestión Integral de Residuos Sólidos*, McGraw-Hill, 1997.
- [7] ICONTEC, *Norma Técnica Colombiana OHSAS 18001: Sistemas de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional*, Bogotá, 2007.
- [8] M. Calderón, «La Alquería, único centro de reciclaje en Bogotá,» 26 Noviembre 2012. [En línea]. Available: <http://www.bogota.gov.co/localidades/kennedy/La-Alqueria-unico-centro-de-reciclaje-en-Bogota>. [Último acceso: 22 Septiembre 2015].
- [9] Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, «Centro de Reciclaje La Alquería,» [En línea]. Available: <http://www.uaesp.gov.co>. [Último acceso: 22 Septiembre 2015].
- [10] D. C. Moreno y L. M. Muñoz, *Estudio de impacto ambiental y plan de manejo ambiental de la fase 1 para la ruta de recolección selectiva y la operación del Centro de Reciclaje la Alquería*, Bogotá, 2007.
- [11] Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, «Basura Cero: UAESP,» 28 Septiembre 2013. [En línea]. Available:

http://www.uaesp.gov.co/uaesp_jo/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=52. [Último acceso: 1 Octubre 2015].

- [12] Alcaldía Mayor de Bogotá, «Observatorio Ambiental de Bogotá,» 09 Junio 2013. [En línea]. Available: <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/con-la-comunidad/campa%C3%B1as/programa-basura-cero>. [Último acceso: 20 Abril 2015].
- [13] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, «Construcción de criterios técnicos para el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos con alta tasa de biodegradación, plásticos, vidrio, papel y cartón,» Bogotá, 2008.
- [14] A. Sanchez Gandara, *Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sostenible*, Mexico: S y G Editores, 2011.
- [15] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio., «Decreto 1077 de 2015,» Mayo 2015. [En línea]. [Último acceso: 2016 Febrero 4].
- [16] Alcaldía Mayor de Bogotá, *Decreto 312 de 2006*, Bogotá, 2006.
- [17] Alcaldía Mayor de Bogotá, *Decreto 456 de 2010*, Bogotá, 2010.
- [18] Alcaldía Mayor de Bogotá, *Decreto 113 de 2003*, Bogotá, 2003.
- [19] ICONTEC, *Guía Técnica Colombiana 24 : Gestión ambiental, residuos sólidos, guía para la separación en la fuente.*, Bogotá, 2009.
- [20] ICONTEC, *Guía Técnica Colombiana 35: Gestión ambiental, residuos, guía para recolección selectiva de residuos.*, Bogotá, 97.
- [21] ICONTEC, *Guía Técnica Colombiana 53-2 : Guía para el aprovechamiento de los residuos plásticos.*, Bogotá, 2004.
- [22] ICONTEC, *Guía Técnica Colombiana 53-3 : Guía para el aprovechamiento de envases de vidrio.*, Bogotá, 2004.
- [23] ICONTEC, *Guía Técnica Colombiana 53-4 : Guía para el reciclaje de papel y cartón.*, Bogotá, 2003.
- [24] ICONTEC, *Guía Técnica Colombiana 53-6*, Bogotá, 1999.
- [25] ICONTEC, *Guía Técnica Colombiana 45: guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional*, Bogotá, 2010.
- [26] ICONTEC, *Guía Técnica Colombiana 53-8 : Guía para la minimización de los impactos ambientales de los residuos de envases y embalajes*, Bogotá, 2007.
- [27] Congreso de Colombia, *Ley 1562 de 2012*, Bogotá, 2012.
- [28] Ministerios de Trabajo y Seguridad Social y de Salud, *Resolución 1016 de 1989*, Bogotá, 1989.
- [29] Gobierno de España, *Ley 22 de 2011*, Madrid, 2011.
- [30] Comisión Europea, *Estrategia temática sobre prevención y reciclaje de residuos*, Bruselas, 2005.

- [31] Unidat Europea, *Directiva 91/156/CEE*, Bruselas, 1991.
- [32] P. Perez y O. Gomez, «Metodo SLP (Sistematic Layout Planning),» Universidad de Matanzas , Cuba, 2010.
- [33] A. Lopez y Y. Caraveo, Reciclaje de papel y carton en la region Guaymas-Empalme alternativa de inverion: Estudio Tecnico, Guaymas-S: Instituto Tecnologico de Sonora, 2009.
- [34] E. Roben, El Reciclaje. Oportunidades para Reducir la Generacion de los Desechos Solidos y Reintegrar Materiales Recuperables en el Circulo Economico., Loja, 2003.
- [35] Mayper, «Consultoria y maquinaria para la industria del reciclaje de plasticos,» [En línea]. Available: <http://mayper.com/wp/fotos/molinosmartillos/>. [Último acceso: 29 Octubre 2015].
- [36] Domenech, «Domenech: machinery&sytemes,» [En línea]. Available: <http://www.domenechmaquinaria.com/productos/reciclaje/>. [Último acceso: 29 Octubre 2015].
- [37] Camara Argentina de papel y afines, «Papel, carton y cartulinas,» [En línea]. Available: <http://www.camarapapel.org.ar/papel-tipos-aplicaciones.php>. [Último acceso: 7 Octubre 2015].
- [40] A. C. V. Patiño, Gestion ambiental y tratamiento de Residuos Urbanos, Madrid : Universidad Computlense de Madrid, 2006.
- [41] J. E. P. Renza, "Optimización del Manejo de los Residuos orgánicos para elaborar Bioabono en la planta de Tratamiento de Residuos Sólidos del Valle de Sibundoy", Sibundoy Putumayo: Escuela Superior de Administración Pública, 2008.
- [42] L. M. Z. M. Gladys Jaramillo Henao, "Aprovechamiento de los Residuos Sólidos orgánicos en Colombia", Medellin: Universidad de Antioquia, 2008.