



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

TÍTULO: INGENIERO CIVIL

AUTORA:

CÓRDOVA MANCHENO, MARÍA VERÓNICA

**GESTIÓN INTEGRAL PARA EL APROVECHAMIENTO
ECONÓMICO Y AUTOSUSTENTABLE DE LOS RESIDUOS
SÓLIDOS DEL CANTÓN PUERTO LÓPEZ**

TUTOR:

ING. FABIÁN NEIRA RUIZ

Guayaquil, Ecuador

2013



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **María Verónica Córdova Mancheno**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR

Ing. Fabián Neira

REVISORES

Ing. Federico Von Buchwald

Mgs. Sonia Baño Pazmiño

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Mario Dueñas

Guayaquil, a los 16 días del mes de Julio del año 2013



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **María Verónica Córdova Mancheno**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación **“GESTIÓN INTEGRAL PARA EL
APROVECHAMIENTO ECONÓMICO Y AUTOSUSTENTABLE DE LOS
RESIDUOS SÓLIDOS DEL CANTÓN PUERTO LÓPEZ”**

previa a la obtención del Título **de Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 16 días del mes Julio del año 2013

María Verónica Córdova Mancheno



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

AUTORIZACIÓN

Yo, **María Verónica Córdova Mancheno**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“GESTIÓN INTEGRAL PARA EL APROVECHAMIENTO ECONÓMICO Y AUTOSUSTENTABLE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CANTÓN PUERTO LÓPEZ”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 16 días del mes Julio del año 2013

María Verónica Córdova Mancheno

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme culminar esta etapa de mi vida, a mis padres por el apoyo incondicional, al Ing. Fabián Neira por su tiempo y dedicación, al lector Ing. Federico Von Buchwald y especialmente a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por haberme impartido los conocimientos necesarios para poder desarrollarme en el campo profesional.

María Verónica Córdova Mancheno

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de grado a la comunidad, pues con este estudio y las recomendaciones se pretende mejorar la calidad de vida de una población en desarrollo.

María Verónica Córdova Mancheno

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

ING. FABIÁN NEIRA

PROFESOR TUTOR

ING. FEDERICO VON BUCHWALD

PROFESOR DELEGADO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

CALIFICACIÓN

ING. FABIÁN NEIRA
PROFESOR TUTOR

CONTENIDO

1. ANTECEDENTES	3
2. MARCO TEÓRICO.....	7
3. CAPÍTULOS.....	10
3.1. Capítulo 1: Desarrollo, crecimiento poblacional y generación de desechos sólidos.....	10
3.2. Capítulo 2: Proyección de la población	11
3.2.1. Determinación teórica de la tasa de crecimiento y tipo de crecimiento poblacional	11
3.2.2. Análisis de crecimiento demográfico en ciudades similares..	13
3.2.3. Capacidad de carga turística y Manejo de Sistema de Visitantes (SIMAVIS)	16
3.2.4. Crecimiento de la actividad industrial.....	20
3.3. Capítulo 3: Generación de desechos sólidos	22
3.3.1. Fuentes de generación	23
3.3.2. Tasa de generación.....	24
3.3.3. Características de los desechos sólidos	28
3.4. Capítulo 4: Rutas de recolección	45
3.4.1. Metodología de George Tchobanoglous (1986).....	45
3.4.2. Metodología de Kunitoshi Sakurai (1983)	51
3.4.3. Metodología de John Pfeffer (1992).....	53
3.5. Capítulo 5: Reciclaje.....	56
3.5.1. Uso de materiales reciclados	58
3.5.2. Principales productos reciclables	61

3.5.3. <i>Costos de reciclaje</i>	63
3.6. Capítulo 6: Compostaje de la fracción orgánica de los residuos sólidos	64
3.7. Capítulo 7: Problemas sanitarios y ambientales asociados con botaderos no controlados	70
4. METODOLOGÍA	78
4.1. Recopilación de información	78
4.1.1. <i>Análisis estadísticos de población y tasa de generación de residuos</i>	78
4.1.2. <i>Caracterización física de los desechos sólidos</i>	81
4.1.3. <i>Eficiencia y cobertura del servicio de recolección</i>	82
4.2. Análisis y diagnóstico del sistema de manejo de residuos sólidos en el cantón Puerto López	83
4.2.1. <i>Cobertura del servicio</i>	85
4.2.2. <i>Evaluación del sistema de recolección</i>	91
4.2.3. <i>Dimensionamiento de flota de recolección</i>	91
4.2.4. <i>Disposición final</i>	92
4.3. Propuesta de manejo integral de residuos sólidos	96
4.3.1. <i>Desechos orgánicos</i>	99
4.3.2. <i>Reciclaje</i>	100
4.3.3. <i>Relleno sanitario</i>	101
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	102
5.1. Proyección de la población	102
5.2. Característica física de los desechos sólidos	104
5.3. Eficiencia y cobertura	106
5.4. Costo del servicio	106

5.5. Dimensionamiento de la flota de recolección	106
5.6. Propuesta del manejo integral de los residuos sólidos de Puerto López	107
5.7. Compostaje	109
5.8. Reciclaje	110
5.9. Relleno Sanitario	110
6. CONCLUSIONES	115
7. RECOMENDACIONES.....	117
8. BIBLIOGRAFÍA.....	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Enfermedades relacionadas con Residuos Sólidos Municipales transmitidas por vectores	4
Tabla 2 Crecimiento poblacional en Costa Rica	14
Tabla 3 Censo Poblacional en Galápagos	15
Tabla 4 Generación de Residuos Sólidos Industriales.....	20
Tabla 5 Instalaciones de producción, actividades o localizaciones típicas asociadas con varias clasificaciones de fuente	23
Tabla 6 Producción per cápita de residuos sólidos.....	25
Tabla 7 Producción per cápita de residuos sólidos.....	25
Tabla 8 Producción per cápita de residuos sólidos en diferentes países.....	26
Tabla 9 Clases de desechos sólidos.....	29
Tabla 10 Densidades típicas de los residuos sólidos.....	32
Tabla 11 Tipos de desecho, Estados Unidos.....	41
Tabla 12 Tipos de recolección	48
Tabla 13 Tipos de recolectores y capacidades	50
Tabla 14 Tiempos de recolección	55
Tabla 15 Manejo de Residuos Sólidos en la Unión Europea	57
Tabla 16 Ventajas y desventajas de diferentes procesos de compostaje.....	65
Tabla 17 Ventajas y desventajas de diferentes procesos de lombricultura.....	68
Tabla 18 Población censada en el cantón Puerto López	78
Tabla 19 Producción de desechos comparativos por ciudades	80
Tabla 20 Clasificación de desechos sólidos en Guayaquil y Puerto López	81
Tabla 21 Aspectos operativos.....	85

Tabla 22 Equipo de transporte.....	86
Tabla 23 Metodología de Tchobanoglous (1986).....	88
Tabla 24 Análisis actual de rutas y cantidades	90
Tabla 25 Cálculo de material depositado en el botadero	96
Tabla 26 Peso de materiales reciclados y costos de recuperación.....	100
Tabla 27 Proyección de población	104
Tabla 28 Materiales reciclados y costo	110

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Capacidad de carga.....	16
Ilustración 2 Curvas de capacidad de carga	18
Ilustración 3 Generación de Residuos Sólidos Industriales	21
Ilustración 4 Relación entre el desarrollo económico y la producción de los residuos sólidos	22
Ilustración 5 Producción anual de diferentes países (1000 toneladas)	27
Ilustración 6 Proceso de cuarteo.....	35
Ilustración 7 Proceso de cuarteo realizado en Puerto López, Manabí	35
Ilustración 8 Camión recolector, Puerto Limpio, Guayaquil	38
Ilustración 9 Tipos de desecho, Guayaquil (Estrato social bajo).....	42
Ilustración 10 Tipos de desecho, Guayaquil (Estrato social medio bajo)	42
Ilustración 11 Tipos de desecho, Guayaquil (Estrato social medio).....	43
Ilustración 12 Tipos de desecho, Guayaquil (Estrato social medio alto)	43
Ilustración 13 Tipos de desecho, Guayaquil (Estrato social alto).....	44
Ilustración 14 Tipos de desecho, Guayaquil	44
Ilustración 15 Recolector de Puerto Limpio y recolección manual.....	51
Ilustración 16 Ejemplo de zonificación	51
Ilustración 17 Ejemplo de diagramación	52
Ilustración 18 Esquema de posibles procesos de recolección (Método A)	53
Ilustración 19 Esquema de posibles procesos de recolección (Método B)	54
Ilustración 20 Lombricultura en Loja	60
Ilustración 21 Materia reciclable en Ecuador	62

Ilustración 22 Proceso de Manejo de Residuos Sólidos	63
Ilustración 23 Esquema de lechos para lombricultura.....	69
Ilustración 24 Residuos sólidos del relleno sanitario Doña Juana, cerca de viviendas, 1997	72
Ilustración 25 Botadero San Eduardo, Guayaquil, 1994	74
Ilustración 26 Relleno Sanitario Las Iguanas, Guayaquil, 2013.....	75
Ilustración 27 Botadero no controlado en Kenya, Africa	76
Ilustración 28 Flujo de gestión de residuos en Puerto López.....	84
Ilustración 29 Rutas de recolección	89
Ilustración 30 Imagen satelital del cantón y sitio de disposición final.....	92
Ilustración 31 Conformación de niveles de terrazas del proyecto original	93
Ilustración 32 Imagen de botadero actual, Junio 2013.....	94
Ilustración 33 Imagen de botadero actual, Junio 2013.....	95
Ilustración 34 Imagen de botadero actual, Diciembre 2012	95
Ilustración 35 Elementos físicos del plan de manejo integral de los residuos sólidos.....	97
Ilustración 36 Tachos de reciclaje en Puerto López, Diciembre 2012.....	99
Ilustración 37 Proyección de población.....	103
Ilustración 38 Cuarteo realizado in situ	104
Ilustración 39 Clasificación y peso en toneladas de materiales por día	105
Ilustración 40 Toneladas de materiales semanales	105
Ilustración 41 Propuesta del manejo integral de los residuos sólidos	108
Ilustración 42 Lecho para lombricultura	109
Ilustración 43 Porcentaje de los residuos sólidos para relleno sanitario	111
Ilustración 44 Esquema de terraplén	113
Ilustración 45 Implantación de Relleno Sanitario Manual	114

RESUMEN (ABSTRACT)

La Universidad Católica de Santiago de Guayaquil cuenta con las Facultades de Jurisprudencia y Ciencias Sociales y Políticas, Arquitectura y Diseño y la facultad de Ingeniería para proponer nuevas técnicas para un desarrollo sostenible del Cantón Puerto López, desde el enfoque de un turismo consciente.

El presente Trabajo de Grado fue realizado con el fin de proponer un nuevo proceso del manejo de los residuos sólidos del cantón, ubicado en la provincia de Manabí en Ecuador, para el aprovechamiento económico y autosustentable.

Primero se analizó la situación actual del cantón mediante visitas periódicas y charlas con los moradores. En estas visitas se evaluó las rutas de recolección de los residuos sólidos, lo que implica tiempos empleados en diferentes actividades, cantidades de basura recogidas por los recolectores y generadas por los habitantes. Además, se realizaron cuarteos en el lugar de disposición final de los residuos sólidos, para determinar cantidades de materia orgánica e inorgánica generada por el sector. Luego, se proyectó la población, considerando factores como el desarrollo del turismo sostenible, para poder determinar la tasa de generación de residuos sólidos actual y futura.

Con los datos obtenidos se analizó una propuesta para el manejo integral de los residuos sólidos, tomando en cuenta factores como: la recolección, el almacenamiento y la disposición final de los mismos. Se escogió la metodología más conveniente para la determinación de los diferentes procesos a emplear. Al determinarlas, se procedió a diseñar los procesos de reciclaje, aprovechamiento de la materia orgánica y sitio de disposición final de los residuos sólidos.

Palabras Claves: residuos sólidos, técnicas, autosustentable, manejo integral, procesos.

INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental es actualmente un problema para todo tipo de poblaciones. En sectores desarrollados, las grandes industrias generan grandes cantidades de sustancias que contaminan el aire, agua y suelo. De la misma manera, existen pequeñas poblaciones que, al no tratar los residuos sólidos, contaminan el medio ambiente y a sus habitantes.

Existe una nueva tendencia del turismo consiente, que se basa en la conservación del sector, buscando un equilibrio con el entorno natural e intentando afectar en una mínima cantidad al medio ambiente.

Para evitar la contaminación también se debe tener un manejo adecuado de los residuos sólidos generados por una población. El manejo integral de los mismos consiste en lograr que sea un conjunto de procesos los cuales den como resultado un producto final que beneficie a los moradores del sector.

El cantón Puerto López ha sido nombrado por el Gobierno, como un punto estratégico del turismo sostenible, lo cual implica tanto un estudio de infraestructura, como la concientización de los habitantes.

El siguiente trabajo de grado propone nuevos procesos para el manejo integral de los residuos sólidos para el aprovechamiento económico y autosustentable.

OBJETIVOS

- Reconocer la situación del sistema de manejo de residuos sólidos (recolección, transporte, disposición final) en el Cantón de Puerto López, mediante visitas periódicas al sector y conversatorios con los habitantes.
- Elaborar una propuesta de manejo integral de residuos sólidos para reducir los factores de riesgo para la salud y minimizar impactos negativos al medio ambiente.

1. ANTECEDENTES

El impacto ambiental de las actividades del ser humano como ente aislado y como sociedad es función tanto de la cantidad de habitantes de una comunidad como del desarrollo tecnológico al que se tiene acceso, e incluso del nivel cultural medio de la población. El desarrollo de las comunidades pequeñas en Ecuador se ha visto modificado en los últimos años mostrando tasas de crecimiento negativas en las zonas rurales y positivas en las zonas urbanas, indicativo claro de la migración y el descenso de la actividad agraria como parte fundamental de la economía nacional; sociedades muy industrializadas por el contrario, arrastran diferentes problemas ambientales producto de las, cada vez más complejas, interacciones entre individuo y medio ambiente, las chimeneas de las diferentes industrias representan a nivel global un símbolo inconfundible del deterioro ambiental producto de las actividades humanas.

En Ecuador los desechos sólidos generados directamente en la fuente, se depositan en zonas no destinadas a la recolección de basura como son quebradas, lotes baldíos y cuerpos de agua superficial, lo cual se evidencia en los sectores de menor desarrollo económico de la urbe como son los conocidos cinturones de miseria. El mal manejo de estos residuos genera una serie de impactos al medio ambiente, tanto a los factores bióticos como físicos, que pueden crear una mala calidad de fuentes de agua (incrementando enfermedades (ver tabla 1), contaminación de aguas subterráneas, generación de gases tóxicos y de malos olores y proliferación de vectores sanitarios, además de causar un impacto visual negativo, deteriorando la imagen del sector.

Tabla 1 Enfermedades relacionadas con Residuos Sólidos Municipales transmitidas por vectores

Vectores	Formas de transmisión	Principales enfermedades
Ratas	Mordisco, orina y heces Pulgas	Peste bubónica Tifus murino Leptospirosis
Moscas	Vía mecánica (Alas, patas y Cuerpo)	Fiebre tifoidea Salmonellosis Cólera Amibiasis Disentería Giardasis
Mosquitos	Picadura del mosquito hembra	Malaria Leishmaniasis Fibere amarilla Dengue Filariasis
Cucarachas	Vía mecánica (Alas, patas y Cuerpo)	Fiebre tifoidea Heces Cólera Giardasis
Cerdos	Indigestión de carne contaminada	Cicticercosis Toxoplasmosis Triquinosis Teniasis
Aves	Heces	Toxoplasmosis

NOTA: Fuente: Manual de Saneamiento y Protección Ambiental para los Municipios, Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Fundación Estatal del Medio Ambiente, MG. 1995

Los residuos o desechos sólidos son todos los materiales a los cuales ya no se les puede dar uso alguno o valor económico, generados por el ser humano, industrias o la naturaleza.

Estos se clasifican en orgánicos e inorgánicos.

- Los residuos orgánicos son aquellos biodegradables tales como: alimentos, animales, huesos.
- Los inorgánicos son aquellos denominados inertes que no aportan en nada con su degradación.
- Entre los desechos sólidos generales tenemos: papel, cartón, madera, textiles, entre otros.
- Los desechos sólidos pétreos son aquellos provenientes de las piedras o restos de construcciones.
- Los desechos industriales son aquellos generados por las industrias. Sus características pueden variar dependiendo de la función de la misma.

Por otra parte, al desarrollo del turismo como actividad representativa dentro de una economía, se lo ha promocionado como una “industria sin chimeneas”, lo cual dista mucho de ser una realidad. En general son muchos los problemas ocasionados por el desarrollo de una industria turística no sustentable que van desde el deterioro de los recursos naturales y medio ambiente hasta el también irremediable deterioro del patrimonio cultural natural de una nación (caso pirámides de Egipto). En otras partes del mundo existe la tendencia hacia el desarrollo de un turismo sustentable, con experiencias exitosas notables como el caso de Costa Rica, Kenia, Madagascar o Nepal. En la actualidad el gobierno tiene como propósito promover el turismo sostenible en tres regiones estratégicas, existe la propuesta de que estas sean Cuenca, Zaruma y Puerto López. El turismo sostenible está enfocado de tal forma que cualquier desarrollo alcanzado sea ambientalmente amigable; es decir, que busque la armonía con el entorno natural y la menor afectación al medio ambiente y el uso razonable de los recursos naturales. La Universidad Católica de Santiago de Guayaquil ha propuesto un proyecto interfacultades denominado “Lineamientos estratégicos para el desarrollo sostenible del Cantón Puerto López desde el enfoque de un turismo consciente”, en el que participan las facultades de Jurisprudencia y Ciencias Sociales y Políticas, Arquitectura y Diseño y la facultad de Ingeniería. En el área de la Ingeniería se analizará el estado actual de los residuos sólidos

y aguas residuales además de otras consideraciones de infraestructura; en el caso puntual de los residuos sólidos, se hará un diagnóstico de la situación actual y se propondrán lineamientos para la gestión integral de los mismos, de manera complementaria a los programas de manejo de residuos de la municipalidad del cantón Puerto López, dentro de la evaluación y diagnóstico, se analizará la situación del botadero actual, su entorno geológico, impacto social y ambiental en los recursos suelo, aire y agua.

La gestión integral de los residuos sólidos se enfocará al aprovechamiento técnico de los residuos recuperables y también de la fracción orgánica mediante la implementación de una planta de compostaje. En el cantón Puerto López, se encuentran diferentes centros turísticos que son muy visitados como el Parque Machalilla, el proyecto de desarrollo turístico sostenible propondrá lineamientos concretos que incentiven el desarrollo sin afectar las prácticas ancestrales, al contrario, aprovechándolas, como en el caso particular de la comuna Agua Blanca, dentro del Parque Machalilla. Dentro de la parte social se analizará cómo estas prácticas de la gestión de residuos son inclusivas, de tal manera que las personas que actualmente se desempeñan como recicladores “chamberos” puedan desarrollar la actividad de recuperación y reciclaje de manera técnica, sin estar expuestos a enfermedades. En el caso de los productos recuperados, se analizará el mercado existente para la venta de estos productos (fracción inorgánica) y para el compostaje obtenido. Es de destacar que con anterioridad se han efectuado varios estudios y programas de gestión integral de residuos, los mismos que no tuvieron éxito; ya sea por problemas en su concepción técnica como por la falta de concientización ambiental a la población, estos factores se analizarán detalladamente para plantear las medidas preventivas o correctivas necesarias dentro de las etapas que formen parte del plan de gestión integral que se desarrollará en este trabajo de grado.

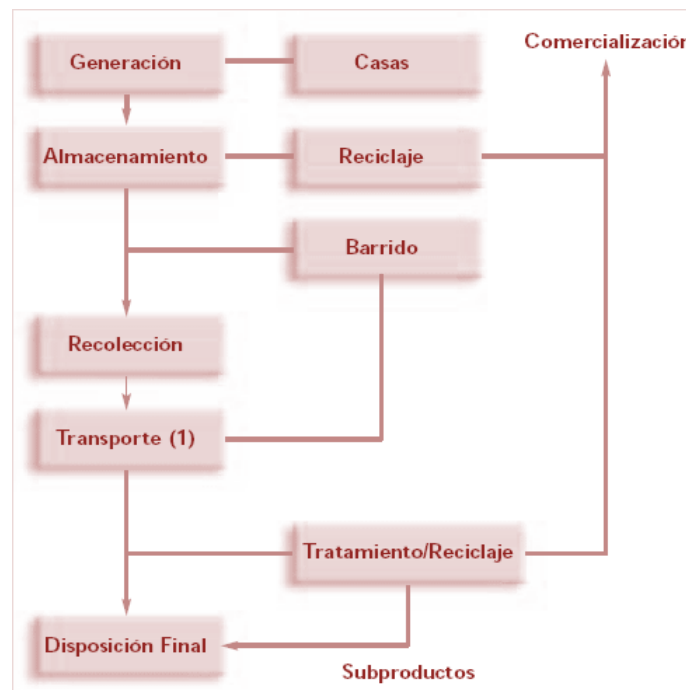
2. MARCO TEÓRICO

Antes de iniciar el siguiente trabajo, hay que tener presente ciertas leyes y conceptos básicos, que guiaron el proceso de este estudio.

En el año 1992, desde la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD), el concepto sobre el desarrollo sostenible, ha tomado un papel importante dentro de las comunidades y la preocupación por la contaminación del medio ambiente ha crecido de manera notoria. Como resultado de esta evolución, la sostenibilidad se ha incorporado en varios campos como: turismo y desarrollo, y ha transformado el concepto de “Recolección de Basura” a “Gestión Integral de los Residuos Sólidos”.

Esta tendencia no consiste únicamente en la recolección de los residuos sólidos, ya que la sostenibilidad abarca temas: políticos, económicos, sociales y ambientales.

El Manual de Manejo de Residuos Sólidos Municipales en Ciudades Medianas de la Organización Panamericana de la Salud, OPS, 2007, propone el siguiente ciclo, para un manejo integral de los residuos sólidos.



Fuente: Manejo de Residuos Sólidos Municipales en Ciudades Medianas, OPS 2007

El proceso sirve como base teórica y, cada municipio, lo modifica en función de la situación actual de la comunidad. Un modelo de gestión de residuos sólidos, debe reducir la explotación de los recursos naturales, recuperación de la materia inorgánica y tratamiento de la fracción orgánica. Además, debe controlarse los impactos ambientales al suelo, aire y agua, emitidos en el sitio de disposición final.

En Ecuador, la Constitución Política de la República del Ecuador, aprobada por la Asamblea Nacional Constituyente en el año 2008 enuncia lo siguiente:

Art. 14, reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

La Codificación de la Ley de Gestión Ambiental, publicada en el año 2004 establece que:

Art. 2, La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales.

Art. 6- El aprovechamiento racional de los recursos naturales no renovables en función de los intereses nacionales dentro del patrimonio de áreas naturales protegidas del Estado y en ecosistemas frágiles, tendrán lugar por excepción previo un estudio de factibilidad económico y de evaluación de impactos ambientales.

La elaboración del presente estudio se fundamenta en las disposiciones que, en materia ambiental, dictamina la Ley de Gestión Ambiental.

3. CAPÍTULOS

3.1. Capítulo 1: Desarrollo, crecimiento poblacional y generación de desechos sólidos.

El desarrollo y distribución de la población de un sector se encuentra relacionada a la situación económica, social y ambiental del mismo. Para que dicho desarrollo sea sostenible debe mantenerse una equidad social. Consecuentemente para el progreso, se debe satisfacer las necesidades básicas como la salud, educación y vivienda.

El crecimiento poblacional afecta de manera directa proporcional a la producción de desechos sólidos. La generación de los residuos sólidos comenzó el mismo momento que el ser humano, el simple hecho de vivir genera desechos. Inicialmente se generaba solo desechos biodegradables, como la comida; a medida que se iba desarrollando el entorno, incrementó de manera notoria la generación de desechos, especialmente luego de la revolución industrial, época en que grandes industrias empezaron a desarrollarse y momento en el que no se pensó en una solución para el manejo adecuado de los residuos producidos por las mismas.

En la actualidad y a través de los años, estos residuos no siempre han sido tratados bajo los requerimientos técnicos, normas y leyes establecidas por las diferentes entidades.

La composición de los residuos sólidos municipales varía dependiendo de la fuente de generación, ya que no serán los mismos desechos los de una metrópolis industrial, que los de un sector en desarrollo y otro con un desarrollo turístico sostenible.

3.2. Capítulo 2: Proyección de la población

La proyección de la población de un lugar es el cambio de número de habitantes en un cierto periodo de tiempo, para lo cual se deben tomar en cuenta factores que pueden afectar este incremento o disminución de personas, estos pueden ser: migración, desarrollo económico, salud, entre otros.

Existen tres modelos matemáticos para la proyección de una población futura: analítico o lineal, geométrico y exponencial o logarítmico, los cuales son empleados dependiendo del comportamiento que haya demostrado la población en estudio durante períodos anteriores. Por ejemplo, el método lineal demuestra una tasa de crecimiento constante a través de los años, el geométrico tiene una tasa de crecimiento más rápida ya que para cada intervalo el valor inicial va variando y el parabólico tiene un crecimiento aún más rápido y; por lo tanto, se lo emplea para intervalos de tiempo cortos, siendo los resultados a largo plazo muy altos e ilógicos.

Además de lo anterior, debe considerarse en estudios a largo plazo el factor de resistencia ambiental, denominado genéricamente “capacidad de carga” ambiental el cual considera variaciones en la tasa de crecimiento poblacional en función de la capacidad máxima que tienen los recursos de un ecosistema o comunidad para permitir el desarrollo de una población; cuando el número de habitantes se aproxima a la capacidad de carga, las tasas de crecimiento tienden a cero. A este tipo de crecimiento se lo denomina sigmoideal o logístico y a la curva resultante se la denomina “curva S”.

3.2.1. Determinación teórica de la tasa de crecimiento y tipo de crecimiento poblacional

El turismo como actividad económica implica un crecimiento usualmente desmesurado de habitantes (población fija y flotante) y por lo tanto también un incremento de la demanda de los recursos naturales, necesidades de

infraestructura, generación de desechos líquidos y sólidos, cambios en el uso de suelo y, en general, potencial deterioro del medio ambiente; esto representa un cambio drástico en las relaciones de interacción hombre - medio ambiente. Debido a lo anteriormente expuesto, existe una tendencia global de enfocar las políticas de desarrollo turístico de manera sostenible, siendo necesario determinar en base a estas necesidades, a las características del sector a desarrollar y a las actividades productivas, una capacidad de carga turística y ambiental, que permita determinar el crecimiento máximo que puede tener una región.

Se recopilan datos de censos realizados en periodos anteriores para poder proyectar una población y se los complementan con las circunstancias en las que se encuentre el sector: desarrollo turístico, enfermedades, epidemias, migración, etc.

Dentro de este estudio, se calcula la población proyectada del sector para el cálculo de factores necesarios para el manejo sostenible de los residuos sólidos con los métodos: lineal, geométrico y parabólico, dependiendo de la situación del sector en estudio.

- Método lineal

- $N_t = N_0(1 + r * t)$ (Ecuación 2.2.1a)

- Método geométrico

- $N_t = N_0(1 + r)^t$ (Ecuación 2.2.1b)

- Método parabólico

- $N_t^2 = a + b * x + c * t$ (Ecuación 2.2.1c)

Donde N_t es el resultado final de la población; N_0 , la población inicial; r , la tasa de crecimiento anual y t , el período de tiempo. A , b , y c son constantes para cada censo y t , el período de tiempo.

3.2.2. Análisis de crecimiento demográfico en ciudades similares

La industria turística alrededor del mundo se ha desarrollado en las últimas décadas, con los consiguientes efectos positivos y negativos para el individuo y la comunidad. Entre las consecuencias positivas se tiene un desarrollo económico, social y cultural; como efecto negativo, el incremento de costo de vida, mal manejo de los recursos naturales, contaminación visual, degradación de los recursos costeros, marinos y medioambiente en general.

El desarrollo turístico sostenible es una forma de turismo que busca la sostenibilidad; es decir, lograr los objetivos del turismo, como aumentar los ingresos para la población pero de una manera en que esta industria tenga un bajo impacto sobre el medio ambiente y cultura local. Busca promover la esencia de una comunidad de una forma eco amigable donde la calidad ambiental se mantiene y se mejora y donde los beneficios de éste se reparten ampliamente a toda la comunidad.

Esta tendencia se ha desarrollado en varias partes del mundo y según el Ranking elaborado en el año 2012 por la Organización Mundial del Turismo (OMT), Europa es el continente más sostenible, donde Suiza encabeza la lista como el país con mayor desarrollo eco turístico. Costa Rica ocupa el 5to lugar de la lista y es el primer país de Latinoamérica en ella, siendo un ejemplo de turismo ecológico. Para estudiar el desarrollo poblacional de diferentes sectores, se analizan los datos censados en los últimos años. (Ver tabla 2)

Tabla 2 Crecimiento poblacional en Costa Rica

Año	Número de habitantes			Tasa de crecimiento demográfico
	Mujeres	Hombres	Total	
2000	1907565	1902614	3810179	
2011	2195649	2106063	4301712	0.13

NOTA: Datos de INEC Costa Rica 2000,2011

Como un ejemplo más cercano a nuestra zona de estudio, Puerto López, se encuentran las Islas Galápagos, en donde hace ya varios años y por iniciativa de organizaciones extranjeras y nacionales, se ha implementado el turismo sostenible, muchos son los estudios realizados para analizar la capacidad de carga e incluso el Sistema Nacional de Áreas protegidas (PANE) ha implementado un sistema de manejo de visitantes (SIMAVIS) basado en experiencias exitosas a nivel internacional. El archipiélago se considera un Patrimonio Natural de la Humanidad en riesgo, el cual debe buscar preservar el medio ambiente implementando un turismo equitativo, ambientalmente respetuoso y generador del desarrollo humano. Las islas se encuentran a 10.000 km de la costa ecuatoriana y atraen al 15% del total del turismo de Ecuador, según datos del Ministerio de Turismo en el 2010. Basándonos en datos de los censos hechos en el país, es notorio un crecimiento poblacional, lo cual ha sido un factor para implementar el eco turismo y proteger la flora y fauna de los seres humanos.

Según datos del Censo Nacional de Población y Vivienda del 2010, se determinó que, de toda la población, el 58.80% que reside en Galápagos es nacido en otras provincias, el 7.08% es de origen extranjero y el 34.11% nació en las islas. (Ver tabla 3)

Tabla 3 Censo Poblacional en Galápagos

Año	Número de habitantes			Tasa de crecimiento demográfico
	Mujeres	Hombres	Total	
1990	4249	5536	9785	
2001	8436	10204	18640	0.90
2010	12103	13021	25124	0.35

NOTA: Datos del INEC, Censo 1990, 2001, 2010.

El turismo es la actividad económica más importante en las islas según el Censo del 2010, la mayoría de los habitantes son trabajador de los servicios, oficiales, operarios y artesanos, seguido por los trabajadores independientes.

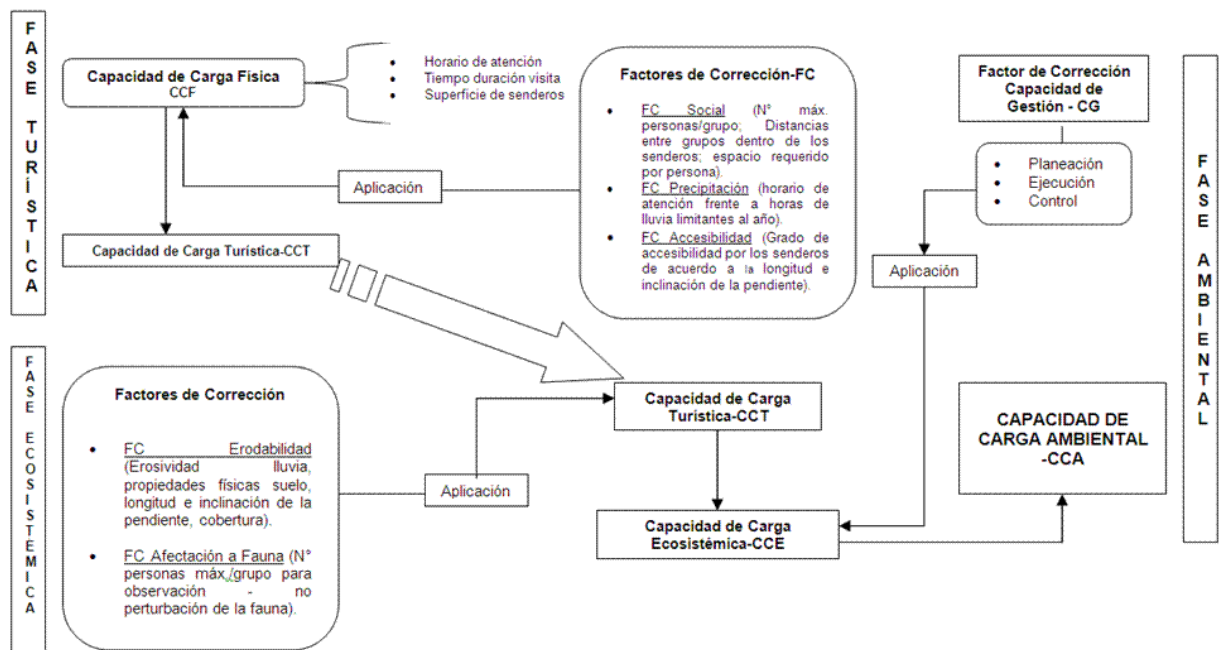
La visita de turistas y el incremento de población provocan una mayor generación de desechos sólidos, los cuales deben de manejarse hasta su disposición final de una forma cuidadosa y que no tenga mucho impacto con el medio ambiente. Desde hace varios años se ha implementado un sistema de reciclaje eficiente e inteligente el cual propone un proceso de calificación, recolección y embalaje de envases de materiales como el cartón, vidrio y plástico.

El sistema de gestión de residuos sólidos ha tenido mucha acogida y lo más importante es que las personas han tomado conciencia y han aprendido a trabajar para cuidar el patrimonio natural en donde viven.

3.2.3. Capacidad de carga turística y Manejo de Sistema de Visitantes (SIMAVIS)

El siguiente cuadro ilustra el procedimiento para la estimación apropiada de capacidad de carga.

Ilustración 1 Capacidad de carga



Nota: Fuente. García Sierra y Ramírez, 2010

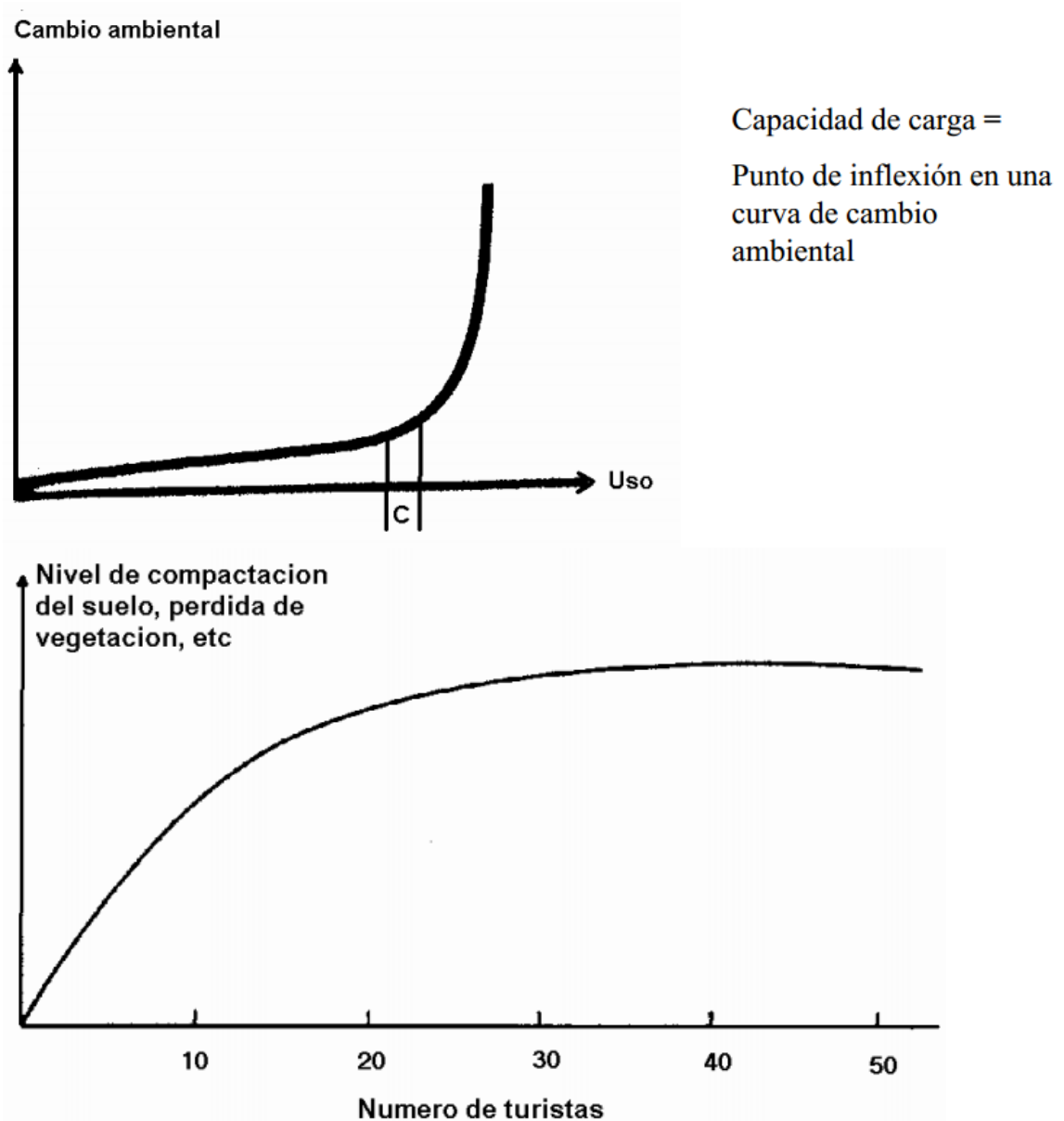
Según datos del Ministerio del Ambiente, existen 11 Parques Nacionales en Ecuador, entre ellos el Parque Nacional Machalilla, con 56184 hectáreas, ubicado en el cantón Puerto López.

Debido a la biodiversidad de muchas zonas en nuestro país, existen entidades que defienden y respaldan la conservación de estos sectores y capacitan a las comunidades que habitan en estos sectores para su participación en la administración y mantenimiento de las comunas.

La Constitución de la República del Ecuador, establece al Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE) como un subsistema que define al Sistema Nacional de Áreas Protegidas, el cual regula y maneja el financiamiento del Estado para la sostenibilidad financiera del sistema.

La capacidad de carga turística es una herramienta útil en el estudio del turismo sostenible e influye en el consumo de los recursos naturales. Consiste en un número de población el cual no afecte de manera permanente la productividad del ecosistema, intentando mantener un balance entre la comunidad y los seres vivos (Cayot *et al*, 1996).

Ilustración 2 Curvas de capacidad de carga



Debido a los muchos factores que influyen en el turismo, se la resume en los social, económico y físico. Si se analiza y se correlacionan capacidades como: urbanístico, ecológico, turístico, cultural, entre otros, se podría llegar a una definición más clara de la capacidad de carga turística. Existe una ecuación para determinar este valor pero en su aplicación no ha tenido éxito, dando valores irreales, ya sean altos o bajos, para diferentes estudios.

Se ha implementado un sistema de manejo de visitantes SIMAVIS, propuesto por el Instituto de Ecología Aplicada (ECOLAP) de la Universidad San Francisco de Quito (USFQ), en Galápagos y se busca aplicarlo en sectores como el Parque Nacional Machalilla y en la Reserva Ecológica Cotacachi Cayapas.

El SIMAVIS es una herramienta que trata de organizar el manejo de la actividad turística en áreas protegidas, basándose en la conservación del medio ambiente y adaptando sus condiciones al sector. Los principales factores que se toman en cuenta son: biofísico, social y cultural.

Primero se determina el tipo de zona para el uso turístico del área protegida, la cual varía en base a criterios técnicos como: grado de naturalidad, aglomeración de visitantes, accesibilidad, equipamiento, entre otros. Las zonas pueden ser: restringida, intensiva natural, intensiva manejada e intensiva cercana, cultural - educativa y recreacional.

Segundo se determina la carga aceptable de visitantes (CAV), la cual toma en cuenta el parámetro del número de visitantes al mismo momento (NVMM). Se asume que la calidad de la visita y las condiciones ambientales no dependen de los visitantes anuales, sino de la cantidad de personas que se encuentran en el sitio al mismo momento.

El proceso se complementa con el diseño de itinerarios e identificación de medidas de manejo dependiendo de las necesidades de cada zona, teniendo siempre un equilibrio con la flora y la fauna, el paisaje, y el bienestar de los turistas. Estas medidas pueden proponer senderos, plataformas, etc.

Finalmente el SIMAVIS propone un sistema de monitoreo, el cual es una herramienta de uso permanente que se adapta a nuevas condiciones y que registra cambios a largo plazo, permitiendo establecer un límite de cambios para cada zona en estudio.

En Galápagos se ha implementado esta herramienta, ya que el ecoturismo es el principio de este archipiélago. Los diferentes tipos de zonas ya están

restringidas, algunas incluso necesitan permiso para poder ser visitadas. Esto depende del estado de la zona: intacta, vulnerable, muy visitada, zona recreacional, etc. Existen nuevos senderos, donde eran necesarios, para no ocasionar deterioro en todo el sector. Con un diseño de itinerarios, nueva infraestructura y guías, se monitorea el turismo y se busca un turismo con calidad, minimizando los impactos negativos a la biodiversidad de la región.

3.2.4. Crecimiento de la actividad industrial

De manera directa al crecimiento del turismo y población, está el crecimiento de la actividad industrial; mayor cantidad de habitantes requiere mayor fuentes de trabajo y; por lo tanto, industrias. Existe muchos sectores de actividad industrial como: manufacturera, hidrocarburífera, textil, pesquera, agroindustria, farmacéutica, maquinaria, automovilística, entre otras.

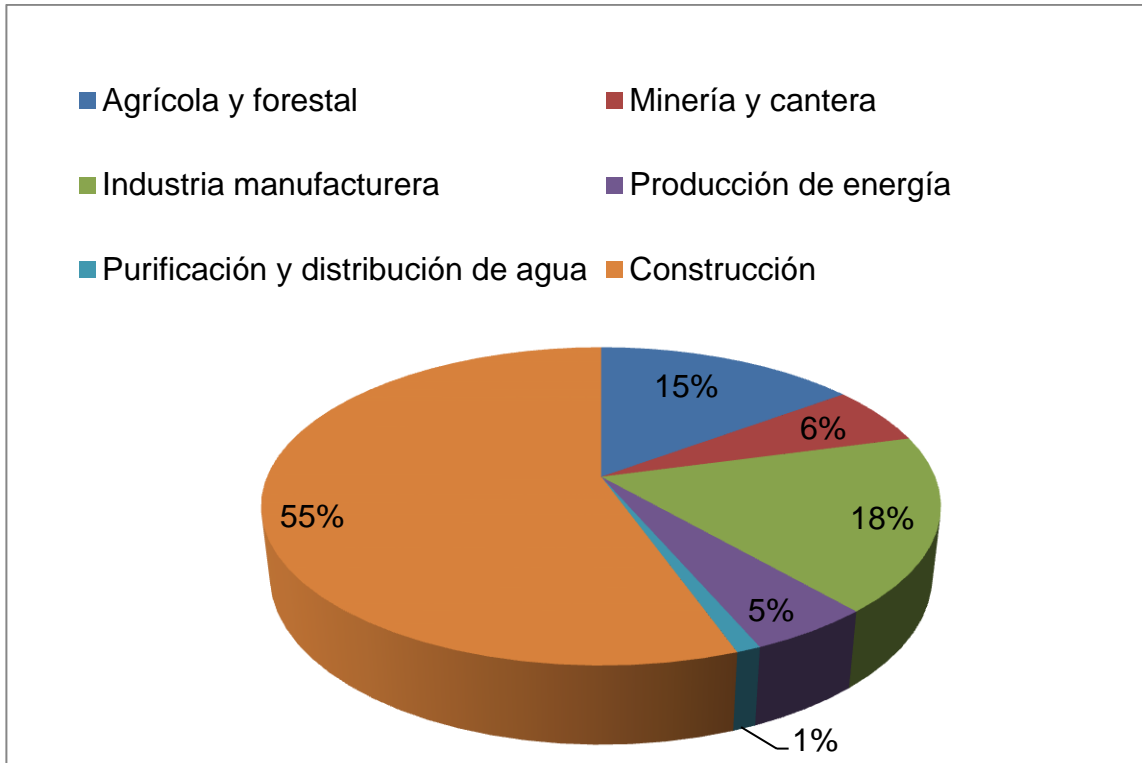
El crecimiento de la actividad industrial es un cambio que ayuda económica y socialmente a un sector para su desarrollo y que, a su vez, genera mayor cantidad de desechos sólidos industriales, que son todos aquellos producidos por las industrias, variando dependiendo del proceso productivo. (Ver tabla 4 e ilustración 3)

Tabla 4 Generación de Residuos Sólidos Industriales

<u>Sector</u>	<u>Porcentaje</u>
Agrícola y forestal	15%
Minería y cantera	6%
Industria manufacturera	18%
Producción de energía	5%
Purificación y distribución de agua	1%
Construcción	56%

NOTA: Comisión Nacional del Medio Ambiente, Chile, 2011.

Ilustración 3 Generación de Residuos Sólidos Industriales



NOTA: Comisión Nacional del Medio Ambiente, Chile, 2011.

Como desechos sólidos peligrosos, se entiende de manera general, sustancias que, por sus propiedades físicas o químicas, puedan representar una amenaza para el medio ambiente o para los seres humanos.

Se debe analizar el nivel de peligrosidad y la exposición de los desechos para evaluar el riesgo. Puede haber una exposición directa o indirecta de los productos contaminantes.

Para poder lograr un equilibrio se debe evaluar este crecimiento realizándolo de manera consciente y satisfaciendo las necesidades del ser humano y respetando las del medio ambiente.

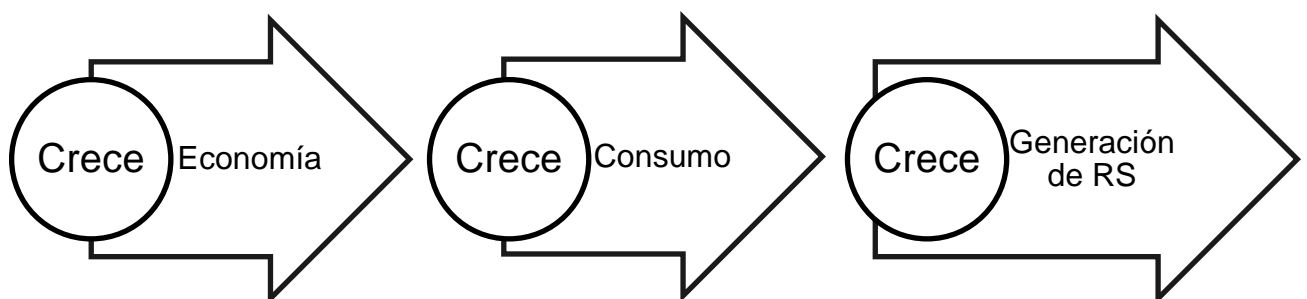
3.3. Capítulo 3: Generación de desechos sólidos

En el mundo, la generación de desechos sólidos se origina a partir de las diferentes actividades que ejecutan los seres vivos: plantas y animales, y en mayor cantidad por los seres humanos.

El desarrollo poblacional provoca una mayor cantidad de residuos sólidos, de la misma manera el crecimiento tecnológico e industrial produce mayor generación de estos.

En épocas pasadas, cuando no existían tantas industrias, no existían tantos residuos sólidos, al contrario, la actividad industrial era casi nula y los materiales se reutilizaban (ver ilustración 4). Luego de la industrialización el cambio fue notorio, generando grandes cantidades de residuos sólidos y también tóxicos.

Ilustración 4 Relación entre el desarrollo económico y la producción de los residuos sólidos



NOTA: Fuente: Manejo de Residuos Sólidos Municipales en Ciudades Medianas, OPS 2007.

3.3.1. Fuentes de generación

Existen muchas fuentes de generación de los residuos sólidos empezando por la actividad del ser humano y estas dependen del uso de la tierra y la zonificación. La siguiente tabla (ver tabla 5), ilustra la teoría de Tchobanoglous (1982), para la clasificación de las fuentes de generación de los desechos sólidos.

Tabla 5 Instalaciones de producción, actividades o localizaciones típicas asociadas con varias clasificaciones de fuente

Fuentes	Instalaciones, actividades o localizaciones donde se generan los desechos	Tipos de desechos sólidos
Residencial	Residencias unifamiliares y multifamiliares, edificios de departamentos, de poca, mediana y gran altura.	Desechos de alimentos desperdicios, cenizas, desechos especiales.
Comercial	Tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas, hoteles, almacenes de impresos, reparación de automóviles, instalaciones médicas e instituciones, etc.	Desechos de alimentos, desperdicios, cenizas, desechos de demolición y construcción, desechos especiales, desechos ocasionalmente peligrosos.
Municipal*	Como los anteriores	Como los anteriores
Industrial	Construcción, fabricación, manufacturas ligeras y pesadas, refinerías, plantas químicas, madera, minería, generación de electricidad, demolición, etc.	Desechos de alimentos, desperdicios, cenizas, desechos de demolición y construcción, desechos especiales, desechos peligrosos.
Áreas libres	Calles, avenidas, parques, terrenos vacantes, terrenos de juego, playas, autopistas, áreas recreacionales, etc.	Desechos especiales, desperdicios.
Sitio de Plantas de Tratamiento	Agua, aguas residuales y procesos industriales de tratamiento, etc.	Desechos de plantas de tratamiento, compuestos principalmente de lodos residuales.

Agrícolas	Cultivos, huertos, viñedos, ordeñaderos, corrales de ganado y animales, granjas, etc.	Desechos de alimentos compuestos, desechos de la agricultura, desperdicios, desechos peligrosos.
-----------	---	--

* Normalmente se supone que el término municipal incluye tanto, a los desechos sólidos residenciales, como comerciales producidos en la comunidad.

3.3.2. Tasa de generación

La tasa de generación de residuos sólidos varía dependiendo de cada sector, principalmente del tamaño de la población, situación socioeconómica, grado de urbanización y principales actividades económicas. La variable para calcular este valor teórico es el de Producción per Cápita PPC, el cual depende de la cantidad de población, generación de residuos sólidos y el tiempo, y se lo calcula en unidades de Kilogramo/Habitante/Día, Kilogramo/Cuadra/Día, Kilogramo/Tonelada de cosecha o Kilogramo/Número de animales, dependiendo de las condiciones del sector analizado.

Para determinar este valor se puede utilizar tablas ya tabuladas en función de nivel socio económico o del tamaño de la población.

El cálculo para determinar la tasa de generación de los desechos sólidos de una población es la siguiente.

$$PPC = \frac{\text{Total de Kilogramos recolectados}}{\text{Número de habitantes}} \quad (\text{Ecuación 2.3.2})$$

Los muestreos de campo para determinar la tasa de generación pueden realizarse durante varios días y luego sacar un promedio de estos ya que no es exacto para cada día. Hay que tener en cuenta que el valor es un aproximado, puede haber diferentes PPC en una misma ciudad pero en diferentes sectores, debido a esto es necesario hacer varios muestreos para determinar un promedio del sector.

Tabla 6 Producción per cápita de residuos sólidos

Nivel socioeconómico	PPC (Kg/habitante/día)
Alto	1.07
Medio alto	0.85
Medio bajo	0.65
Bajo	0.57
Valor medio	0.77

NOTA: Fuente: CONAMA, 1995, España.

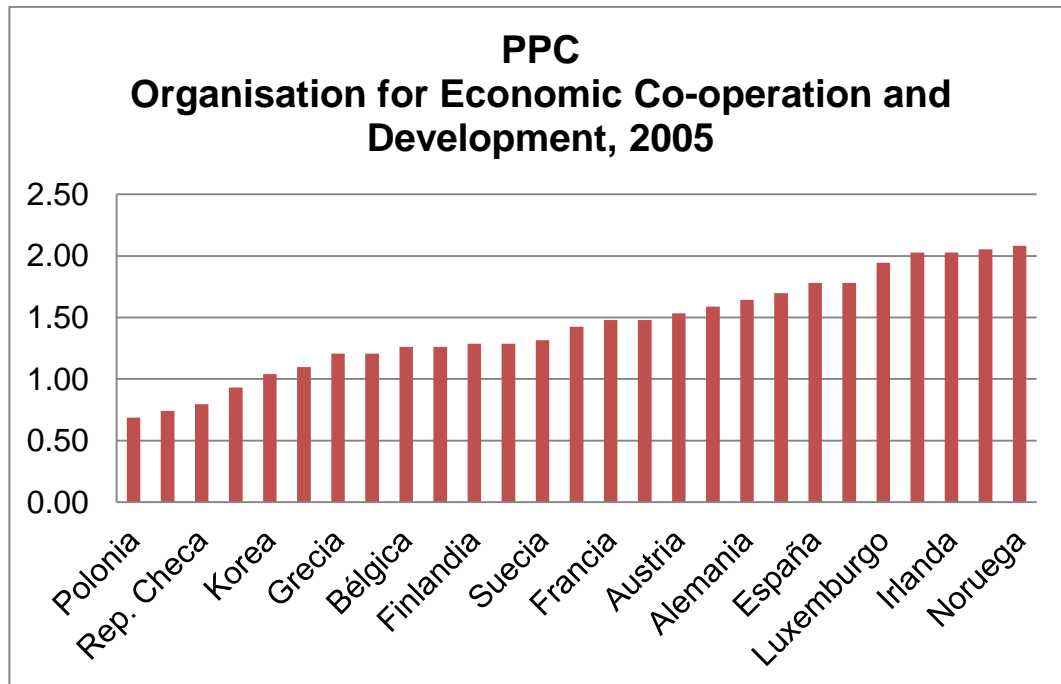
Tabla 7 Producción per cápita de residuos sólidos

Tamaño de la ciudad por habitantes	PPC (Kg/habitante/día)
> 1'000000	0.8
< 1'000000 y > 500000	0.7
< 500000 y > 100000	0.5
< 1000000 y > 50000	0.4
< 50000	0.3

NOTA: Fuente: Diseño y Operación de Relleno Sanitario, Hector Collazos Peñaloza (2008).

De acuerdo a la OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development, en el año 2005 se registraron las siguientes cantidades de PPC en diferentes países del mundo. (Ver tabla 8)

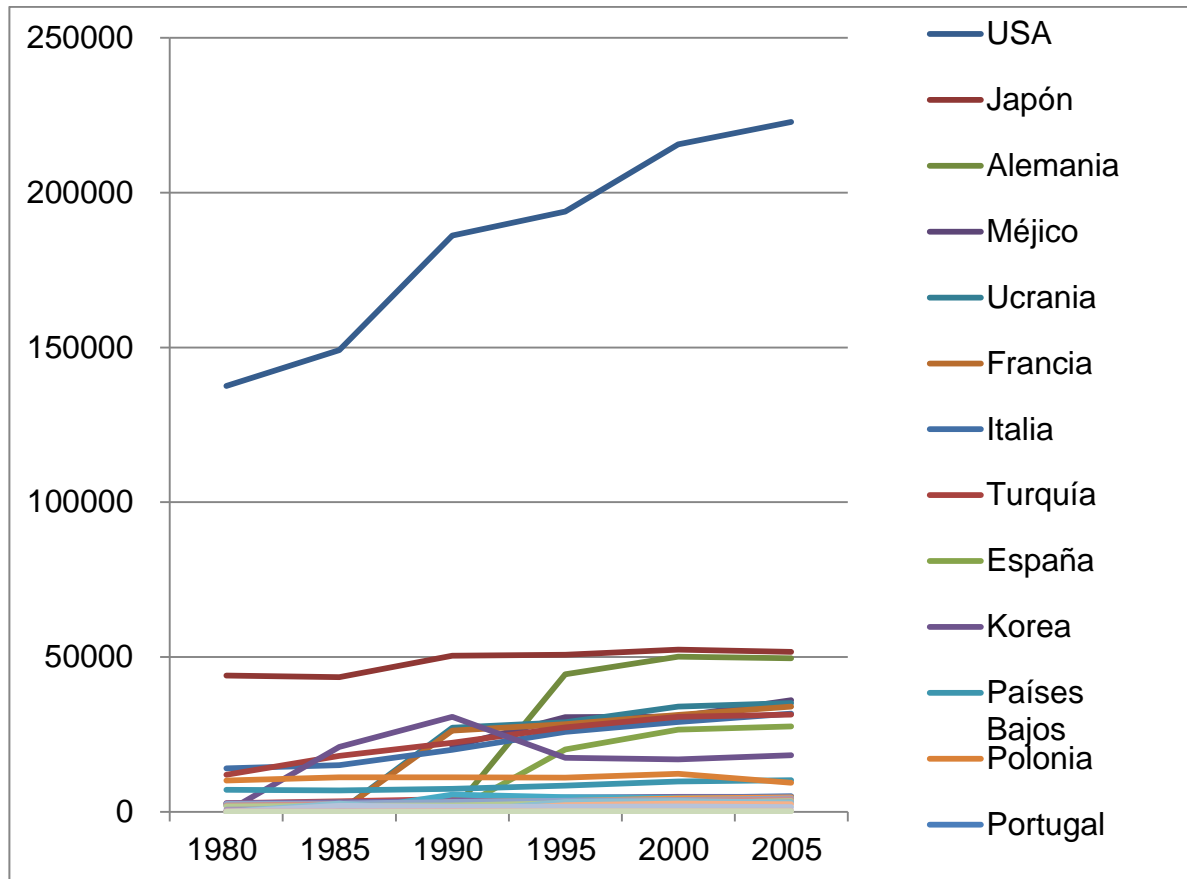
Tabla 8 Producción per cápita de residuos sólidos en diferentes países



NOTA: Fuente: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2005.

Debido al crecimiento notorio del consumo excesivo de los recursos naturales, en países de Europa se ha logrado, con nuevas leyes, disminuir la producción de los desechos. En el año 2007 según datos registrados por la Unión Europea, España produjo 537 Kilogramo/Habitante/Año, es decir un PPC de aproximadamente 1.47 Kilogramo/Habitante/Día, mientras que Irlanda fue el mayor productor de residuos sólidos con un PPC de 2.2 Kilogramo/Habitante/Día. Cada año varía esta cantidad, en cada país, dependiendo del desarrollo industrial que este haya tenido (ver ilustración 5).

Ilustración 5 Producción anual de diferentes países (1000 toneladas)



NOTA: Fuente: Organisation for Economic Co-operation and Development, 2005.

La unión Europea propone el reciclado del 40% de los residuos sólidos generados, ya sea con reciclaje o compostaje. En Alemania, el reciclado y compostaje fue más del 50% de los residuos sólidos tratados en el año 2011, según datos de la Eurostat, oficina de estadísticas de la Unión Europea. Esta tendencia, se está implementando en todo el continente Europeo y, para el año 2020, la meta es de reciclar la mitad de los residuos sólidos generados.

3.3.3. Características de los desechos sólidos

Dependiendo del autor o la legislación de casa país los residuos sólidos son definidos de manera diferente pero muy similar. A continuación la definición propuesta por tres autores.

“Los desechos sólidos son todos los desechos que proceden de actividades humanas y de animales que son normalmente sólidos y que se desechan como inútiles o indeseados”. (Tchobanoglous, 1982)

“Los residuos sólidos son aquel material que no representa una utilidad o un valor económico para el dueño, el dueño se convierte por ende en generador de residuos”. (Sakurai, 1983)

“Se entiende por desecho sólido todo sólido no peligroso, putrescible o no putrescible, con excepción de excretas de origen humano o animal. Se comprende en la misma definición los desperdicios, cenizas, elementos del barrido de calles, desechos industriales, de establecimientos hospitalarios no contaminantes, plazas de mercado, ferias populares, playas, escombros, entre otros”. (Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición final de Desechos Sólidos no Peligrosos, Libro 6, Anexo 6, 2007)

Los desechos sólidos, comúnmente conocidos como basura, es toda la materia que carece de valor alguno tras cumplir su vida útil. Existe diferente clasificaciones de estos dependiendo de la literatura pero se los clasifica en los siguientes grandes grupos en general:

- Desechos de alimentos
- Basura o escombros
- Cenizas y residuos
- Desechos de demolición y construcción
- Desechos especiales
- Desechos de plantas de tratamiento
- Desechos agrícolas
- Desechos peligrosos

De acuerdo a la Norma Ecuatoriana, el Ministerio del Ambiente en su publicación de la Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición

final de Desechos Sólidos no Peligrosos, Libro 6, Anexo 6, 2007, a los desechos sólidos se los clasifica de la siguiente manera. (Ver tabla 9)

Tabla 9 Clases de desechos sólidos

Clase de desecho sólido	Definición
Domiciliario	El que por naturaleza, composición, cantidad y volumen es generado en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento asimilable a éstas.
Comercial	Aquel que es generado en establecimientos asimilable a éstas.
Demolición	Son desechos sólidos producidos por la construcción de edificios, pavimentos, obras de arte de la construcción, brozas, etc., que quedan de la creación o derrumbe de una obra de ingeniería. Están constituidas por tierra, ladrillos, material pétreo, hormigón simple y armado, metales ferrosos y no ferrosos, maderas, vidrios, arena, etc.
Barrido de calles	Son los originados por el barrido y limpieza de las calles. Comprende basuras domiciliarias, institucionales, industriales y comerciales, arrojadas clandestinamente en la vía pública como: hojas, ramas, polvo, papeles, residuos de frutas, excremento humano y animal, animales muertos, cartones, plásticos, así como demás desechos sólidos similares a los anteriores.
Limpieza de parques y jardines	Es aquel originado por la limpieza y arreglos de jardines y parques públicos, corte de césped y poda de árboles o arbustos ubicados en zonas públicas o privadas.
Hospitales, sanatorios y laboratorios de análisis e investigación o patógenos	Son los generados por las actividades de curaciones, intervenciones quirúrgicas, laboratorios de análisis e investigación y desechos asimilables a los domésticos que no se pueda separar de lo anterior. A estos desechos se los considera como Desechos Patógenos y se les dará un tratamiento especial, tanto en su recolección como en el relleno sanitario, de acuerdo a las normas de salud vigentes y aquellas que el Ministerio del Ambiente expida al respecto.

Institucional	Se entiende por desecho sólido institucional aquel que es generado en establecimientos educativos, gubernamentales, militares, carcelarios, religiosos, terminales aéreos, terrestres, fluviales o marítimos, y edificaciones destinadas a oficinas, entre otras.
Industrial	Aquel que es generado en actividades propias de este sector, como resultado de los procesos de producción.
Especial	Son todos aquellos desechos sólidos que por sus características, peso o volumen, requieren un manejo diferenciado de los desechos sólidos domiciliarios. Son considerados desechos especiales: animales muertos cuyo peso exceda 40kg, estiércol producido en mataderos, cuarteles, parques y otros establecimientos, restos de chatarra, resto de poda de jardines y árboles, materiales de demolición y tierras.
Peligroso	Todo aquel desecho, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas, infecciosas, irritables, representa un peligro para los seres vivos, el equilibrio ecológico o el ambiente.
Incompatibles	Son aquellos que cuando se mezclan o entran en contacto, pueden reaccionar produciendo efectos dañinos que atentan contra la salud humana, contra el medio ambiente, o contra ambos.

NOTA: Fuente: Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición final de Desechos Sólidos no Peligrosos, Libro 6, Anexo 6, 2007.

Para determinar la composición física de los residuos se emplea el método de Cuarteo, el cual debe hacerse con una muestra representativa de la zona en estudio. Los porcentajes de los componentes de los desechos sólidos varían dependiendo de la localización, condición económica, actividades económicas y otros factores. Los materiales típicos encontrados en los residuos sólidos municipales son:

- Desechos de alimentos
- Papel
- Cartón
- Plásticos
- Textiles
- Caucho
- Cuero
- Residuos de jardín
- Madera
- Vidrio

Los factores importantes a determinar según la teoría de Tchobanoglous (1994) son:

1. Contenido de Humedad. El contenido de humedad de un desecho sólido, generalmente, se expresa como el peso de humedad por unidad de peso de material húmedo o seco. En el método de medida en peso húmedo, la humedad de una muestra se expresa como un porcentaje del peso húmedo del material; en el método en seco, se expresa como un porcentaje del peso seco del material.

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{W_{\text{húmedo}} - W_{\text{seco}}}{W_{\text{húmedo}}} 100 \quad (\text{Ecuación 2.3.3a})$$

2. Densidad. Con frecuencia se necesitan datos de densidad para evaluar la masa total y el volumen de agua que se debe manejar. Desafortunadamente, hay poca o ninguna uniformidad en la manera como se han reportado las densidades de desechos sólidos en la literatura. A menudo no se ha hecho distinción alguna entre densidades de desechos compactados y sin compactar. Algunos valores aproximados se encuentran en la tabla 10.

Tabla 10 Densidades típicas de los residuos sólidos

Fuente	Densidad típica (Lb/yd ³)	Densidad típica (kg/m ³)
Residencia (sin compactar)		
Basura	220.00	130.53
Desechos de jardín	175.00	103.83
Cenizas	1250.00	741.63
Residencia (compactado)		
En camión compactador	500.00	296.65
En el relleno (normalmente compactado)	750.00	444.98
En el relleno (bien compactado)	1000.00	593.30
Residencial (después de procesado)		
Embalado	1200.00	711.96
Desmenuzado (sin compactar)	260.00	154.26
Desmenuzado (compactado)	1300.00	771.29
Comercial - Industrial (sin compactar)		
Desechos de alimentos (húmedo)	900.00	533.97
Basura, combustible	200.00	118.66
Basura, no combustible	500.00	296.65

1Lb/yd³ = 0.5933 kg/m³

NOTA: Fuente: Modificado del libro Desechos sólidos, George Tchobanoglous, 1982

Los parámetros de la composición química de los desechos sólidos, según Tchobanoglous (1994), son necesarios determinar para la realización de ciertos

procesos como la incineración de la materia. A continuación algunos parámetros de la composición química.

1. Análisis Inmediato
 - Humedad (pérdida a 105°C durante 1 hora)
 - Material volátil (pérdida adicional por ignición a 950°C)
 - Cenizas (residuos después de quemar)
 - Carbón fijo (restante)
2. Punto de fusión de la ceniza
3. Análisis final, por ciento de C (carbón), H (hidrógeno), O (oxígeno) N (nitrógeno), S (azufre) y ceniza.
4. Valor calórico

3.3.3.1. *Método del cuarteo*

Sakurai (1983) desarrolló una metodología para la caracterización física de los residuos sólidos.

Para la determinación de la muestra representativa primero se procede a dividir la población en estratos: zona comercial, residencial clase alta, media y baja. Se aplica la teoría del muestreo para determinar el tamaño de la muestra N. Se selecciona las muestras de manera aleatoria en N cantidad de viviendas.

El cuarteo comienza colocando la muestra en una zona pavimentada o en un plástico, para evitar que se mezcle con la tierra. Se homogeniza la muestra trozando los pedazos más grandes para hacerlos manejables. Se divide el monto en cuatro partes iguales, descartando las partes diagonales y seleccionando las restantes para formar un nuevo montón en el cual se hará el mismo procedimiento hasta obtener una muestra de 50 kg o menos. Del último montón se separan los materiales de la siguiente manera:

- Papel y cartón
- Madera y follaje
- Restos de alimentos
- Plásticos
- Metales
- Vidrio
- Otros (caucho, cuero, tierra, etc.).

Se separa cada componente y se lo pesa individualmente para luego determinar el peso total de la muestra y sacar porcentajes de materiales.

$$\text{Porcentaje (\%)} = \frac{W_i}{W_{\text{total}}} 100 \quad (\text{Ecuación 2.3.3.1})$$

Donde W_i es el peso de cada componente y W_t el peso total de la muestra recogida.

Se realiza este muestro por siete días consecutivos y se eliminan los datos del muestreo del primer día.

Tchobanoglous (1994), propone una metodología similar, con pequeñas variaciones; consiste en realizar el cuarteo de la muestra representativa de la siguiente manera:

1. La muestra se la extiende en un área plana, aproximadamente de 4 metros por 4 metros.
2. Se mezcla la muestra hasta homogenizarla.
3. Se divide en 4 partes iguales, A, B, C y D, y se eliminan las partes opuestas. (A y C o B y D).
4. Se repite el proceso hasta llegar a un peso aproximado de 50Kg, para la selección de subproductos.

5. De las partes eliminadas del primer cuarto se toma 10Kg para la realización de análisis químicos, físicos y biológicos. Con lo demás se obtiene el peso volumétrico. (Ver ilustraciones 6 y 7)

Ilustración 6 Proceso de cuarteo

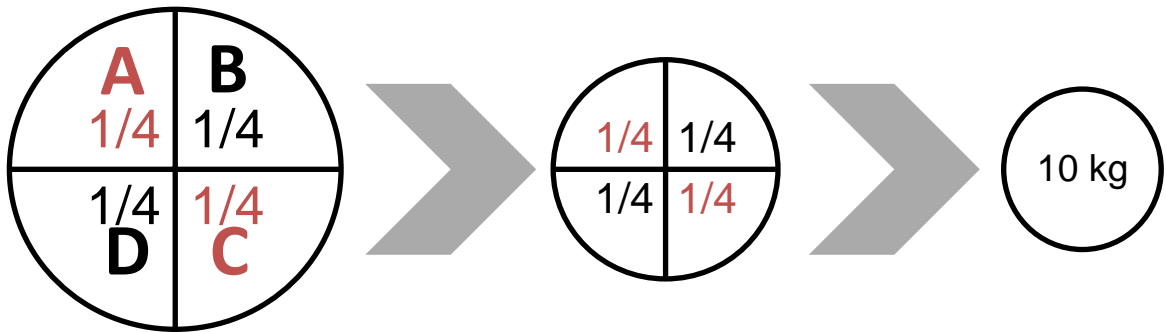


Ilustración 7 Proceso de cuarteo realizado en Puerto López, Manabí



Disposicion final de los residuos sólidos en el botadero.



Descarga del camión recolector.



Mezclado de la materia.



Separación de los componentes de los residuos sólidos



Peso de los componentes de los residuos sólidos.

Ilustración 8 Camión recolector, Puerto Limpio, Guayaquil



Luego de obtener las muestras representativas se procede a clasificar los tipos de desechos en la muestra y a determinar diferentes parámetros como: peso volumétrico in situ, cuantificación de subproductos, % de Humedad, % Carbono, % Cenizas, entre otros.

Se clasifica los residuos de la siguiente forma:

- Materia orgánica
 - Fibra dura vegetal, huesos, madera, residuos alimenticios, residuos de jardinería y cuero.
- Papel y cartón
 - Cartón, envases de cartón, tetra-pack y papel.
- Vidrio
 - Vidrio de color y transparente.
- Metal
 - Fierro, aluminio, cobre, etc.
- Plásticos

- Plástico rígido y de película.
- Residuos tóxicos
 - Pañal desechable, toallas sanitarias, materiales de curación, baterías, envases de aerosoles, etc.
- Otros
 - Algodón, fibras sintéticas, hule, cerámica, materiales de construcción, trapo, etc.

Tchobanoglous (1994) clasifica y define los tipos de desechos sólidos de la siguiente manera:

- Desechos de alimentos: son los residuos de animales frutas o vegetales que resultan del manejo, preparación, enfriamiento e ingestión de alimentos.
- Basura o escombros: consisten en desechos sólidos combustibles y no combustibles de casas, instalaciones, actividades comerciales, etc., excluyendo desechos de alimentos u otros materiales altamente putrescibles.
- Cenizas y residuos: materiales que resultan de quemar madera, carbón, coque y otros desechos combustibles en casas, tiendas, instituciones e instalaciones industriales y municipales para calefacción, cocción y disposición de desechos combustibles, se clasifican como cenizas y residuos.
- Desechos de demolición y construcción: son los desechos de edificios demolidos y otras estructuras se clasifican como desechos de demolición.
- Desechos especiales: son los desechos del barrido de calles, desperdicios a lo largo de carreteras, desechos de recipientes municipales de desperdicios, escombros de cuencas, animales muertos y vehículos abandonados, se clasifican como desechos especiales.

- Desechos de plantas de tratamiento: los desechos sólidos y semisólidos de instalaciones de tratamiento de aguas, aguas residuales y desechos industriales se incluyen en esta clasificación; las características específicas de estos materiales varía dependiendo de la naturaleza del proceso de tratamiento.
- Desechos agrícolas: los desechos y residuos que resultan de diversas actividades agrícolas, como los de la siembra y cosecha de surcos, campos y árboles y cultivos de vid, la producción de leche, la producción de animales para sacrificio y la operación de corrales se llaman colectivamente Desechos Agrícolas.
- Desechos Peligrosos: los desechos químicos, biológicos, inflamables, explosivos o radioactivos que plantean un peligro sustancial para la vida humana, de las plantas o animal; inmediatamente en el tiempo, se clasifican como peligrosos.

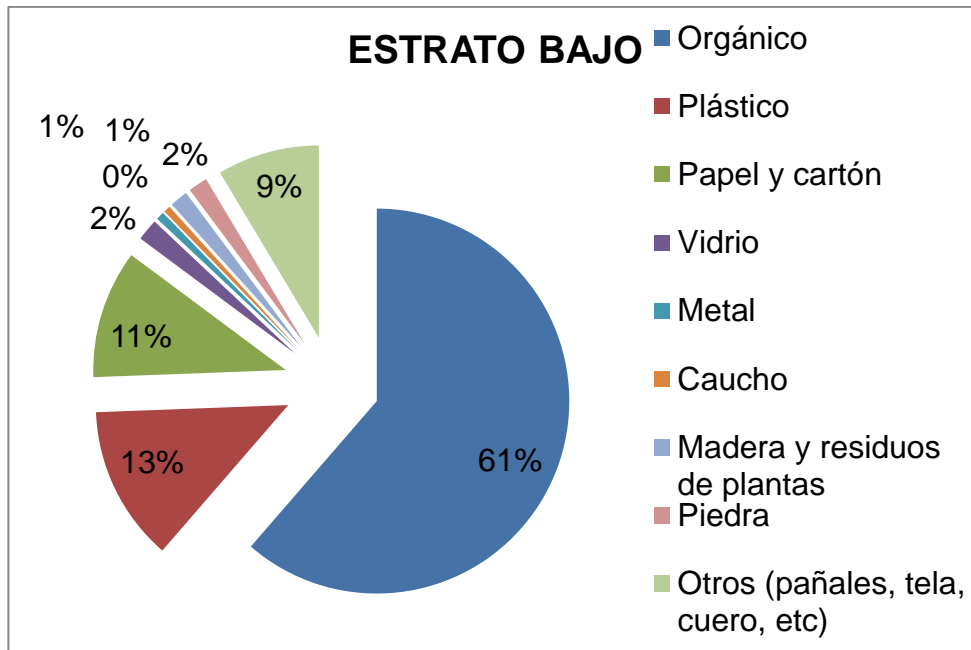
Los valores se pueden aproximar mediante tablas realizadas con muestras en diferentes partes, la tablas 11 e ilustraciones 9, 10, 11, 12, 13 y 14, presentan valores típicos de porcentajes de los subproductos de los desechos. Estos valores no son exactos y varían dependiendo del país, ciudad y estrato social. A diferencia de los residuos sólidos de Estados Unidos, mayor cantidad de materia orgánica se genera en Guayaquil y a su vez a menor nivel socio económico, mayor producción de esa materia.

Tabla 11 Tipos de desecho, Estados Unidos

Tipo de desecho	Rango %	Valor típico %
Desechos de alimentos	6-26	15
Papel	25-45	40
Cartón	3-15	4
Plásticos	2-8	3
Textiles	0-4	2
Caucho	0-2	0.5
Cuero	0-2	0.5
Residuos de jardín	0-20	12
Madera	1-4	2
Vidrio	4-16	8
Envases de hojalata	2-8	6
Metales no ferrosos	0-1	1
Metales ferrosos	1-4	2
Tierra, ceniza, ladrillo, etc.	0-10	4

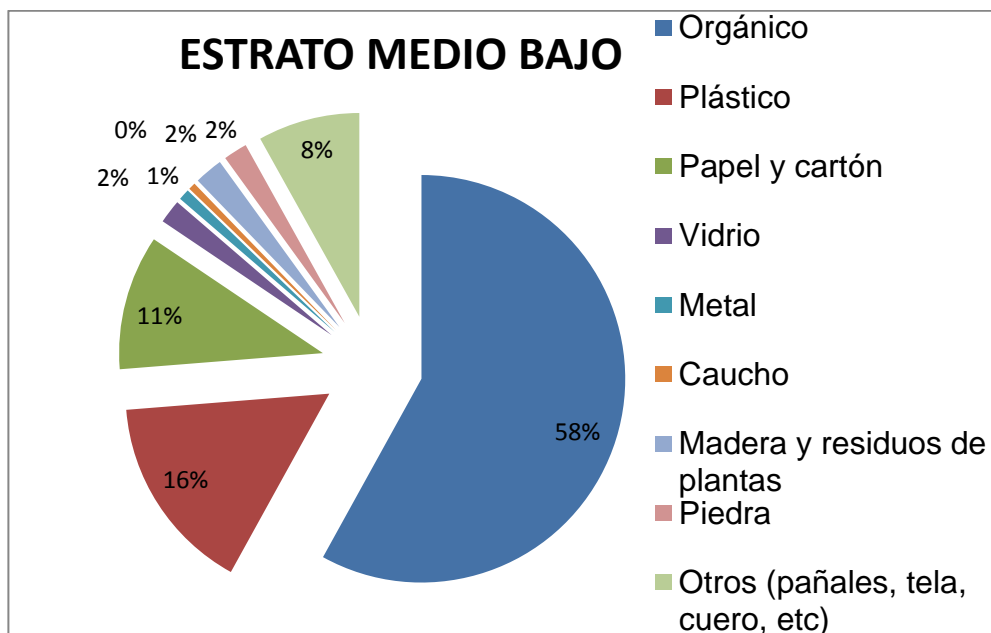
NOTA: Fuente: Desechos sólidos, George Tchobanoglous, 1982

Ilustración 9 Tipos de desecho, Guayaquil (Estrato social bajo)



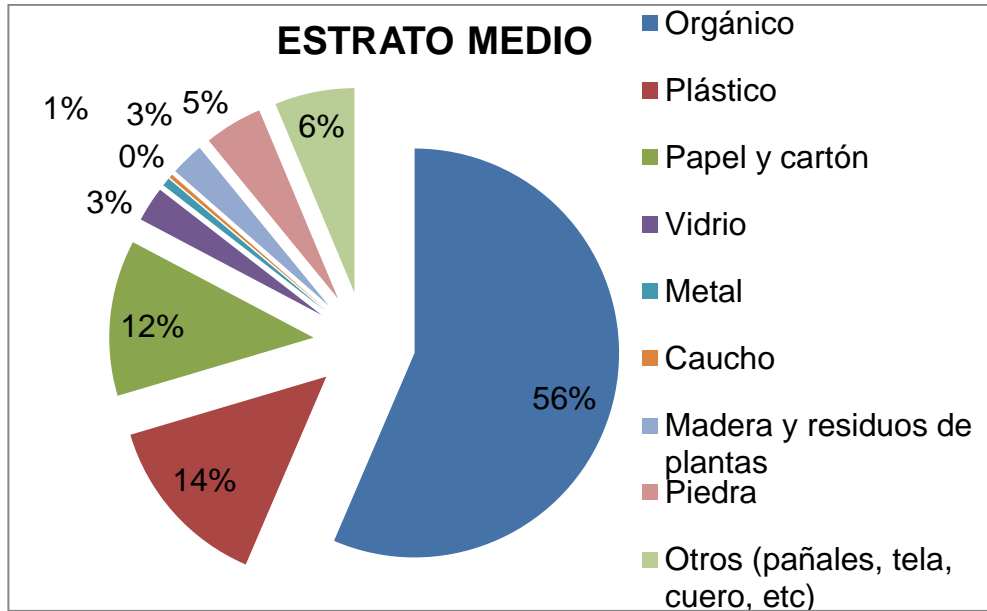
NOTA: Fuente: Estudio realizado por el Consorcio ILM - Las Iguanas, 2012.

Ilustración 10 Tipos de desecho, Guayaquil (Estrato social medio bajo)



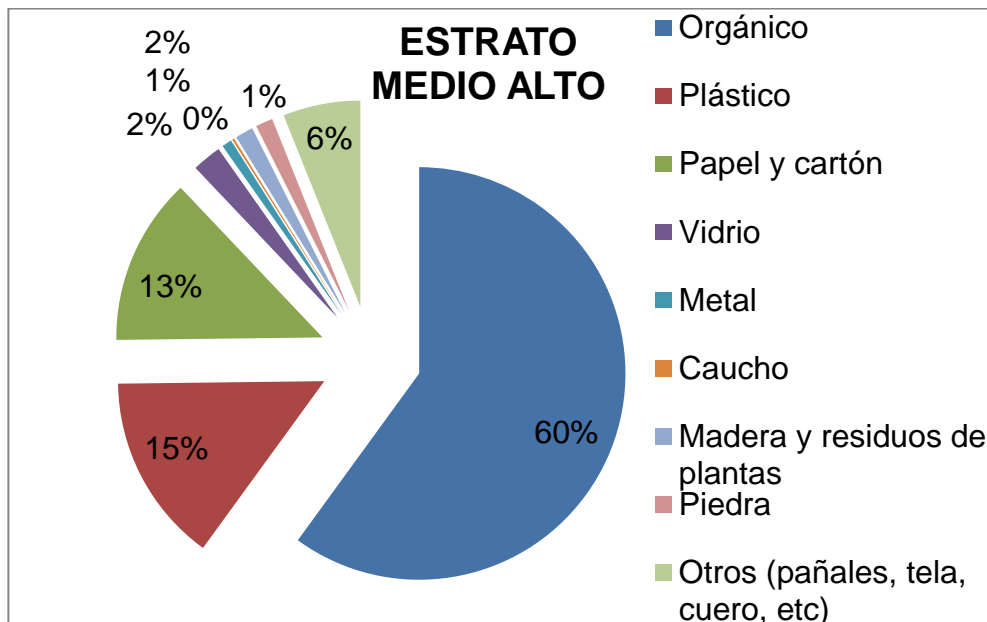
NOTA: Fuente: Estudio realizado por el Consorcio ILM - Las Iguanas, 2012.

Ilustración 11 Tipos de desecho, Guayaquil (Estrato social medio)



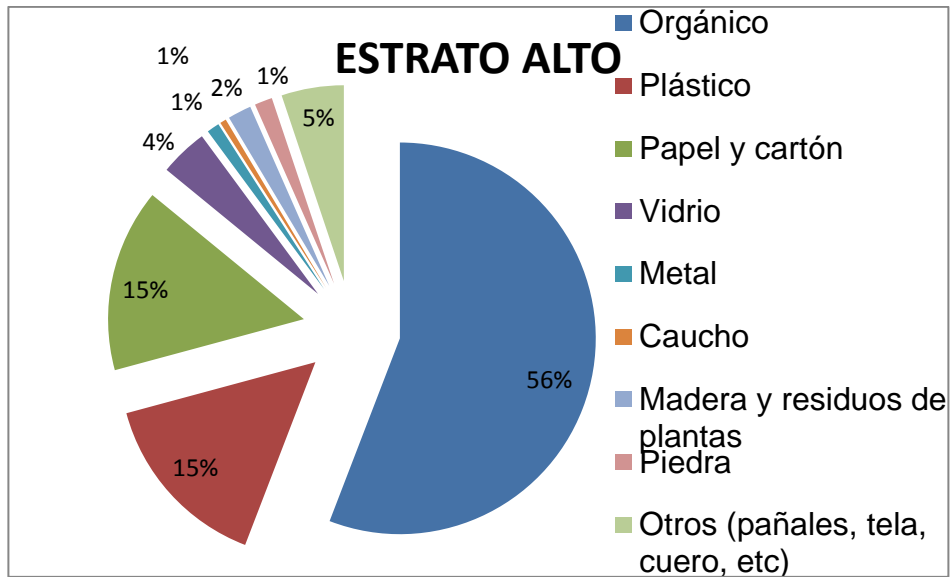
NOTA: Fuente: Estudio realizado por el Consorcio ILM - Las Iguanas, 2012.

Ilustración 12 Tipos de desecho, Guayaquil (Estrato social medio alto)



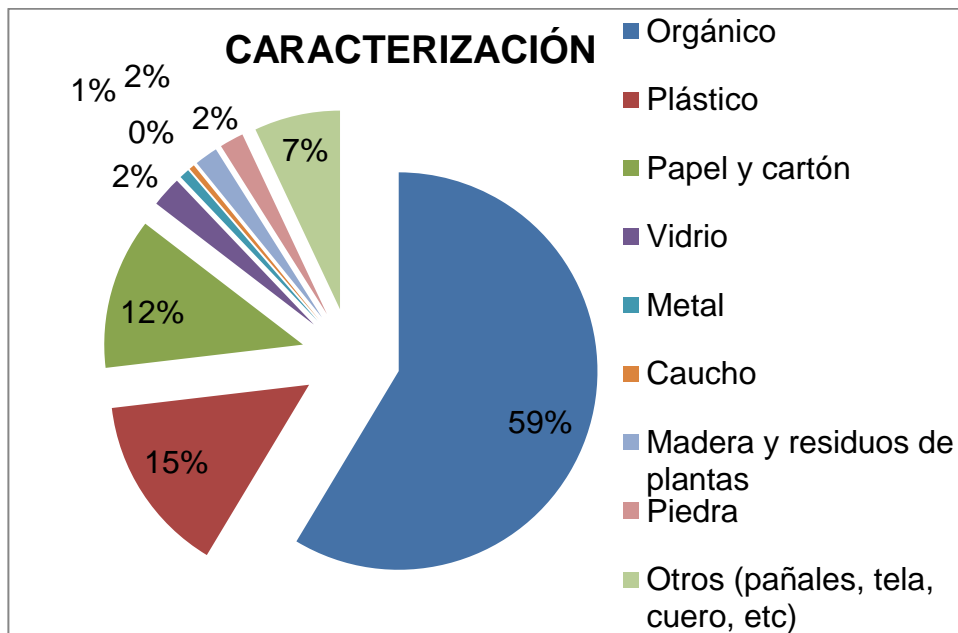
NOTA: Fuente: Estudio realizado por el Consorcio ILM - Las Iguanas, 2012.

Ilustración 13 Tipos de desecho, Guayaquil (Estrato social alto)



NOTA: Fuente: Estudio realizado por el Consorcio ILM - Las Iguanas, 2012.

Ilustración 14 Tipos de desecho, Guayaquil



NOTA: Fuente: Estudio realizado por el Consorcio ILM - Las Iguanas, 2012.

3.4. Capítulo 4: Rutas de recolección

Los procedimientos de recolección consisten en trasladar los desechos sólidos desde la fuente hasta el sitio de disposición final, lo cual parecería fácil si fuera un solo viaje, pero alrededor de 200 residencias son necesarias para llenar un carro recolector de 30 yd³. Factores como: número de residencias, distancias de acarreo, tiempos, factor fuera de ruta, miembros de la cuadrilla, entre otros, son necesarios para el correcto análisis de este procedimiento. Si los tiempos, implementos y personal son bien analizados, se podrá obtener valores de costo eficientes. Varios autores analizan las rutas, utilizando valores empíricos de factores de diferente forma.

3.4.1. Metodología de George Tchobanoglous (1986)

Tchobanoglous (1986), detalla la siguiente metodología para el análisis y evaluación de las rutas de recolección de los desechos sólidos.

Definición de términos:

- Recogida: puede ser de modo convencional donde el camión comienza desde la recogida del recipiente, acarreo, regreso a cargar el siguiente recipiente vacío, o de intercambio de recipiente.
- Tiempo de acarreo: es el tiempo necesario del transporte del material desde su recolección hasta llegar al sitio de disposición final.
- Tiempo en sitio: representa el tiempo gastado en el lugar de disposición, incluye el tiempo de espera para descargar lo mismo que el tiempo de la descarga.
- Factor fuera de ruta: es todo el tiempo que no se utiliza para el proceso de recolección. Estos pueden ser: tiempo necesario para

llegar al primer punto de recogida, tráfico, tiempo necesario para mantenimiento.

Los siguientes datos deben ser definidos.

- N_d = Viajes por día
- P_{scs} = Horas por viaje
- s = Suponga el tiempo en el sitio de disposición por viaje
- a = Constante empírica para estimar el tiempo de acarreo, horas por viaje
- b = Constante empírica para estimar el tiempo de acarreo, millas por hora
- x = Distancia de acarreo en un viaje completo
- W = Factor de fuera de ruta
- H = Duración de día de trabajo
- t_p = Tiempo de recolección necesario por lugar de recogida
- C_n = Número promedio de recipientes en cada lugar de recolección
- PRH = Lugares de recogida desde atrás de la casa, por ciento.
- n = Vehículo de recolección
- N_p = Número de lugares de recolección donde se pueden recolectar los desechos
- V_p = Volumen de desechos producidos por lugar de recolección por semana

- v = Volumen necesario del camión
- r = Relación de compactación
- F = Frecuencia
- N_w = Número de viajes necesarios por semana

El procedimiento de cálculo es el siguiente.

1. Tiempo disponible para la operación de recolección.

$$H = \frac{N_d * (P_{SCS} + s + a + bx)}{(1 - W)} \quad (\text{Ecuación 2.4.1a})$$

$$P_{SCS} = \frac{(1 - W) * H}{(N_d - s - a - bx)} \quad (\text{Ecuación 2.4.1b})$$

2. Tiempo de recolección necesario por lugar de recogida

$$t_p = 0.72 + 0.18(C_n) + 0.014(PRH) \quad (\text{Ecuación 2.4.1c})$$

3. Número de lugares de recolección donde se pueden recolectar los desechos

$$N_p = 60 P_{SCS} / t_p \quad (\text{Ecuación 2.4.1d})$$

4. Volumen de desechos producidos por lugar de recolección por semana

$$v = \frac{V_p * N_p}{r} \quad (\text{Ecuación 2.4.1e})$$

5. Número de viajes necesarios por semana

$$N_w = \frac{v * F}{N_p} \quad (\text{Ecuación 2.4.1f})$$

El servicio de recolección empieza desde el momento que se recoge el material hasta el acarreo hacia la disposición final. Este varía dependiendo del tipo de vivienda, pero se asume viviendas de poca altura. (Ver tabla 12)

Tabla 12 Tipos de recolección

Consideraciones	Tipo de Servicio				
	Acera	Calle	Salida y vuelta	Salida	Acarreo desde el patio
Requiere cooperación del residente:					
Para acarrear recipientes llenos	Si	Opcional	No	No	No
Acarrear recipientes vacíos	Si	Opcional	No	Si	No
Requiere horario de servicio para la cooperación del residente	Si	No	No	Si	No
Estéticamente pobre:					
Problema de dispersión	Elevado	Elevado	Bajo	Elevado	Bajo
Recipientes visibles	Si	No	No	No	No
Atractivo a los zopilotes	Si	Máximo	No	No	No
Propenso a desarreglos	Si	Si	No	Si	No
Número promedio de personas necesarias en la cuadrilla para eficiencia	1 a 3 personas	2 a 3 personas	3 a 5 personas	1 a 5 personas	3 a 5 personas
Tiempo de cuadrilla	Poco	Poco	Grande	Intermedia	Intermedia
Tasa de lesiones de recolector debido a levantar y acarreo	Baja	Baja	Elevada	Intermedia	Elevada

Quejas por sobrepasar la propiedad	Pocas	Pocas	Muchas	Muchas	Muchas
Consideraciones especiales		Requiere callejuelas y vehículos que puedan maniobrar en ellas, menos propenso a bloquear el tráfico; tasa de depreciaciones de vehículo y recipientes elevada.			Requiere de carrito con ruedas para acarrear recipientes llenos o el uso de arpillería o barril de mano, trabaja mejor con calzadas.
Costo debido a:					
El tamaño de la cuadrilla y exigencias del tiempo	Bajo	Bajo	Bajo	Elevado	Medio

NOTA: Fuente: George Tchobanoglous, Hilary Theissen y Rolf Eliassen (1982)

Los camiones recolectores varían dependiendo de la necesidad, estos pueden tener diferente capacidad. (Ver tabla 13)

Tabla 13 Tipos de recolectores y capacidades

Recolección		Rango Típico de capacidades de recipientes (yd ³)	Rango Típico de capacidades de recipientes (m ³)
Vehículo	Tipo de recipiente		
Sistema de acarreo de recipiente			
Camión grúa	Usado con compactador estacionario	6 - 12	4.6 - 9.2
Plataforma de volteo	Abierto por encima	12 - 50	9.2 - 38
	Usados con compactador estacionario	15 - 50	11 - 38
	Equipo con mecanismo propio de compactación	20 - 40	15 - 31
Camión tractor	Tráiler de escombros abiertos encima	15 - 40	11 - 31
	Tráiler con recipientes cerrados equipados con mecanismo de compactación	20 - 40	15 - 31
Sistema de recipiente estacionario			
Compactador cargado mecánicamente	Abierto por encima y cargado lateralmente	1 - 8	0.8 - 6.1
Compactador cargado a mano	Recipientes de plástico, o galvanizados pequeños, bolsas desechables de papel y plástico	20 - 55	15 - 42

NOTA: Fuente: George Tchobanoglous, Hilary Theissen y Rolf Eliassen (1982)

La capacidad de estos varía ya que el acarreo es manual y no siempre se llena completamente los camiones recolectores.

Ilustración 15 Recolector de Puerto Limpio y recolección manual

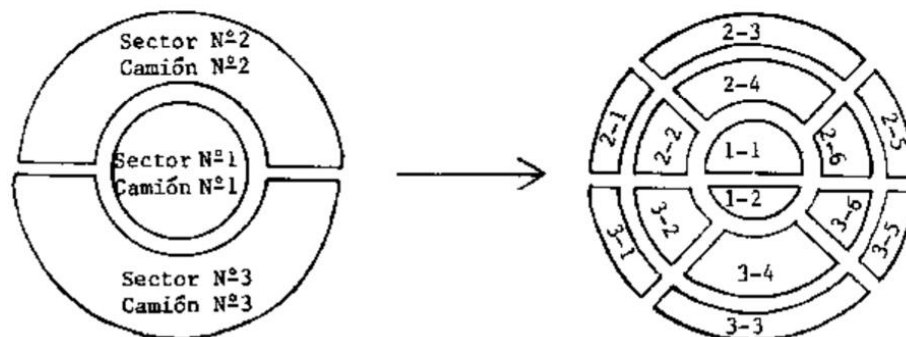


3.4.2. Metodología de Kunitoshi Sakurai (1983)

Sakurai (1983) desarrolló una metodología para diseñar rutas de recolección, dividiendo la población y sectores y creando rutas en los subsectores.

Se empieza determinando datos como: área de cada zona a servir, densidad de población de cada zona e índice de producción de basura per cápita (PPC) de cada zona.

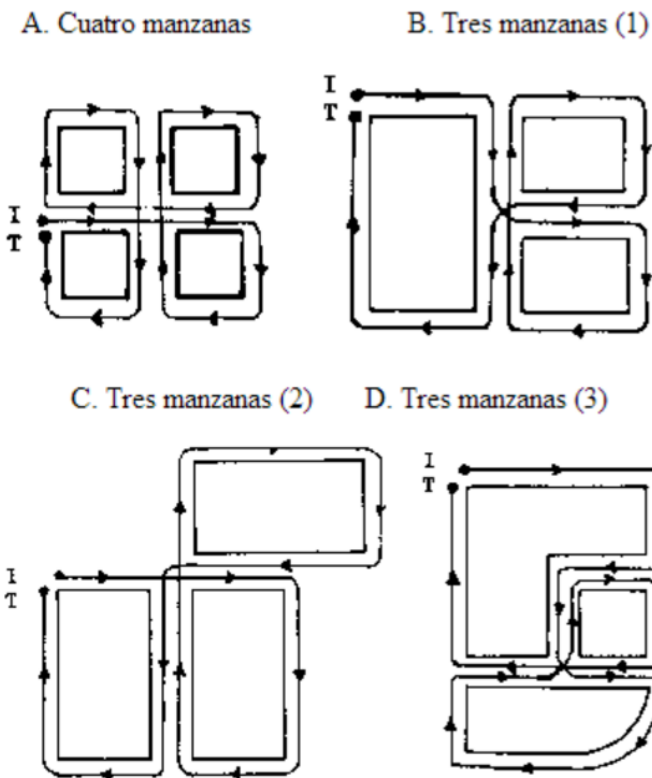
Ilustración 16 Ejemplo de zonificación



Nota: Fuente. Diseño de Rutas de Recolección de Residuos Sólidos, Dr. Kunitoshi Sakurai, 1983 .

Se analiza qué tipo de recolectores existen disponibles y sus especificaciones técnicas: modelo, año, capacidad. Se determina la densidad de la basura, número de viajes y frecuencia de recolección para luego calcular cuántos vehículos recolectores deben dirigirse a los subsectores cada día. Finalmente se procede a la diagramación de las rutas de manera eficaz, evitando repeticiones, respetando el tránsito y vías de acceso.

Ilustración 17 Ejemplo de diagramación



Nota: Fuente. Diseño de Rutas de Recolección de Residuos Sólidos, Dr. Kunitoshi Sakurai, 1983.

Se verifican las rutas determinando la distancia recorrida por cada recolector y la viabilidad de la propuesta.

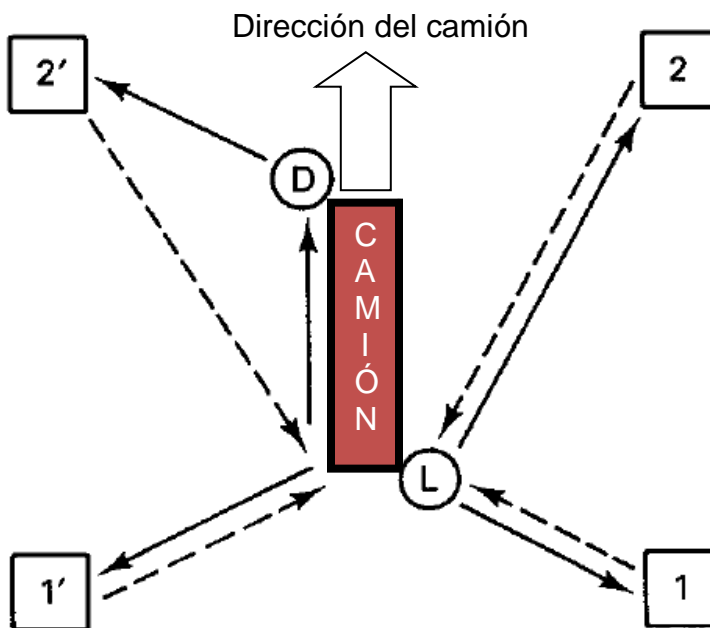
3.4.3. Metodología de John Pfeffer (1992)

Para complementar el sistema de recolección se ilustran ciertas tablas de la metodología propuesta por Pfeffer (1992).

Como primer factor, analiza las posibilidades del tamaño de la cuadrilla y si el conductor también recolecta los recipientes.

Según su metodología detalla las posibles formas de recolección de la cuadrilla y del conductor. (Ver ilustraciones 18 y 19).

Ilustración 18 Esquema de posibles procesos de recolección (Método A)



Nota: Fuente. Técnicas para la recolección de residuos sólidos, John Pfeffer, 1992.

Tabla 14 Tiempos de recolección

Personas de cuadrilla	Localización de recipiente	Tiempo estándar	Servicios por parada	Persona/minuto por servicio/parada
3	Patio	2.35	6	1.33
2	Patio	2.38	4	1.33
1	Patio	2.4	2	1.35
1	Callejón	0.86	2	0.58
2	Callejón	0.49	2	0.79
3	Callejón	0.35	2	0.97
3	Acera	2.06	6	1.18
2	Acera	2.11	4	1.12
1	Acera	1.58	2	0.88

Tiempo estándar: Minutos por parada de recolección de los dos lados de la calle

Persona/minuto por servicio/parada: incluye el tiempo de las paradas en el viaje de la ruta de recolección.

Nota: Fuente. Estudio de Sistemas de Recolección de Desechos Sólidos, U.S. Public Health Service, Washington DC, 1969.

Entre los factores analizados por este autor se tiene:

- Tiempo de recolección: lo define como el tiempo necesario para cargar el vehículo y se lo calcula con la siguiente ecuación.

$$\text{Tiempo de Recolección} = \frac{V D t_s}{Q} \quad (\text{Ecuación 2.4.3})$$

Donde V es el volumen del vehículo en yd³, D es la densidad de la materia en lb/ yd³, t_s el tiempo durante la recolección por persona y Q la cantidad de recogida por parada en lb/parada.

- Tiempo en sitio. Depende del tiempo de descarga en el lugar de disposición final, y el tiempo de espera, así como también el tiempo necesario que le toma al conductor colocarse en posición de descarga.
- Tiempo fuera de ruta. Se refiere al tiempo en que no se está trabajando en la recolección y transporte de los residuos sólidos como: hora de comida, traslado inicial al primer lugar de recolección, tiempo de despacho, tráfico, accidentes y mantenimiento del equipo.

3.5. Capítulo 5: Reciclaje

El reciclaje consiste en poner en un ciclo de tratamientos la materia ya utilizada, con el fin de recuperar gran parte de la misma. Debido al impacto ambiental y consumo incontrolado de los recursos naturales ocasionado por el humano, es una tendencia y necesidad las nuevas prácticas de reciclaje y vida sostenible. En países Europeos la tendencia es el mayor porcentaje de residuos sólidos para reciclaje y compostaje. Alemania recicla aproximadamente el 45% de los desechos tratados, Irlanda el 37% y Suecia el 33%, según datos de la Eurostat. En Latinoamérica el reciclaje no es tan común como en los países de Europa. A pesar que la cantidad puede ser mayor en los países europeos, lo que importa es la calidad y cuánto es tratado antes de ser desechado, estos porcentajes divergen mucho de los de nuestro continente. La realidad es que en América Latina la generación de los desechos sólidos es mayor a la del reciclaje. Según datos de la CEPAL, cada habitante produce un promedio de 0.91 Kg/Hab/Día de los cuales aproximadamente el 70% es recogido. Existe reciclaje informal pero no el necesario para sacar provecho a productos que podrían generar fuentes de recursos y trabajos para los habitantes del sector.

Tabla 15 Manejo de Residuos Sólidos en la Unión Europea

Lugar	Desechos sólidos municipales Kg/Persona	Total de desechos sólidos municipales tratados Kg/Persona	Desechos sólidos municipales tratados (%)			
			Relleno sanitario	Incinerado	Reciclado	Compostaje
Unión Europea	500	483	36	22	25	14
Bélgica	464	459	1	42	36	14
Bulgaria	375	371	93	0	3	20
República Checa	320	319	65	18	15	3
Dinamarca	719	719	3	54	31	2
Alemania	597	597	1	37	45	12
Estonia	298	257	60	0	17	17
Irlanda	623	560	49	4	33	9
Grecia	496	496	82	0	15	3
España	498	498	63	8	17	3
Francia	527	527	28	35	19	12
Italia	535	505	46	16	20	18
Lituania	442	432	77	1	18	1
Luxemburgo	687	687	15	38	27	2
Hungría	382	382	67	11	17	20
Países Bajos	596	502	1	32	27	0
Austria	552	528	3	33	27	24
Polonia	315	255	57	1	9	32
Portugal	487	487	59	21	12	14
Rumania	365	293	79	0	1	8
Eslovenia	411	351	50	1	29	0
Eslovaquia	327	312	75	10	4	5
Finlandia	505	505	40	25	22	6
Suecia	460	460	1	51	33	13
Reino Unido	518	514	49	12	25	15
Islandia	571	530	68	10	13	14
Noruega	483	473	2	56	25	2
Suiza	689	689	0	50	35	15
Croacia	373	371	91	0	7	16
Turquía	395	333	84	0	0	0

Nota: Fuente. Eurastat, 2011.

3.5.1. Uso de materiales reciclados

Inicialmente el material que se reutilizaba eran las botellas de vidrio, las cuales se volvían a llenar y sólo se descartaban las botellas rotas. Hoy en día se intenta clasificar los desechos para poder reutilizarlos y sólo depositar en los rellenos sanitarios la mínima cantidad de materia, porque a pesar de que éste método es el más conveniente, se dice que se está “enterrando energía”. El porcentaje de material apto para reciclar se ve disminuido en cada ciclo, ya que debido a su reutilización la materia pierde sus propiedades y la calidad del producto final se ve deteriorada.

Entre los materiales reciclables tenemos:

- Latas de aluminio
- Cartón
- Equipos electrónicos
- Vidrio (sobre todo botellas y frascos)
- Metal
- Periódicos
- Papel
- Bolsas de plástico
- Botellas de plástico
- Latas de acero
- Desechos de jardín (hojas, hierba)

En la actualidad los principales materiales reciclados son el papel, vidrio y plástico. El papel reciclado se utiliza en productos de menos calidad como por ejemplo los envases de huevos, papel periódico y papel higiénico. El plástico y el vidrio también son reutilizados en diferentes áreas y cada día se busca nuevos campos para poder utilizar el material usado. En grandes comunidades, la materia orgánica es tratada en hornos para obtener energía.

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en Ecuador el 15% de los hogares clasifican los desechos orgánicos, 17% plásticos y el 20% papel. Los resultados, también ubican a Cuenca como la ciudad que más recicla a nivel nacional.

El Sistema Integral de Reciclaje de la Basura, implementado en el año 2006, permitió el reciclaje de 800 kilogramos de basura para el cual el 2,5% de la población interactuó.

Actualmente, Cuenca recicla 170 toneladas al mes, involucrando al 60% de los 505.585 habitantes de la ciudad. Estos resultados colocan al sector en primer lugar del país; la segunda es Quito, con el 48% y Loja le sigue, con el 45% de basura reciclada.

El sistema de depósito en las residencias consiste en separar la materia desde la fuente, utilizando fundas de diferentes colores como negra y celeste, en donde se colocan los desechos reciclables como: cartón, latas, papel y plásticos y en la otra los desechos orgánicos.

El manejo consiste en entregar sin costo el material reciclado y realizar programas de concientización y capacitación en centros educativos, mercados y espacios públicos. Aproximadamente 200 a 300 toneladas son procesadas para utilizar. El 80% de la población cuencana recicla, y existe depósitos de desechos para reciclar en zonas públicas.

El sistema de recolección consta con 24 camiones recolectores, de los cuales 10 tienen tolva para separar las fundas (negras y celestes). Cuenca se propone, para finales del año 2013, reciclar el 70% de los desechos sólidos generados y se estima una cobertura del 98%.

Loja también lidera la lista de sectores con reciclaje en Ecuador; según datos del Municipio de Loja, se ha logrado tener una cobertura del 95%. En el año 1998, el reciclaje en Loja empezó como prueba piloto. Actualmente los productos reciclables como; cartón, plástico, vidrio y aluminio, el Municipio los vende a varios mercados locales de Guayaquil y de Cuenca, mientras que los residuos orgánicos son tratados en la planta de compostaje.

La planta de reciclaje está ubicada dentro del relleno sanitario y aproximadamente 45 toneladas se clasifican diariamente, los cuales son compactados con una prensa hidráulica para formar pacas de 600 kilos para su comercialización. La materia orgánica se la procesa mediante la lombricultura y se produce abono para ser también comercializada.

Ilustración 20 Lombricultura en Loja



Nota: Municipio de Loja, 2012.

Al igual que en Cuenca, la materia es clasificada desde las residencias en fundas de color verde para materia orgánica, y negra para el resto.

3.5.2. Principales productos reciclables

El papel es el material que más demanda tiene en el reciclaje ya que es el más utilizado. Existe diferentes tipos de papel que pueden ser reciclados: el de post consumo, pre consumo y el papel molido. La fabricación de papel genera una tala de árboles notoria y por lo tanto tiene un gran impacto ambiental. Según datos de Trends and Current Status of the Contribution of the Forestry Sector to National Economies, del año 2004, el 90% de la pasta del papel está fabricada de madera.

El vidrio es un material que se ha reciclado desde que se empezó a producirlo. Ha sido principal material para el envasado de bebidas, perfumes, comida, y diferentes artículos. Se estima que el 90% del vidrio puede ser reciclado sin perder sus propiedades, dependiendo de la calidad de este, se puede emplear en vidrio de alta o baja calidad.

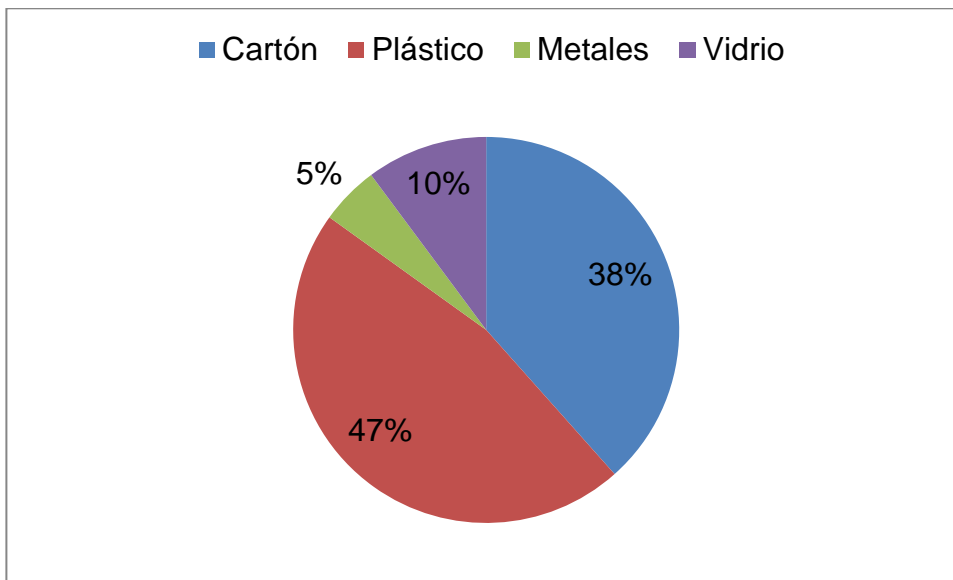
El plástico es un material empleado en la vida cotidiana de los seres humanos, ya sea en envases de bebidas, juguetes, muebles o electrodomésticos. Es decir que se utiliza para el fin de almacenar pero también para la producción de bienes duraderos.

Existen otros productos reciclables como el aluminio y materiales de construcción.

En Ecuador existe poco reciclaje a nivel nacional, pocas son las ciudades que realizan el proceso como lo son Cuenca y Loja. En la tabla 21 se observan los valores en porcentaje, del material que podría ser reciclado.

La parte de materia orgánica tiene otros procesos y fines del reciclaje como el compostaje, ya que contamina menos y su realización puede ser inclusive doméstica.

Ilustración 21 Materia reciclable en Ecuador

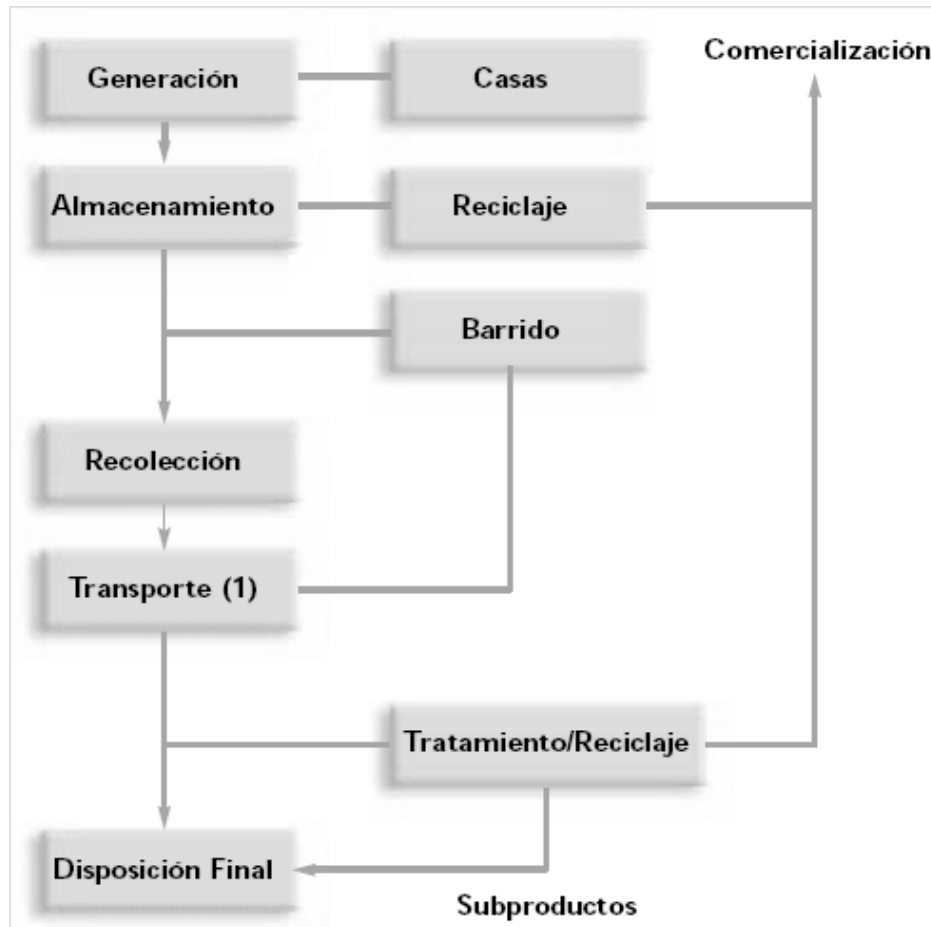


Nota. Fuente: Gestores de Recolección y Tratamiento de los Residuos Sólidos.

Elaboración: Advance Consultora, 2008.

El proceso desde la generación hasta el reciclaje o compostaje pasa por varias etapas como la recolección, transporte, separación de material y comercialización. (Ver ilustración 22)

Ilustración 22 Proceso de Manejo de Residuos Sólidos



Fuente: Manejo de Residuos Sólidos Municipales en Ciudades Medianas, OPS 2007

La comercialización de los subproductos puede generar una fuente de ingresos para el sector, lo cual también implicaría generación de trabajos.

3.5.3. Costos de reciclaje

La economía del reciclaje está aún siendo cuestionada. Para lograr tener un proceso completo, es necesario tener: instalaciones, personal, infraestructura, y en general, una inversión grande de capital. El costo varía dependiendo del material que se esté reciclando, debido a los diferentes procesos empleados.

El costo empieza desde el momento de la recolección: se necesita personal y capacidad para poder separar y clasificar los diferentes desechos, luego el transporte, almacenamiento y disposición final. Cada proceso tiene un costo y así mismo el mantenimiento de las instalaciones. Si las cantidades son grandes, entonces se podría aprovechar más las instalaciones y el costo sería menor.

El costo del reciclaje puede ser alto, pero el resultado es valioso. Al reciclar los materiales, se contamina menos el medio ambiente como el agua que bebemos y el aire que respiramos. Hoy en día el uso desmesurado de los recursos naturales y la contaminación por las grandes industrias, ha traído un problema mundial, y tiene como consecuencia enfermedades y deterioro del medio ambiente. El costo del reciclaje debería compararse con los beneficios y no con el valor económico ya que al final el ser humano vive gracias al planeta que habita y no al costo elevado de los procesos del reciclaje.

3.6. Capítulo 6: Compostaje de la fracción orgánica de los residuos sólidos

El compostaje es un proceso biológico en el cual la materia orgánica se transforma en tierra de humos o abono orgánico, bajo el impacto de microorganismos o lombrices. Este proceso requiere de poca tecnología y se considera económico.

Entre las ventajas ecológicas se tiene menos líquidos lixiviados y gases contaminados, menos consumo de terreno, producción de compostaje. (Ver tabla 16).

Tabla 16 Ventajas y desventajas de diferentes procesos de compostaje

Descripción	Ventajas	Desventajas
Compostaje Aeróbico	Fácil implementación a diversas escalas	Baja demanda de la composta por desconocimiento de sus desventajas
	Bajo costo de operación y mantenimiento	La calidad de la composta puede ser no aceptable si se elabora, sin control, contenidos extraños
Compostaje anaeróbico		Rechazo a la forma de desarrollar el compostaje
	Se requiere de mayor infraestructura para su implementación	Costos de operación más elevados
	Es factible la recuperación y uso de del biogás	Baja la demanda de la composta por desconocimiento de sus ventajas
		La calidad de la composta puede no ser aceptable si se elabora sin control de contenidos extraños.
		Rechazo a la forma de desarrollar el compostaje.

Crianza de cerdos	Provee una fuente de alimento para la población La crianza "tecnificada" de cerdos es una buena opción para adecuar las practicas informales de esta actividad	Requiere personal técnico capacitado Alta inversión inicial Exige monitoreo sanitario permanente Resistencia de la población al ingerir esta carne
Lombricultura	El humus de lombrices es fácilmente aceptado por los agricultores La lombricultura tiene poco riesgo de generar impactos ambientales negativos	Dificultad para obtener las lombrices Costos más altos Más sensibles para cambios de la operación Requiere de mayor conocimiento técnico.

Nota. Fuente: Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales., OPS/CEPIS/PUB/97.31

Es conveniente practicar el compostaje por lombricultura para poblaciones pequeñas, con bajo presupuesto.

La primera metodología para el compostaje se basa en la producción de abonos orgánicos a través de la descomposición de materia orgánica y la segunda se basa en las actividades operativas y de logística para producir el humus.

Empezando por la clasificación, el sistema puede ser artesanal, semi-industrial o industrial, dependiendo de las características del sector.

Se debe escoger el lugar del compostaje, e intentar que este se encuentre dentro o cerca del relleno sanitario. El proceso empieza cuando la materia orgánica únicamente debe ser clasificada y separada para la correcta preparación: trituración y clasificación mecanizada.

En el caso de la lombricultura, existen dos posibles formas de realizarla:

- Compostaje con ayuda de lombrices: las lombrices ayudan con su movimiento a mezclar, airear y mover la materia. Para este proceso se necesita pocas lombrices.
- Lombricultura intensiva: las lombrices comen el material compostable completamente y el resultado de las heces fecales de las lombrices se denomina lombricompuesto, el cual es un humus muy fino con características de excelente fertilizador y sin tóxicos. Para este proceso se necesita mayor cantidad de lombrices.

Cada proceso tiene sus ventajas y desventajas y este debe ser escogido de acuerdo a las necesidades. (Ver tabla 17)

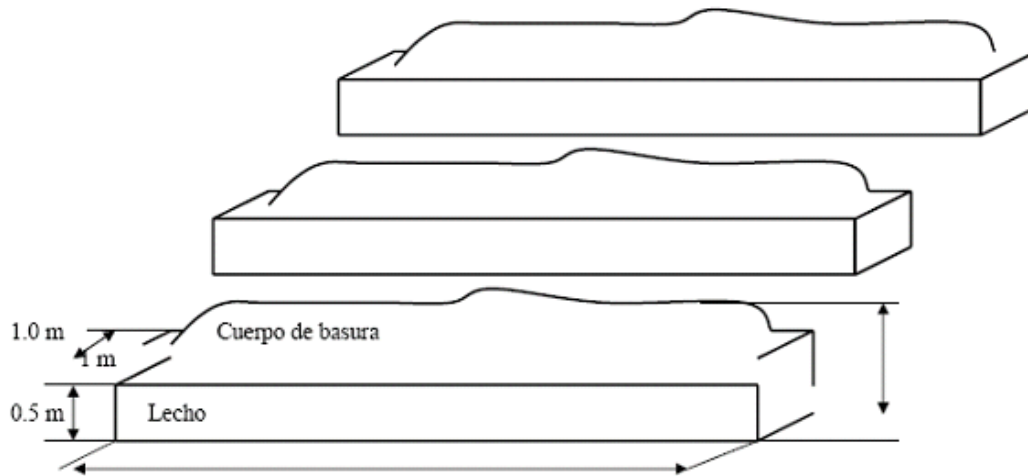
Tabla 17 Ventajas y desventajas de diferentes procesos de lombricultura

	Lombricultura intensiva	Compostaje con lombrices
Objetivo	Cría de lombrices como alimento agropecuario, producción de humus como fertilizador, valoración de la basura orgánica.	Producción de humus como fertilizador, valoración de la basura orgánica.
Cantidad de compostaje producido	Aproximadamente 40% del peso de la basura cruda.	Aproximadamente 50% del peso de la basura cruda.
Siembra de lombrices	4000 lombrices por m ³ o de 1 a 2 kg de lombriz para 1 kg de basura producida diariamente. Se siembra 1 vez al comienzo de la implementación.	600 a 700 lombrices o 200 g de lombrices por m ³ . Se siembra antes de cada implementación.
Tiempo	3 meses	5 a 6 meses
Producto	Heces de lombriz (humus arcilloso)	Compost
Materiales que se pueden compostar	Desechos de cocina (menos carne), papel, heces fecales.	Desechos de cocina (menos carne), papel, heces fecales.
Cosecha de lombrices	2 meses después del comienzo de la implementación, y después cada mes.	De manera paralela a la cosecha del producto.
Problemas de olores	No hay	Poco
Productos colaterales	Lombrices. Comida para pollo, pescado, camarones, etc.	Compost grueso. Material de filtro biológico o de relleno.

NOTA: Fuente: Manual de Compostaje para Municipios, Eva Roben, 2002.

Siguiendo la metodología propuesta por Eva Roben (2002), el dimensionamiento de una planta de lombricultura depende de la cantidad de desechos que se genera en el sector. Un tipo de diseño es el compostaje por lechos, que pueden ser construidos con ladrillos, madera, hormigón, o algún material económico. Los lechos no deben tener una profundidad de más de 50 centímetros, para evitar condiciones anaeróbicas. El ancho de los lechos se recomienda de 1 metro y el largo el que se necesite. (Ver ilustración 23) Este varía dependiendo de cuánto material llega al sitio de disposición final, se asume que el volumen total del lecho debe ser la mitad del volumen de la basura.

Ilustración 23 Esquema de lechos para lombricultura



NOTA: Fuente: Manual de Compostaje para Municipios, Eva Roben, 2002.

Según la metodología se procede a calcular el volumen de los lechos necesario de la siguiente forma:

- Volumen de desechos

$$\circ V_D = \frac{W_D}{Densidad} \quad (\text{Ecuación 2.6a})$$

Donde W_d es el peso de los desechos

- Volumen necesario del lecho

- $V_L = \frac{V_D}{2}$ (Ecuación 2.6b)

- Longitud del lecho

- $L = \frac{V_L}{\text{Ancho} * \text{Alto}}$ (Ecuación 2.6c)

- Número de lechos necesarios (Ecuación 2.6d)

- $N = \frac{0.5 \text{ N}^\circ \text{ de días que tarda el proceso}}{\text{N}^\circ \text{ de descargas que se pueden hacer a un lecho por semana}}$

Para el correcto drenaje de lixiviados, los lechos deben construirse con una pendiente del 1% al 2% con un orificio de desagüe. Con esta medida se evita cualquier proceso de putrefacción.

Las lombrices necesitan un ambiente no tan húmedo para evitar que se ahoguen y, a una temperatura de 20° a 25°, se obtiene una mayor eficiencia en el proceso. Además es conveniente mantener los lechos cubiertos, de tal manera que debido a la oscuridad, las lombrices se dispersen de manera homogénea en el lecho.

3.7. Capítulo 7: Problemas sanitarios y ambientales asociados con botaderos no controlados

Los botaderos no controlados son un peligro al entorno físico y para la contaminación ambiental. El lugar de la disposición final de la basura es un problema el cual ha existido desde que el hombre produce residuos sólidos y cuya solución demoró muchos años. El relleno sanitario es la solución con menos impacto ambiental y daño al hombre, pero este no siempre existe o funciona correctamente en los sitios de disposición final. .

Debido a los botaderos no controlados, se pueden desarrollar enfermedades en los habitantes de un sector como: fiebre, enfermedades de la piel, infecciones, fatiga, somnolencia, malformaciones congénitas y hasta cáncer.

El botadero no controlado ocasiona contaminación del suelo, agua subterránea, emisiones de gases y también incendios espontáneos.

Uno de los problemas principales es la contaminación de las aguas subterráneas debido al mal manejo del drenaje del lixiviado, ya que éste no es separado y tratado. Esta agua puede descargar en ríos y puede utilizarse para riego y los cultivos, mismos que podrían ser contaminados o ingeridos por seres humanos o animales. Las enfermedades de origen hídrico pueden llegar a ser mortales. (Ver tabla1)

El suelo puede contaminarse debido a sustancias químicas o productos tóxicos provenientes de la descomposición de la materia orgánica o por el vertido de residuos especiales o peligrosos. Se desatan plagas de roedores, moscas, mosquitos, lo que aumenta la proliferación de enfermedades.

La calidad del aire y el medio ambiente se ven afectados debido a los gases emitidos por la descomposición de la materia, además de los fuertes olores. En otros casos de poblaciones cercanas a los botaderos no controlados, los habitantes indican enfermarse por largos periodos y de manera crónica. Además del bajo peso de los recién nacidos y la falta de concentración de los niños menores a 5 años.

Un caso específico de enfermedades ocasionadas por los residuos sólidos es el caso del relleno sanitario Doña Juana.

En Colombia, el relleno sanitario Doña Juana ubicado al suroriente de la ciudad de Bogotá, se inauguró en el año 1988 y funcionó, sin problemas, hasta que en el año 1997 ocurrió un derrumbe de aproximadamente 1'200000 toneladas de basura, que cubrieron dos colinas, 15 hectáreas de terreno y el bloqueo de un río. Esto ocasionó problemas respiratorios, enfermedades de la piel, diarreas, vómito y alergias a los habitantes que vivían en zonas cercanas. Además después de un corto tiempo se desataron plagas y las plantaciones empezaron

a descomponerse rápidamente. La contaminación fue de alto riesgo debido al tipo de desechos que se encontraban en la zona: orgánicos, químicos e industriales. Los principales productos eran sangre, tejidos de piel, órganos, medicamentos, material radioactivo, plomo, mercurio, entre otros. Además de esto, el costo de los prejuicios ocasionados fue aproximadamente de 227 millones de pesos. (Ver ilustración 24)

Ilustración 24 Residuos sólidos del relleno sanitario Doña Juana, cerca de viviendas, 1997



NOTA: Fuente: Diario ADN, Bogoá, 2013.

En Ecuador, la mayoría de los Municipios deposita los desechos sólidos de manera informal, lo cual es notorio en zonas rurales. Estos botaderos no controlados se ubican en terrenos baldíos o quebradas y, por lo general, cercanos a poblaciones. Según datos del Ministerio del Ambiente de Ecuador, hasta marzo de 2013, de los 221 cantones del país, 110 disponían los residuos

sólidos en botaderos a cielo abierto (49,7%), 58 lo hacían en botaderos controlados (26,2%) y 53, en rellenos sanitarios (23,9%).

Debido a que, el 50% de los cantones en el Ecuador no tienen un manejo adecuado de la disposición final de los residuos sólidos, el Ministerio del Ambiente creó en el año 2011 el Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos el cual benefició a seis municipios. En el año 2012, se estimó que, para el año 2013 un total de 33 Municipios se beneficiarán. En este año se firmó el acuerdo “Pacto por la Gestión de Residuos Sólidos y el Buen Vivir” con la Asociación de Municipalidades, con el fin de promover el manejo adecuado de los desechos sólidos.

En Guayaquil, hasta el año 1994, el botadero San Eduardo era el lugar de disposición final de los residuos sólidos, donde se producían incendios espontáneos, escape de efluentes, gases y plagas de roedores e insectos. Esta situación afectaba en la calidad de vida de las personas que residían cerca del sector, produciendo enfermedades respiratorias, de la piel, corazón y hasta muertes. Entre las enfermedades más conocidas fueron el cólera y dengue. Los incendios espontáneos, producidos por la presencia de metano y gas inflamable, producto de la descomposición de los residuos, combustionaban todo tipo de material que se encontraba en el botadero (desechos industriales, plástico, caucho). Estos incendios originaban nubes de humo de alta densidad y toxicidad; las cuales, debido al viento, se desplazaban a zonas cercanas del botadero. (Ver ilustración 25) A raíz de estos sucesos se desataban enfermedades en gran parte de la población, como por ejemplo: gripes, dolores de cabeza, irritaciones en los ojos o garganta, alergias, entre otras. En consecuencia a todos los problemas, en el año 1994 se clausuró el botadero y el Consorcio ILM ganó la licitación convocada por la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil para un nuevo manejo del Relleno Sanitario Las Iguanas. (Ver ilustración 26)

Ilustración 25 Botadero San Eduardo, Guayaquil, 1994





NOTA: Fuente: Consorcio ILM – Las Iguanas, 2013.

Ilustración 26 Relleno Sanitario Las Iguanas, Guayaquil, 2013



NOTA: Fuente: La Revista, Guayaquil, 2012.

En ciudades como Kenya, África, donde el único sitio de disposición final es el “Botadero Municipal”, se han desarrollado problemas de salud y sanidad. Los

menores de edad presentan: enfermedades respiratorias, niveles altos de toxicidad en la sangre, desnutrición y enfermedades mortales asociadas a los residuos sólidos. Además, los habitantes cercanos al botadero, trabajan de manera informal recogiendo material, el cual es vendido por un bajo precio. Estos trabajadores no poseen los implementos necesarios para el contacto con los residuos, lo que ocasiona enfermedades crónicas. (Ver ilustración 27)

Ilustración 27 Botadero no controlado en Kenya, Africa





NOTA: Foto de Timothy Allen, 2009.

4. METODOLOGÍA

4.1. Recopilación de información

Para la recopilación de información se realizaron varias visitas a campo, durante un período de 6 meses, en los cuales se interactuó con personal del Municipio de Puerto López, se realizaron visitas al botadero actual, planta de tratamiento, y se conversó con moradores de las diferentes comunas.

4.1.1. Análisis estadísticos de población y tasa de generación de residuos

El primer paso para poder diseñar un sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos, es la determinación de la generación futura de desechos como función del crecimiento poblacional, para esto se recopilaron datos estadísticos de los censos realizados en el cantón Puerto López, en los cuales constan datos de Población y Vivienda de los años 1990, 2001 y 2010. (Ver tabla 18)

Tabla 18 Población censada en el cantón Puerto López

Año	Número de habitantes		
	Mujeres	Hombres	Total
1990			13630
2001	7914	8712	16626
2010	9887	10564	20451

NOTA: Datos del INEC, Censo 1990, 2001, 2010

Según datos del INEC (2010), el cantón ha incrementado de manera notoria su población, debido al desarrollo turístico de la zona, lo cual es un factor muy beneficioso para la población pero que a la vez puede ocasionar un impacto que afecte al medio ambiente y al desgaste y mal uso de los recursos naturales.

Debido al desarrollo poblacional, en base a un patrón definido, se utilizará como metodología el promedio de los tres métodos (ecuaciones 2.2.1 a, b, c) determinando un promedio de los resultados.

Los períodos para los que existen datos de los censos poblacionales son muy cortos por lo que no se evidencia mayor diferencia en cuanto a los modelos de crecimiento poblacional hasta el año 2010; sin embargo, a partir del año 2020 los valores proyectados difieren entre sí, por lo que se considerará un valor promedio de los calculados con los diferentes modelos.

La población flotante estimada por el municipio, en base al número de turistas anuales de 50000 y un promedio de días de estadía entre 2 y 5. Para el 2006 se estimó una población flotante de 3430 personas equivalente al 50% de la población urbana, lo cual es indicativo de la importancia del sector turístico y su impacto en la producción del cantón.

La tasa de generación de desechos sólidos es directamente proporcional al número de habitantes del sector. En estudios previos en Puerto López el valor de la tasa de generación se aproxima a 0.6 kilogramo/habitante/día. (Ver tabla 19)

Tabla 19 Producción de desechos comparativos por ciudades

Criterios	Puerto López	Santa Cruz	
		Dirección de Medio Ambiente	Guayaquil
Población (2009)	18,919	15,000	2,787,000
Volumen anual Toneladas (2009)	4,074.14	4,380	912,500
Composición			
Orgánico	75.00%	43.96%	71.00%
Papel cartón	5.09%	14.64%	12.00%
Plástico	10.88%	12.82%	8.00%
Vidrio	1.05%	6.44%	2.00%
Metal	1.17%	2.27%	-
Otros	6.51%	5.12%	7.00%
Toneladas por día	11.16	12.00	2500.00
Kg por persona	0.59	0.79	1.10

NOTA: Fuente: Proyecto Ecoquito. DMA DMQ.2008, Diario El Universo, Censo INEC 2001, Dirección Medio Ambiente Loja, Dirección Medio Ambiente Santa Cruz.

Según estudios más recientes realizados por empresas consultoras en el año 2011 para Puerto López y 2012, para Guayaquil se obtuvo los siguientes resultados. (Ver tabla 20)

Tabla 20 Clasificación de desechos sólidos en Guayaquil y Puerto López

Desechos	Porcentaje (%)	
	Guayaquil (2012)	Puerto López (2011)
Materia orgánica	58.61%	70.29%
Plásticos	14.52%	8.06%
Papel y cartón	12.28%	4.94%
Vidrio	2.48%	2.00%
Metal	0.82%	0.96%
Caucho	0.44%	0.46%
Madera y residuos de plantas	1.89%	2.36%
Piedra	1.96%	2.56%
Otros (pañales, tela, cuero, etc)	7.00%	8.36%

NOTA: Fuente: Estudios de consultoría realizado por Elite Consultor, 2011 y por el Consorcio ILM - Las Iguanas en Guayaquil, 2012.

Según datos actuales, la dotación en la ciudad de Guayaquil es de 0.7 kg/Hab/día

Se observa la diferencia entre los residuos de una ciudad grande y de una población pequeña y se cumple lo indicado por tablas: para menor nivel socioeconómico, mayor producción de materia orgánica.

4.1.2. Caracterización física de los desechos sólidos

Se realiza esta caracterización para poder comparar los datos recopilados con los determinados in situ.

Para la caracterización física de los desechos sólidos en el cantón de Puerto López se tomaron dos muestras aleatorias, de dos camiones recolectores en tres días de la semana, lunes, martes y miércoles.

En los tres días, los primeros viajes en descargar en el botadero fueron de un camión recolector y de la plataforma.

4.1.2.1. Método del cuarteo

El primer cuarteo se realizó del viaje de la plataforma, el cual provenía de la ruta de la cabecera cantonal de Puerto López, pasando por el malecón y llegando hasta el barrio San Pedro. El tiempo de duración del recorrido fue de 3 horas, aparte del chofer estaban 3 ayudantes para la recolección de la basura, 2 se bajan y uno se queda en la plataforma.

Se procedió a realizar el cuarteo de la muestra con ayuda de 4 personas, esparciendo y mezclando los residuos hasta obtener una muestra homogénea. Se dividió en cuatro partes iguales la muestra y se escogió las partes diagonales, luego se procedió a realizar el cuarteo nuevamente, así hasta obtener una muestra representativa de aproximadamente 20 kg.

Se clasificaron los desechos en los componentes, propuestos por la metodología de Tchobanoglous (1982) (Capítulo 2.3.3), se pesó cada muestra y se registró el resultado.

Finalmente (con la ecuación 2.3.3.1); se determinaron, en función del peso total de cada muestra, los valores porcentuales de los componentes de los residuos. Se realizó esta metodología en los dos viajes aleatorios para poder determinar un promedio de los dos resultados y obtener datos más cercanos a la realidad.

4.1.3. Eficiencia y cobertura del servicio de recolección

Para determinar la eficiencia se estimó, en campo, cuántos residuos son recolectados y puestos en el botadero por día. Se hizo un estudio en tres días diferentes: lunes, martes y miércoles.

La flota de recolección consta con dos camiones con capacidad de 5 toneladas los cuales no son llenados completamente. Los días lunes, son los días en que los camiones recolectores son llenados al 100% de su capacidad

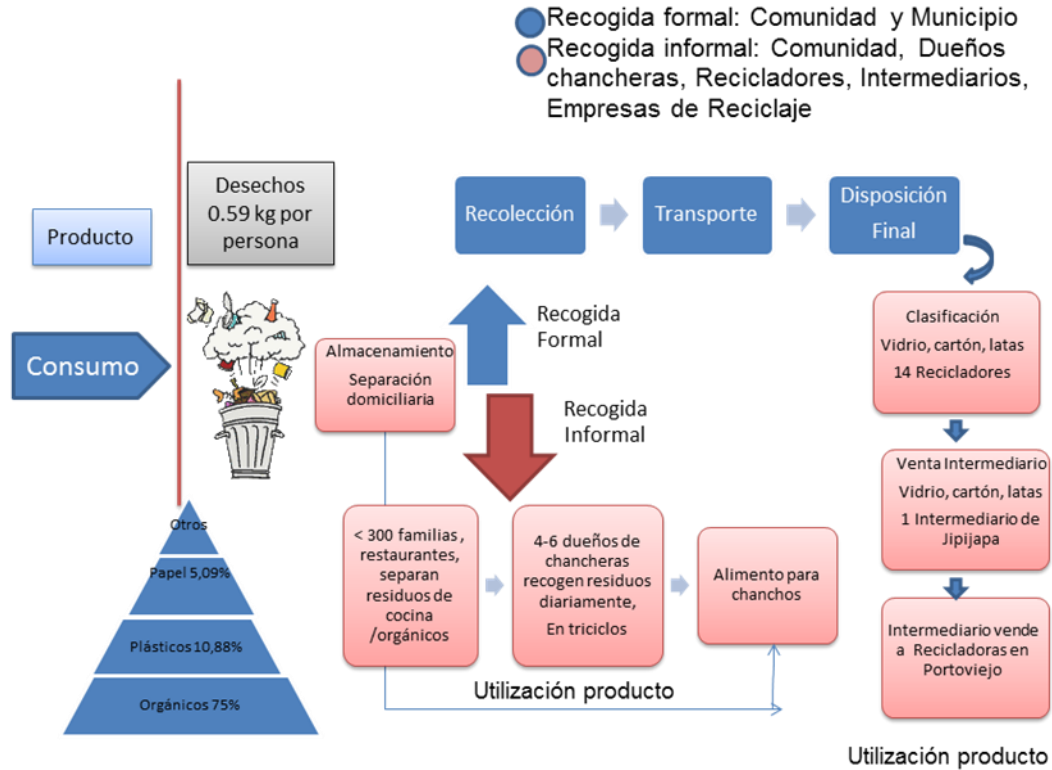
aproximadamente, ya que los fines de semana son cuando más desechos sólidos se generan y en los cuales no existe el servicio de recolección.

Cada día los recolectores realizan dos recorridos y la plataforma 3. Se estima que cada día se descarga aproximadamente 10 toneladas de desechos en el botadero. De acuerdo con estos datos se puede determinar cuánta basura producen los habitantes y cuánta es llevada al botadero realmente.

4.2. Análisis y diagnóstico del sistema de manejo de residuos sólidos en el cantón Puerto López

Actualmente el departamento de Higiene y Salubridad del Municipio de Puerto López se encarga de programar las rutas de recolección en el cantón.

Ilustración 28 Flujo de gestión de residuos en Puerto López



NOTA: Fuente: Departamento de Higiene y Salubridad, Municipio de Puerto López 2010.

En el cantón Puerto López existe botes de basura para clasificar los residuos sólidos en plástico, vidrio y papel, principalmente, pero estos no son recolectados para un fin productivo. Estos basureros no tienen uso alguno y se encuentran en varios puntos estratégicos en la cabecera cantonal, pero se ven deteriorados y abandonados. Las personas de la comunidad no tienen el conocimiento necesario para poder practicar el reciclaje. En el botadero actual, el cual es no controlado, los mismos recolectores de los desechos se reparten las botellas de plástico para su venta. No existe alguna entidad que controle esta gestión y se benefician únicamente las personas que trabajan en el sitio de disposición final de los desechos.

4.2.1. Cobertura del servicio

Las rutas de los camiones recolectores a nivel cantonal cubren desde la zona de Ayampe hasta Machalilla. El Municipio maneja los aspectos operativos y rutas de recolección de la siguiente manera:

Tabla 21 Aspectos operativos

Población atendida: 72%

Sistema de Recolección	Total	Puerto López	Machalilla	Salango
Obreros	16	8	4	4
Rutas		4 Rutas	2 Rutas	1 Ruta
Horario		Lunes, Martes, Jueves y Viernes	Interdiaria	Interdiaria
Equipo	<ul style="list-style-type: none"> • 5 triciclos con tanques metálicos de 55 galones • 50 pares de guantes, utilizan mensualmente • 100 mascarillas descartables, utilizan mensualmente • 4 mascarillas no descartables, que son utilizadas por el personal que labora en los botaderos • Hay deficiencia en el equipo de recolección, el stock es insuficiente en los artículos de uso diario. 			
Sistema de Barrido	Total	Puerto López	Machalilla	Salango
Obreros	13	7	3	3
Metro lineales	3 Km por hombre al día			
Equipo	<ul style="list-style-type: none"> • 12 escobas cada • 9 palas 			

- 4 rastrillos
- 0 rastrillos gruesos
- 4 Carretillas
- 3 machetes
- 0 gavetas
- 0 sacos mensuales
- 0 fundas

NOTA: Fuente: Departamento de Higiene y Salubridad, Municipio de Puerto López 2010.

Tabla 22 Equipo de transporte

Población atendida: 72%	
Sistema de Recolección	Total Puerto Machalilla Salango López
Obreros	16 8 4 4
Rutas	4 Rutas 2 Rutas 1 Ruta
Horario	Lunes, Interdiaria Interdiaria Martes, Jueves y Viernes
Equipo	<ul style="list-style-type: none"> • 5 triciclos con tanques metálicos de 55 galones • 50 pares de guantes, utilizan mensualmente • 100 mascarillas descartables, utilizan mensualmente • 4 mascarillas no descartables, que son utilizadas por el personal que labora en los botaderos • Hay deficiencia en el equipo de recolección, el stock es insuficiente en los artículos de uso diario.
Sistema de Barrido	Total Puerto Machalilla Salango López
Obreros	13 7 3 3

Metro lineales	3 Km por hombre al día
Equipo	<ul style="list-style-type: none"> • 12 escobas cada • 9 palas • 4 rastrillos • 0 rastrillos gruesos • 4 Carretillas • 3 machetes • 0 gavetas • 0 sacos mensuales • 0 fundas

NOTA: Fuente: Departamento de Higiene y Salubridad, Municipio de Puerto López 2010.

Inicialmente el equipo registrado era precisamente el que el Municipio tiene como base, pero en el último año, 2013, solo dos camiones recolectores y una plataforma están operativos. En el lugar del botadero se encuentra trabajando, de manera irregular, personal no autorizado para clasificar y vender de manera individual los diferentes materiales, ellos no cuentan con guantes o mascarillas para protegerse de las enfermedades que se pueden contagiar.

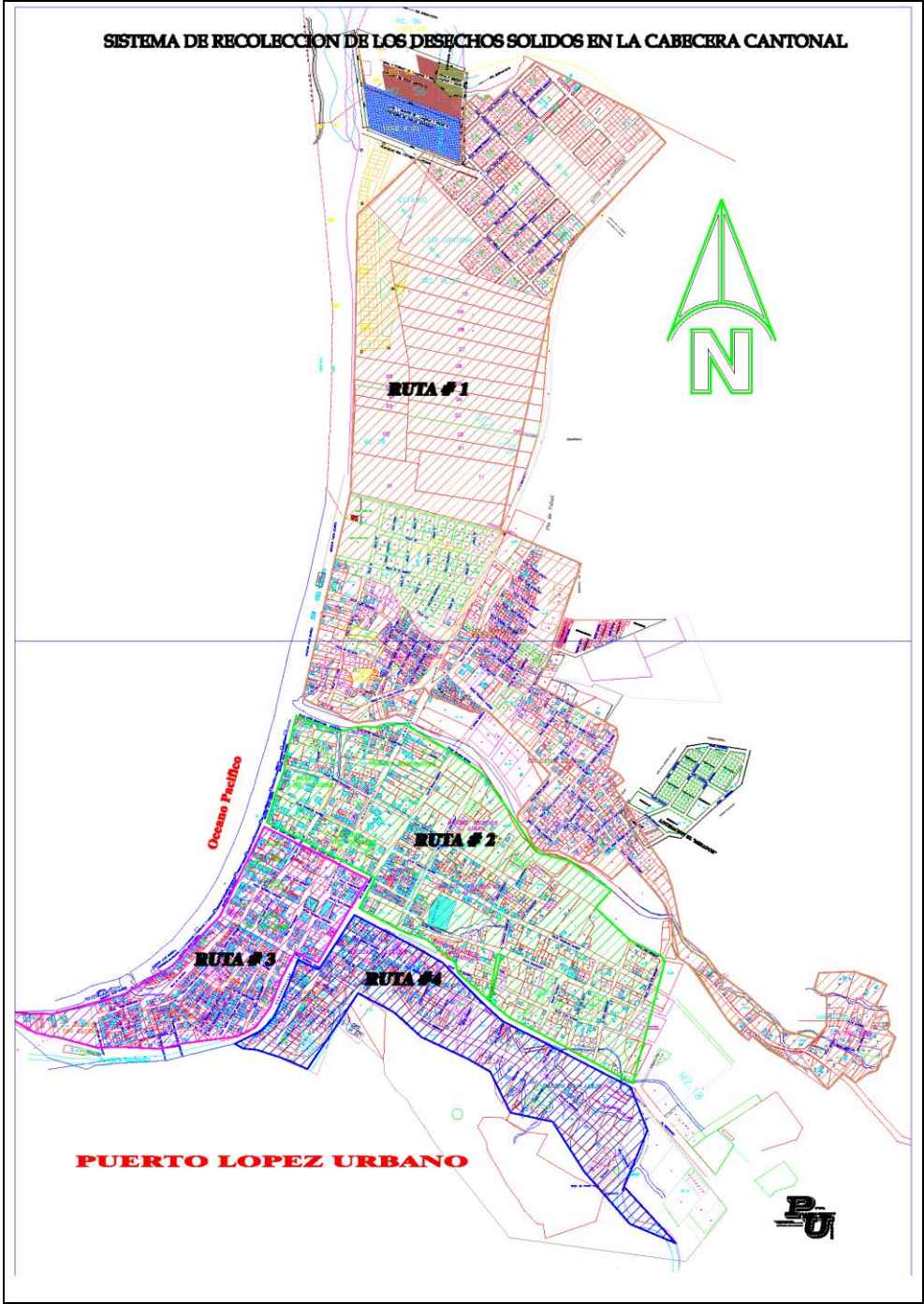
4.2.1.1. *Rutas de recolección*

La metodología que se emplea es la de Tchobanoglous (1986) (Tabla 23), ya que es de más fácil ejecución y se asemeja a las condiciones de una población como lo es Puerto López.

Tabla 23 Metodología de Tchobanoglous (1986)

Ruta 1: Puerto López	
Total viviendas	2753
Total habitantes	10928
Número promedio de residentes por servicio (casas)	3.97 hab/casa
Producción de desechos sólidos por habitante	0.59 Kg/Per/Día
Densidad de los desechos sólidos (en el recipiente, no compactado)	400 kg/m ³
Recipientes por servicio	Cn= 1 gal o lt
Tipo de servicio	PRH= 50% en la callejuela y 50% atrás de la casa
Frecuencia de la recolección	5 días/semana
Vehículo de recolección	n= 2 camiones
Relación de compactación	r= 2
Distancia de acarreo en un viaje completo	x= 2.931 millas
Duración del día de trabajo	H= 5 horas
Viajes por día	Nd= 2 viajes/día
Factor de fuera de ruta	W= 0.15
Constantes para estimar el tiempo de acarreo	a= 0.002 horas/viaje
	b= 0.018 horas/milla
Suponga el tiempo en el sitio de disposición por viaje	s= 0.1 horas/viaje

Ilustración 29 Rutas de recolección



NOTA: Fuente: Departamento de Higiene y Salubridad, Municipio de Puerto López 2010.

De acuerdo al número de casas establecidas por el Municipio en el 2010, se estimó un promedio de personas que habitan en cada residencia mediante encuestas y se obtuvo los siguientes resultados. (Ver tabla 24)

Tabla 24 Análisis actual de rutas y cantidades

Ruta	Viajes/ día	Días/ semana	Viajes/ semana	Distancia diaria	Distancia semanal
1-2	2	4	8	3.4	27.2
3-4	2	4	8	3.4	27.2
Salango	2	2	4	6	24
Total	6		20	12.8	78.4

Ruta	Duración/ viaje	Viviendas	Personas promedio	Dotación	Cantidad de desechos	
					Diario	Semanal
1-2	3	1474	4	0.57	3.36	23.53
3-4	3	1279	4	0.57	2.92	20.41
Salango	3	1165	4	0.57	2.66	18.59
Total		3918			8.93	62.53

4.2.1.2. Costo del servicio

El costo del servicio lo determina el Municipio, dependiendo de las necesidades de mantenimiento o personal necesario, el cual se lo cobra mes a mes en la planilla de luz emitida por la Empresa Eléctrica, según datos del Municipio.

En el año 2005, la Unión Europea y el Ministerio del Ambiente financiaron los estudios y construcción del relleno sanitario. La fundación Santiago de Guayaquil proporcionó parte de las herramientas y trituradores de desechos.

4.2.2. Evaluación del sistema de recolección

Los camiones recolectores realizan sus rutas en aproximadamente 3 horas de las cuales una la hacen en la mañana y la otra en la tarde.

Según datos del municipio existe en Puerto López un sistema de recolección organizado y evaluado cada quince días, el 78% de la población es atendida, mientras que el resultado de encuestas realizadas, 1 de cada 4 personas indicó que los camiones recolectores no pasaban por su domicilio, o lo hacían cada dos semanas.

Al analizar las cuatro diferentes rutas de recolección y determinar el número de viviendas por zonas se obtuvo lo siguiente.

<u>Ruta</u>	<u>Viviendas</u>
1	1013
2	461
3	760
4	519
Salango	1165
Total	3918

Los camiones recolectores son un factor muy importante en la recolección, deben tener la capacidad necesaria y estar en constante mantenimiento para evitar el daño y paralización de las rutas necesarias.

4.2.3. Dimensionamiento de flota de recolección

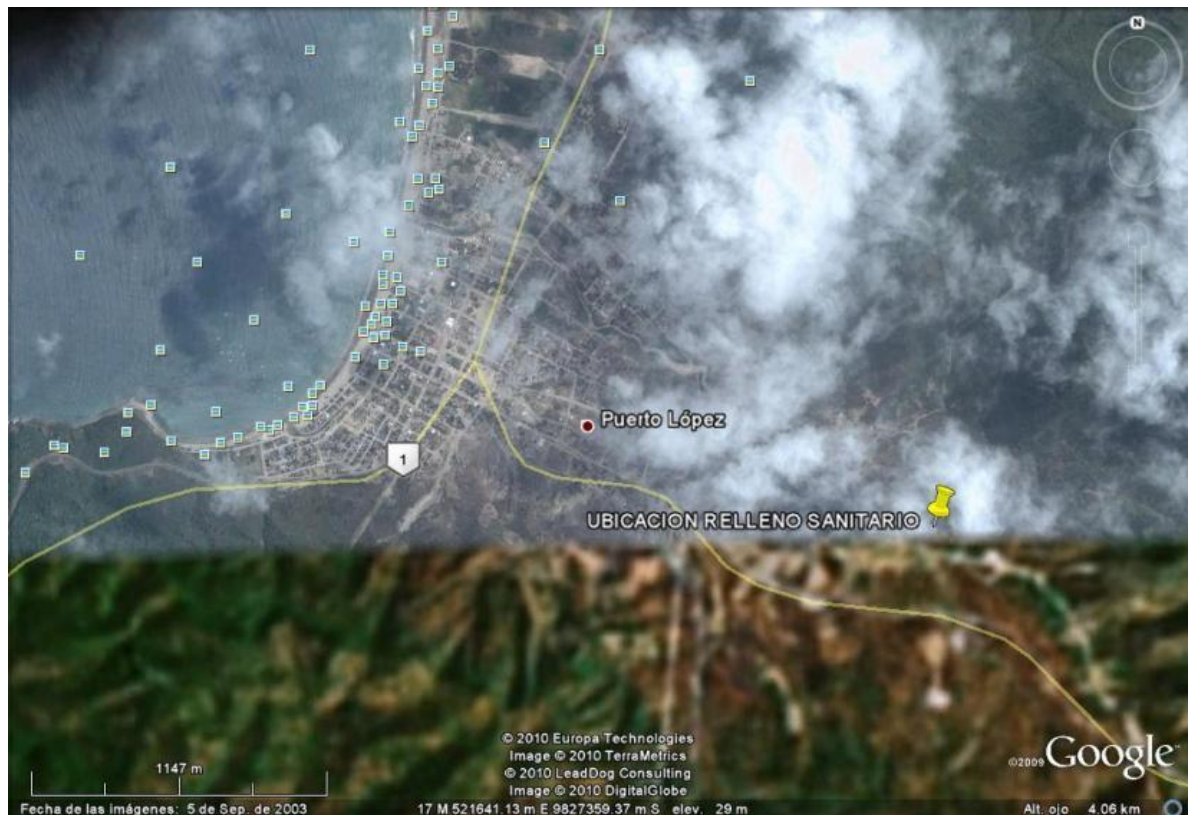
Según la metodología de Tchobanoglous (1986) y, utilizando las Ecuaciones 2.4.1a, b, c, d, f, se evalúa la flota necesaria para la recolección de los desechos sólidos en Puerto López.

Se emplea esta metodología debido a la semejanza con respecto a la situación actual del sitio analizado. Además se compararon los factores empíricos propuestos por Sakurai (1983) (Ver capítulo 2.4.2) y Pfeffer (1992) (Ver capítulo 2.4.3)

4.2.4. Disposición final

El botadero actual de cantón Puerto López se encuentra ubicado aproximadamente a 1.7km de la cabecera cantonal en un sector llamado Los Dos Ríos, en la comuna de El Pital, tiene un área aproximada de 4,5 hectáreas.

Ilustración 30 Imagen satelital del cantón y sitio de disposición final



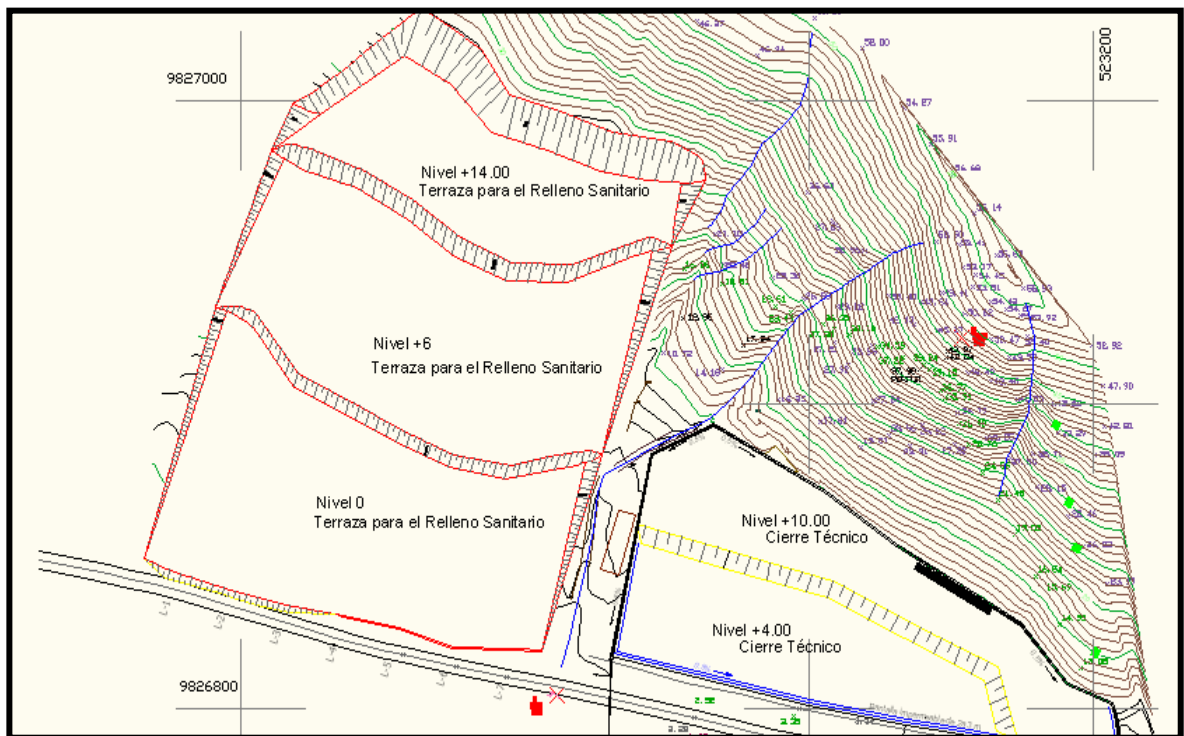
En el año 2005 el Municipio de Puerto López firmó un convenio con el Proyecto de Manejo de Recursos Costeros (PMRC) y se realizó una consultoría que propuso la construcción del relleno sanitario en el área actual en ese entonces del botadero. Este tuvo un valor de \$120.238 el cual fue financiado por el Ministerio del Ambiente y la Unión Europea. Desde el inicio hubo problemas

legales con el terreno del botadero los cuales actualmente no han sido solucionados.

El proyecto inicial fue un relleno sanitario controlado cuya forma se acomodaría a la topografía del terreno. Se utilizarían celdas a desniveles y se ubicaría en las terrazas a diferentes niveles: 0, 6 y 14. Se colocaría una geomembrana de polietileno de alta densidad, de espesor 1 milímetro.

Para canalizar los lixiviados se propuso la construcción de un drenaje hecho de geomembrana. (Ver ilustración 31)

Ilustración 31 Conformación de niveles de terrazas del proyecto original



NOTA: Fuente: Departamento de Higiene y Salubridad, Municipio de Puerto López 2010.

El proyecto avanzó a hacer el movimiento de tierra hasta la construcción del nivel 0 y se colocó el drenaje longitudinal de geomembrana para la

impermeabilización del fondo. Luego de esta etapa debido a los problemas legales con los moradores se paró el trabajo.

Hoy en día el área donde estaría el relleno sanitario se lo utiliza como botadero el cual no es controlado (ver ilustraciones 32, 33 y 34), el proceso del mismo consiste en cubrir con tierra los residuos sólidos recolectados por los camiones de basura. La geomembrana existente se encuentra en mal estado: quemada, con roturas, y cubierta con maleza, debido a la carencia de mantenimiento del botadero.

Ilustración 32 Imagen de botadero actual, Junio 2013



Ilustración 33 Imagen de botadero actual, Junio 2013



Ilustración 34 Imagen de botadero actual, Diciembre 2012



Según los datos tomados in situ durante 3 días consecutivos, se estimó un total de 65 toneladas recibidas a la semana en el botadero. (Ver tabla 25)

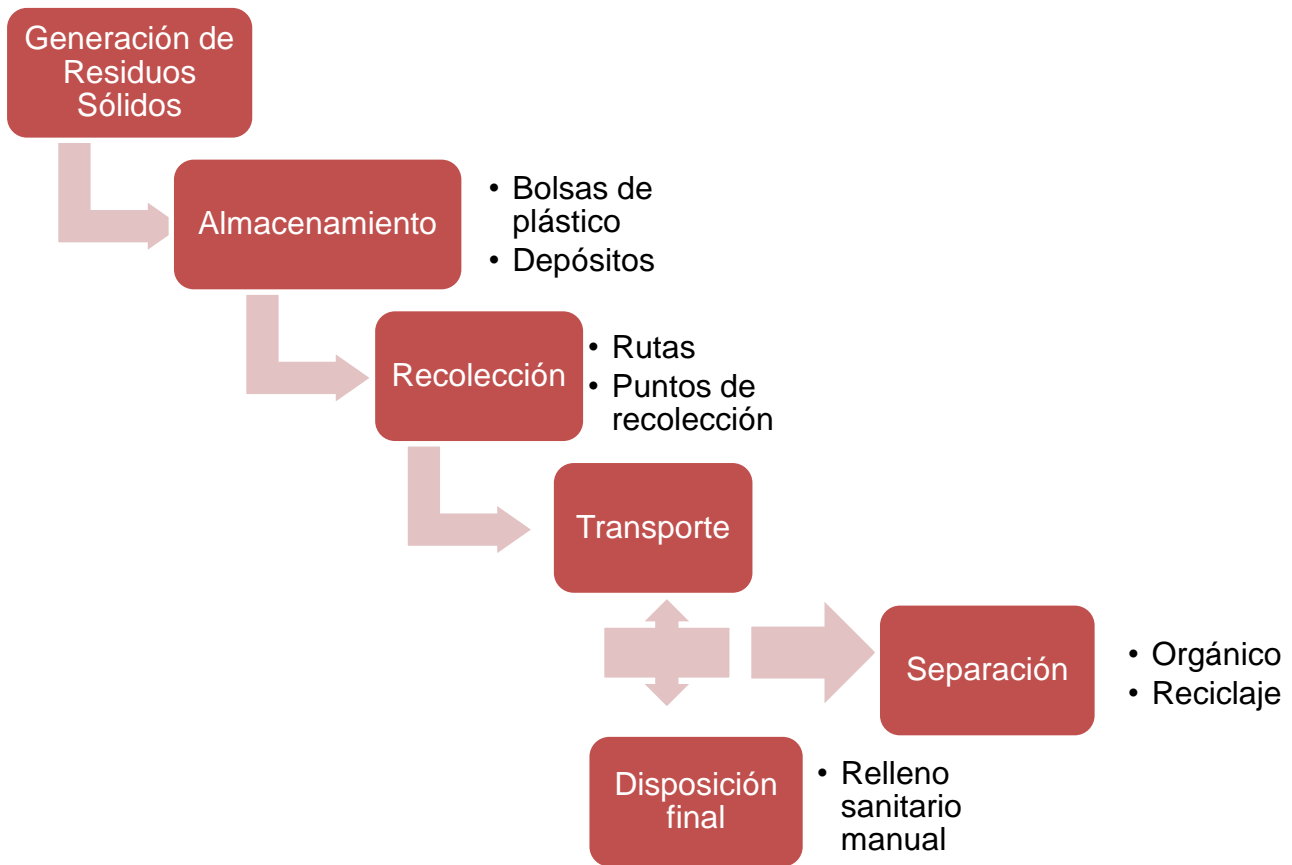
Tabla 25 Cálculo de material depositado en el botadero

Tipo de vehículo	Capacidad (Ton)	Viajes por día	Días de trabajo a la semana	Viajes por semana	Toneladas por día	Toneladas por semana
Recolector 1	2.5	2	5	10	5	25
Recolector 2	2.5	2	5	10	5	25
Total		4		20	10	50
Plataforma	1	3	5	15	3	15
Total				35	13	65

4.3. Propuesta de manejo integral de residuos sólidos

El manejo integral de los residuos sólidos consiste en incluir en el proceso a las actividades de recolección, transporte y disposición final, complementada con estaciones de transferencia, almacenamiento temporal, separación en la fuente y el manejo del reciclado y compostaje. (Ver ilustración 35) Este sistema propone optimizar los aspectos económicos, logísticos y técnicos de una forma que disminuya impactos sociales, ambientales y de salud.

Ilustración 35 Elementos físicos del plan de manejo integra de los residuos sólidos



El manejo debe empezar desde la fuente, es decir que en las viviendas debe haber los implementos necesarios para poder separar los residuos sólidos. Al igual que se lo ha hecho en Cuenca y Loja y ha resultado exitoso, se propone el uso de fundas de basura de dos colores diferentes:

- Fundas de basura azules: estas se utilizarán únicamente para los desechos orgánicos, como restos de comida o cualquier material putrefacto.
- Fundas de basura negras: serán utilizadas para el resto de material como la madera, papel, plástico y vidrio.

Se evitará el uso de cartones para el almacenamiento temporal de los residuos ya que estos son frágiles al contacto del agua.

En Puerto López se implementó estaciones de reciclaje en lugares estratégicos como el malecón, mercado y zonas turísticas. Estas consisten en tres tachos de color azul, rojo y negro respectivamente, pero debido a la falta de capacitación a los moradores, no fueron utilizados de manera correcta y actualmente se encuentran sin uso alguno. (Ver ilustración 36).

Se tiene como información preliminar, que el Municipio repartió a 500 familias del cantón tachos de colores para la separación de los residuos sólidos desde la fuente, el cual fue un proyecto piloto que no se concluyó.

Ilustración 36 Tachos de reciclaje en Puerto López, Diciembre 2012



De acuerdo a las cantidades generadas de desechos orgánicos, vidrio, papel y plástico, se propondrá una clasificación y manejo de los residuos que más se generen, para poder comercializar los diferentes materiales.

4.3.1. Desechos orgánicos

Debido a las condiciones de espacio, cantidades de residuos sólidos, y económicos, se manejará los residuos sólidos con la lombricultura intensiva. (Ver Capítulo 2.6)

Se utilizará las ecuaciones: (Ecuación 2.6a), (Ecuación 2.6b), (Ecuación 2.6c) y (Ecuación 2.6d), y los datos de densidad aproximada de la tabla 10.

El propósito final es lograr obtener abono para comercializarlo a empresas de Puertoviejo, Manabí, ya que actualmente se realiza esto con los materiales que se obtienen del reciclaje de plástico y vidrio.

4.3.2. Reciclaje

Las prácticas del reciclaje en el botadero actual de Puerto López son no controladas. Existe cierto grupo de personas que separan material de forma individual sin guantes o mascarillas, exponiéndose a enfermedades. La cantidad de personas que trabajan sin nombramiento del Municipio, varía cada día, de 2 a 8 personas por día, los cuales se reparten de manera equitativa la cantidad de vidrio y plástico que separen de los residuos sólidos que lleguen al botadero cada día.

Según los datos obtenidos del cuarteo se obtuvo que después de los desechos orgánicos, la fracción de plástico es la más encontrada en los desechos depositados en el botadero, con una relación del 11% del total, seguido del vidrio y papel con cartón, con una cantidad del 5%.

La cantidad en toneladas diarias producidas de papel o cartón, vidrio y plástico y el costo de recuperación se los analiza en la tabla 26.

Tabla 26 Peso de materiales reciclados y costos de recuperación

	<u>Ton/Semanal</u>	<u>Ton/Diario</u>
Papel y cartón	3.24	0.65
Vidrio	2.69	0.54
Plásticos	6.89	1.38

<u>Material</u>	<u>Unidad</u>	<u>Valor</u>
Cartón	Quintal	\$ 2.50
Lata Pequeña (atún, conservas)	Quintal	\$ 1.00
Lata Grande (refrigeradores etc.)	Quintal	\$ 2.00
Vidrio	Quintal	\$ 1.00
Línea Hogar (sillas plástico)	Quintal	\$ 3.00
Papel, cuadernos	Kilo	\$ 0.07
Suela zapatos	Kilo	\$ 0.05
Cobre	Libra	\$ 1.50

Actualmente el Municipio tiene máquinas para tratar el vidrio y plástico, pero las mismas no se encuentran operativas por falta de mantenimiento y conocimiento del personal.

Existen entidades de Portoviejo, Manabí que se acercan al botadero a comprar los materiales reciclados como el vidrio y plástico.

4.3.3. Relleno sanitario

Inicialmente se debe evaluar el terreno topográficamente y seleccionar la mejor ubicación del relleno sanitario manual. Existe un terreno donde se depositan los residuos sólidos y donde se realiza el trabajo del reciclaje.

Con el uso de las ecuaciones de proyección de población (Ecuación 2.2.1a), (Ecuación 2.2.1b) y (Ecuación 2.2.1c,) se analiza el aspecto demográfico.

El análisis se lo realiza proyectando la población al año 2030 y sacando un promedio de los resultados de los tres métodos propuestos. (Ver capítulo 2.2.1).

Se proyecta la población con la finalidad de calcular la cantidad de residuos sólidos que se deberá disponer diaria y anualmente, durante la vida útil del relleno sanitario. Utilizando la ecuación de producción per cápita (Ecuación 2.3.2) y proyectando, se determina el área necesaria de relleno sanitario.

La cobertura del servicio, según datos del Municipio es del 78%.

La vida útil y densidades utilizadas se evaluarán, según datos del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Proyección de la población

Con los datos de los CENSOS indicados se obtuvieron los siguientes resultados para una proyección de población en el año 2030. (Ver ilustración 37 y tabla 27)

Método Lineal

Año	Población	Tasa Anual de Crecimiento	<i>t</i>	
1990	13630			
2010	20451	2.50%	20	1990-2010
2025	28127		15	
2030	30686		20	

Método Geométrico

Año	Población	Tasa Anual de Crecimiento	<i>t</i>	
1990	13630			
2001	16626	1.82%	11	
2010	20451	2.33%	9	
2010	20451	2.05%	20	1990-2010
2025	27725		15	
2030	30686		20	

Método Parabólico

a,b,c: Constantes calculadas para cada censo

Año	Población	t desde 1990
1990	13630	0
2001	16626	11
2010	20451	20
2030	33377	40

a= 13630

b= 188.41

c= 7.63

Ilustración 37 Proyección de población

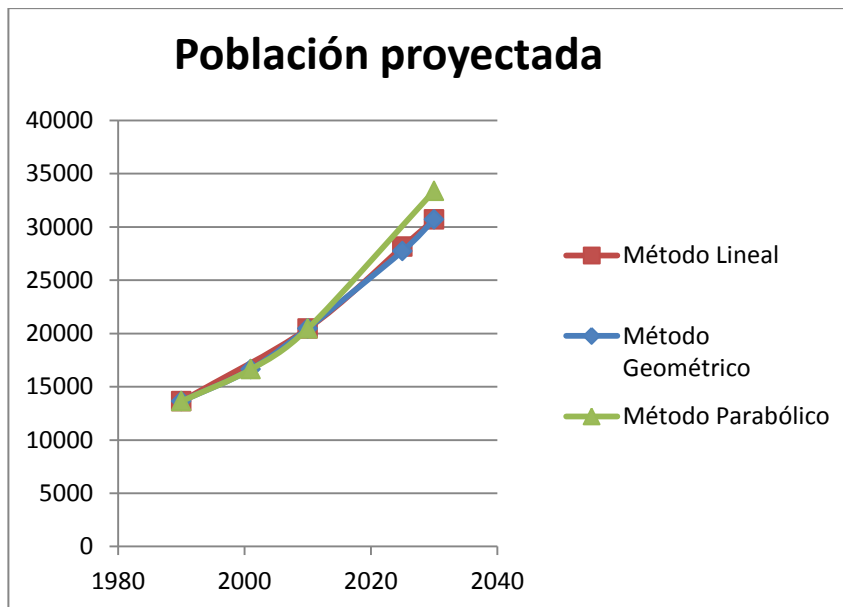


Tabla 27 Proyección de población

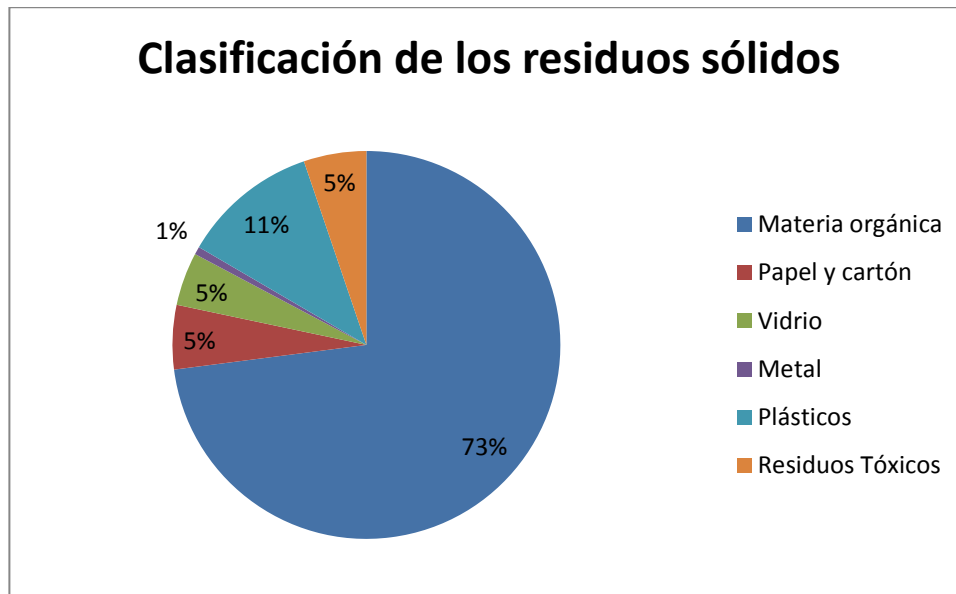
	Métodos			Promedio
	Lineal	Geométrico	Parabólico	
Tasa	2.50%	2.05%		
Año 2030	30686	30686	33377	31583

El resultado de la proyección para el año 2030 es de 31583 habitantes en el cantón de Puerto López.

5.2. Característica física de los desechos sólidos

Los datos de los cuarteos realizados de manera aleatoria (tres días de la semana, dos veces al día), dieron como resultado una mayor cantidad de generación de materia orgánica. (Ver ilustración 38) Los valores obtenidos se asemejan a los datos entregados por el Municipio y estudios realizados por Elite Consultor. (Ver tabla 20 y 21)

Ilustración 38 Cuarteo realizado in situ



De acuerdo a la cantidad promedio de 11 toneadas recibidas diarias en el botadero, se estima de manera semanal la cantidad de desechos reciclables y para compostaje. (Ver ilustraciones 39 y 40)

Ilustración 39 Clasificación y peso en toneladas de materiales por día

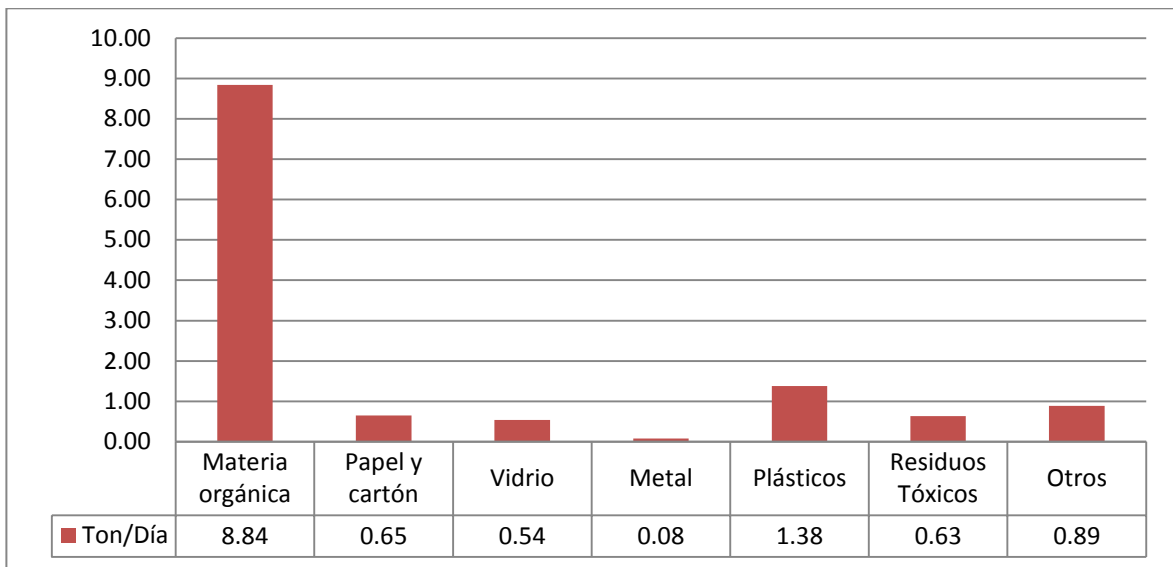
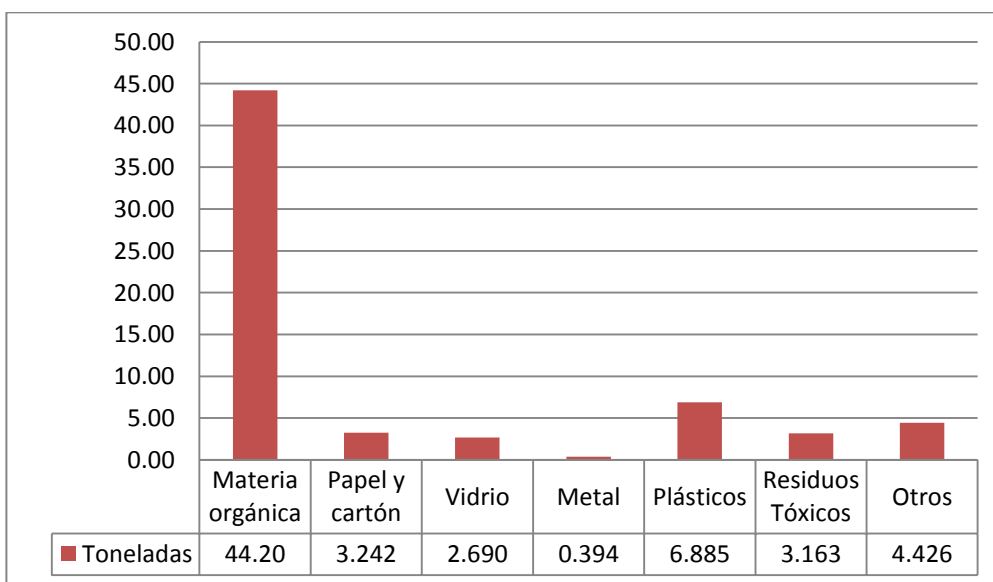


Ilustración 40 Toneladas de materiales semanales



De los que el papel y cartón, vidrio y plástico serán reciclados, equivalentes a un 20% del total de desechos sólidos generados y la materia orgánica se procesará en una planta de compostaje, equivalente al 73%, sumando 93% de materia tratada y dejando lo mínimo para depositarlo en el relleno sanitario.

5.3. Eficiencia y cobertura

Comparando los datos de capacidad de recolección de los dos camiones recolectores y la plataforma de 65 toneladas en total (ver tablas 24 y 25), con el dato de producción de desechos sólidos diarios total de 12.02 toneladas diarias y 84 a la semana, se obtiene una eficiencia de aproximadamente 0.8.

De acuerdo con el dato del Municipio de cobertura 78% y según encuestas realizadas, a personas al azar, del 75%, se promedia un valor teórico de cobertura.

Cobertura del servicio = 76.5%

5.4. Costo del servicio

En Puerto López el costo del servicio varía entre los \$90 y \$130 anuales por vivienda, es decir de \$7.5 a \$10.89 al mes.

5.5. Dimensionamiento de la flota de recolección

Se determinó con los datos actuales de dos camiones recolectores, la cantidad de viajes necesarios por semana, obteniendo los siguientes resultados.

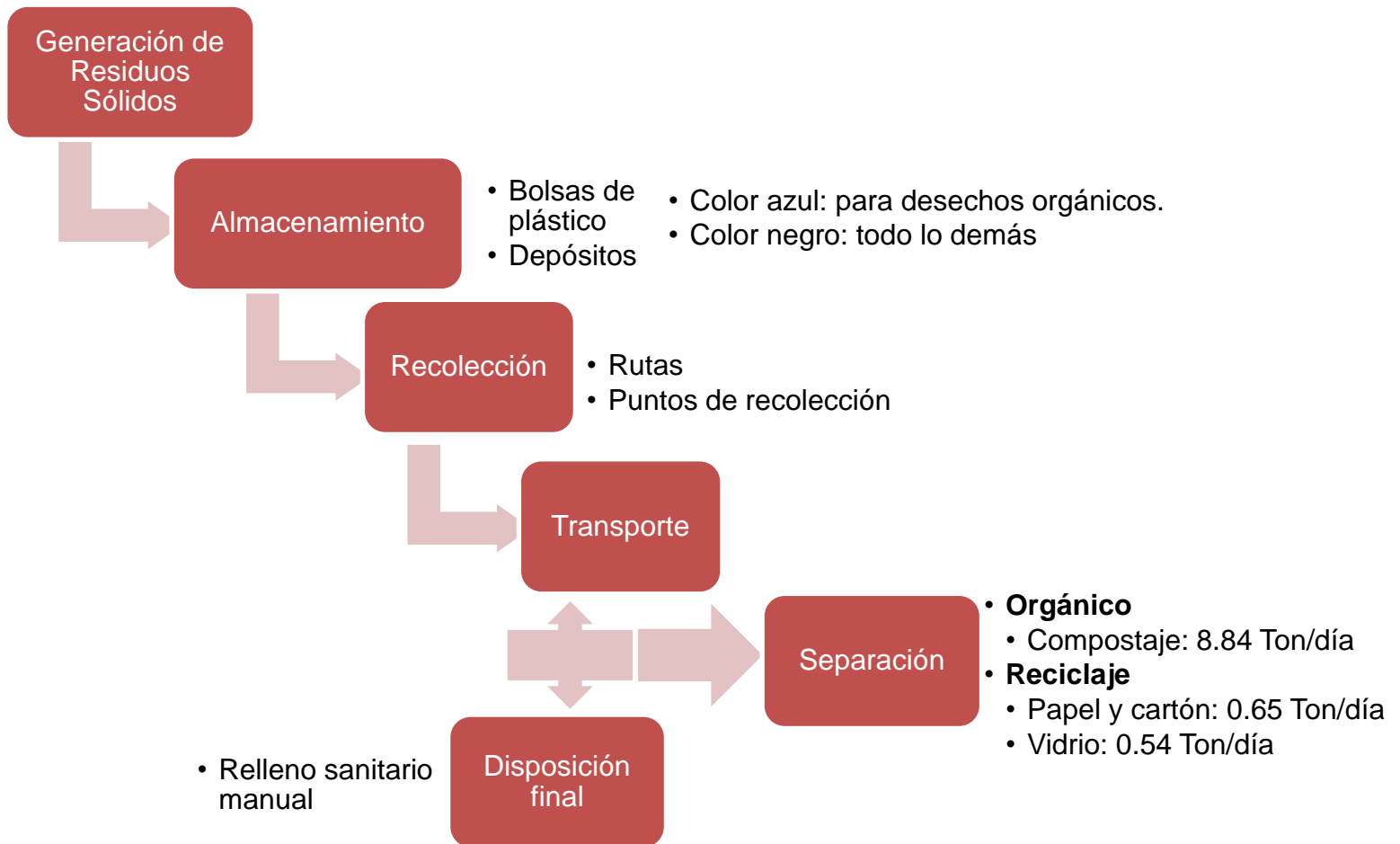
Pscs	=	2.30	horas/viaje
tp	=	1.6	recolector-min/lugar
Np	=	86	lugares/viaje/recolector
Vp	=	0.041	m ³ /lugar
v	=	3.539	m ³ /viaje
Nw=	=	79.70	viajes/semana

Lo necesario para recolectar los desechos de toda la población actual de Puerto López es de 80 viajes a la semana o llenar más los recolectores, ya que al sitio llegan los carros llenados hasta la mitad. Existe un tercer camión recolector que se encuentra fuera de mantenimiento y que podría ayudar con la recolección.

5.6. Propuesta del manejo integral de los residuos sólidos de Puerto López

Se propone un manejo integral que abarque todo el ciclo, desde la recolección, rutas, almacenamiento, reciclaje y disposición final de los residuos sólidos. (Ver ilustración 41)

Ilustración 41 Propuesta del manejo integral de los residuos solidos



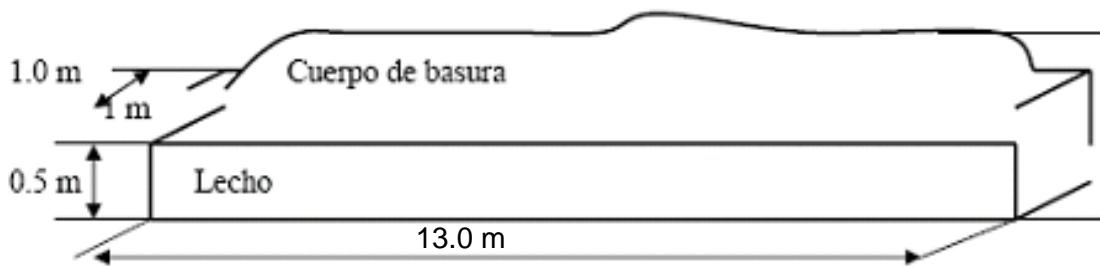
5.7. Compostaje

Con la lombricultura intensiva se obtienen datos de desechos necesarios por día.

Peso de la materia orgánica	=	8.84 Toneladas
Densidad de los desechos	=	0.70 T/m ³
Volumen de los residuos sólidos	=	12.63 m ³
Volumen necesario del lecho	=	6.31 m ³
Ancho del lecho (fijo)	=	1.00 m
Altura del lecho (fijo)	=	0.50 m
Longitud del lecho	=	12.63 m
Nº de días que tarda el proceso	=	90 días
Nº de descargas por semana	=	5 descargas
N	=	9

Redondeando obtenemos 9 lechos de medidas: 1 metro de ancho, 13 metros de largo y 0.5 metros de alto, lo cual me abastecerá para almacenar la materia de una semana. (Ver ilustración 42)

Ilustración 42 Lecho para lombricultura



Con los nueve lechos se puede almacenar durante 90 días la materia, lo que indica que recién el día 91 después de la primera descarga en el lecho 1, se puede retirar el abono para volver a empezar con el ciclo.

5.8. Reciclaje

Obteniendo como resultado de ingreso por reciclaje mensual los siguientes valores ilustrados en la tabla 28.

Tabla 28 Materiales reciclados y costo

Material	Unidad	Valor	Peso/ semana	Valor total/ mensual	Valor total/ anual
Cartón y papel	Quintal	\$ 2.50	162.12	\$ 405.29	\$ 4.863.46
Vidrio	Quintal	\$ 1.00	134.49	\$ 134.49	\$ 1.613.84
Línea Hogar (sillas plástico)	Quintal	\$ 3.00	344.26	\$ 1.032.78	\$ 12.393.33
Total				\$ 1.572.55	\$ 18.870.63

El valor ganado sería de \$ 18.870.63 anual, el cual podría ser destinado al mantenimiento del relleno e implementación para nuevas técnicas de reciclaje.

5.9. Relleno Sanitario

Con los datos de población y producción de residuos sólidos per cápita obtenemos el volumen de producción de los desechos.

PPC = 0.57 Kg/Habitante/Día

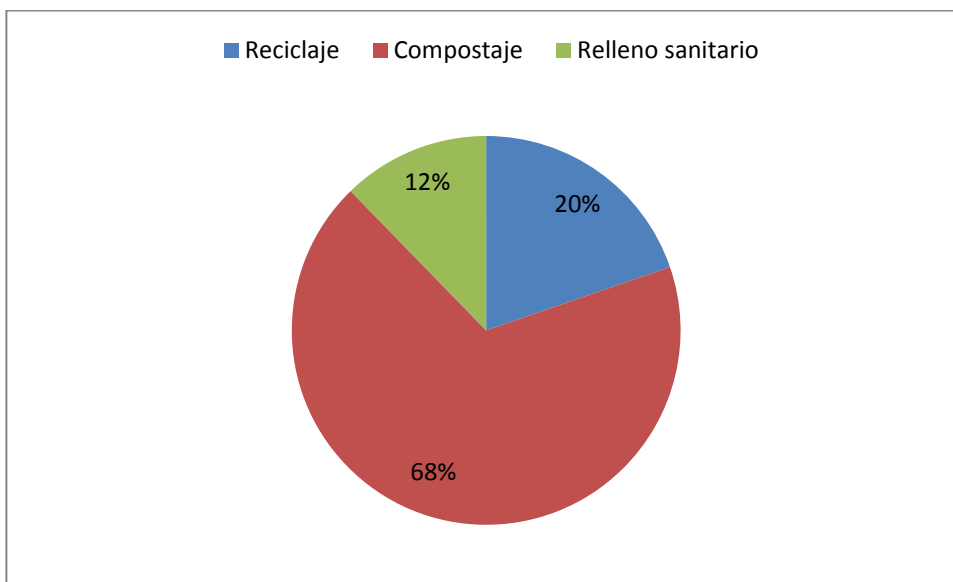
Cantidad de desechos sólidos producidos por día = 10.99 Toneladas (Año 2010)

Cantidad de desechos sólidos producidos por día = 18.00 Toneladas (Año 2030)

La vida útil del relleno será de 5 años y con los datos de PPC, densidad de los residuos y cantidad destinada al relleno sanitario, Debe considerarse el material removido de materia orgánica de una semana por mes y de reciclaje diario, obteniendo el siguiente cálculo del área necesaria.

Los taludes empleados serán los recomendados por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente de $\frac{1}{4}$ en corte, hasta $\frac{3}{1}$ para alturas menores a 5 m (Collazos, 2008) y una pendiente para el drenaje del %1.5.

Ilustración 43 Porcentaje de los residuos sólidos para relleno sanitario



Producción total diaria relleno	=	13000 Kg/día	
			Toneladas en 12 semanas al
Producción restante orgánica	=	530.4	año
Producción restante reciclada	=	486.24	Toneladas/año
Densidad de los residuos	=	800	Kg/m ³
Vida útil	=	5	Años
Volumen requerido para 1 año	=	2629.20	m ³
			Vida útil mínima de celda
Volumen por celda	=	432.20	m ³ 60 días
Se asume 20% material de cobertura			
Se asume 80% residuo sólido			
Volumen requerido total por celda	=	540.25	m ³
Altura de celda	=	3	m
Área requerida de celda	=	180.08	m ²
Ancho mínimo (Talud 1/4)	=	6	m

Largo	=	30.01 m
Celdas al año	=	3.00
Volumen total de 3 celdas	=	1620.74 m ³

Se colocara una cobertura final de 2.5 metros sobre las 3 celdas.

Ancho total de área de cobertura	=	22.00
Largo total de área de cobertura	=	30.00
Altura total de área de cobertura	=	2.50

Volumen de cobertura	=	1650 m ³
Masa	=	1320 ton
Volumen total de residuos en 3 celdas más cobertura de 2.5 metros	=	3270.74 m ³

Volumen sobrante	=	641.54 m ³
Masa sobrante anual	=	513.2318 Toneladas

El volumen total de las tres celdas cubiertas equivalen a cuatro celdas anuales.
El relleno sanitario tiene una vida util de 5 años y medio.

Se colocará una geomembrana de polietileno de alta densidad de espesor 1 milímetro. Para canalizar los lixiviados, se propuso la construcción de un drenaje hecho de geomembrana la cual se tratará para ser evaporada después. Para control de gases se colocará una chimenea al comienzo y al final de la celda.

Ilustración 44 Esquema de terraplén

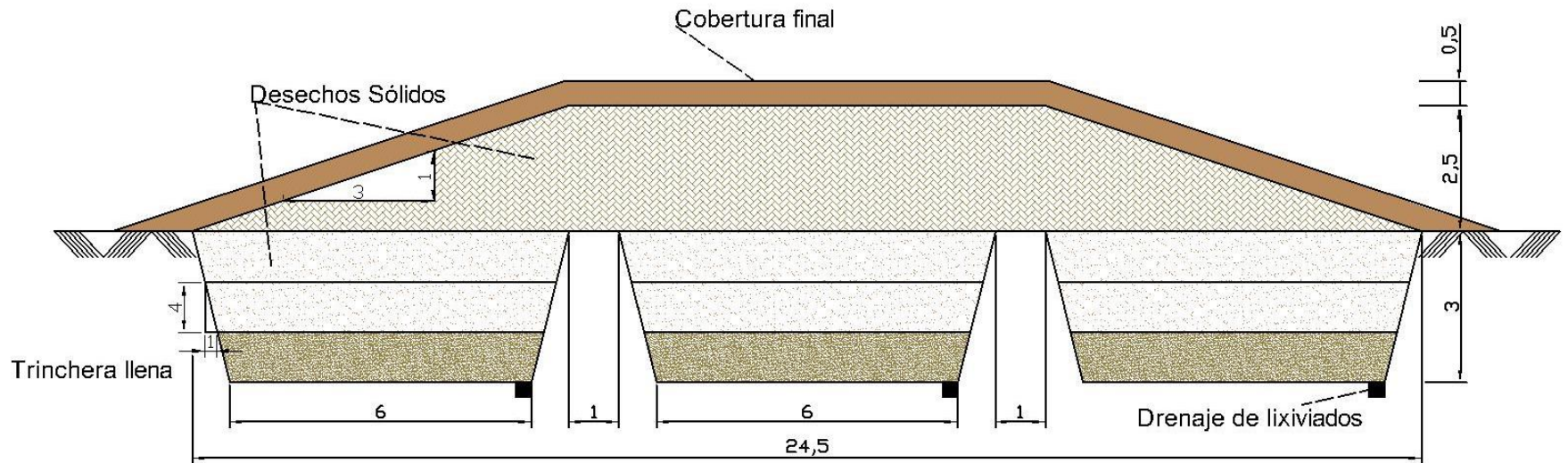
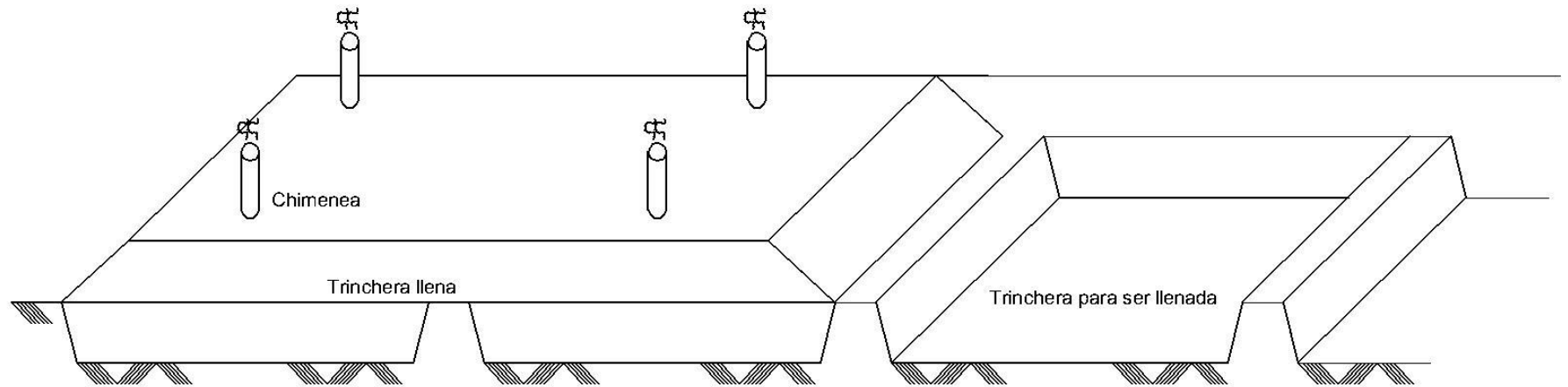
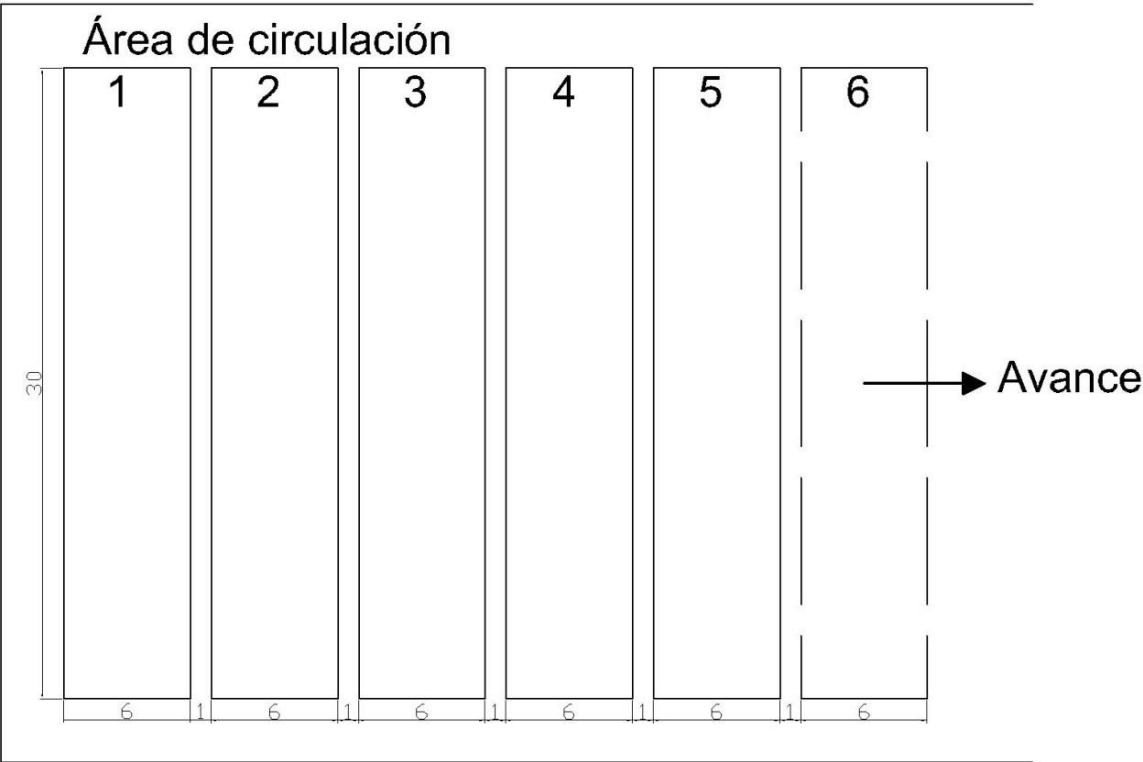


Ilustración 45 Implantación de Relleno Sanitario Manual



6. CONCLUSIONES

Analizando la situación actual del manejo de los residuos sólidos del cantón de Puerto López, Manabí, se puede concluir que: el sistema de rutas de recolección no abastece a la demanda actual, el lugar de disposición final es un botadero no controlado y que el tratamiento de los mismos, no es el adecuado para el aprovechamiento económico.

Debido a la falta de mantenimiento de los camiones recolectores, actualmente, tres camiones recolectores son los que realizan las rutas necesarias para cubrir a toda la población, consecuentemente, aproximadamente el 25% de la población no tiene el servicio de recolección. Además, las rutas, horarios y frecuencias no están definidos, lo que ocasiona acumulación de desechos sólidos en las viviendas y vía pública, provocando contaminación del aire, suelo y agua, y, malos olores e imagen del cantón.

El sitio de disposición final es un botadero no controlado, el cual en el año 2006 se propuso como el proyecto de un relleno sanitario. En el sitio se depositan los residuos sólidos, sin ser separados o tratados, para después ser cubiertos con una capa del mismo material del suelo que se encuentra en la zona, además éste no cumple con las ordenanzas municipales. Existe una geomembrana deteriorada, la cual no cumple función alguna, y no hay un sistema de drenaje de lixiviados.

Las personas que trabajan actualmente en el botadero, no tienen los implementos necesarios como botas, guantes y mascarillas, para separar los materiales que reciclan de manera informal. Estos materiales son vidrio y plástico, los cuales son vendidos a micro empresas encargadas de reciclar la materia.

No existe la separación domiciliaria de los residuos, lo cual dificulta el trabajo de separación en el sitio de disposición final. Existen varios proyectos aislados para el manejo adecuado de los residuos sólidos, los cuales no han sido participativos o bien promocionados. Además, el personal actual y en general, la población, carece del conocimiento del manejo adecuado de los residuos y de los beneficios que este podría brindarles.

Dado estas circunstancias, la incorporación del reciclaje en la fuente, propuesta en el presente trabajo de grado, aportará significativamente en la mejora ambiental de la población. Simultáneamente, conviene hacer un relleno sanitario manual, lugar donde se hará un manejo adecuado de los residuos sólidos. Mediante la lombricultura, se obtendrá de la fracción orgánica, abono, y los materiales reciclados serán clasificados y comercializados.

Se recomienda la alternativa antes mencionada, ya que ayudará a prevenir la contaminación ambiental del sector, además de lograr un aprovechamiento económico de los desechos producidos.

7. RECOMENDACIONES

Como recomendaciones para el nuevo manejo de los residuos sólidos se propone lo siguiente:

- Socialización del proyecto del manejo de los residuos sólidos a toda la comunidad mediante convocatorias del Municipio utilizando diferentes medios como: volantes, megáfonos en vehículos de transporte, radio, etc.
- Concientizar a la comunidad de Puerto López sobre la importancia del manejo de desechos sólidos, tanto para la salud pública como para la conservación del medio ambiente.
- Incentivar a la comunidad a realizar estos procesos de forma continua, premiándolos mediante una regeneración del sector más organizado.
- Generar y promocionar manuales de procedimientos de reciclaje, en los que se expliquen de una forma didáctica los pasos a seguir para la eficiente clasificación de los desechos.
- Contratar formalmente y capacitar a las personas que trabajan actualmente de forma individual en el botadero.
- Definir las funciones y responsabilidades de los trabajadores.
- Motivarlos y apoyarlos para que capaciten a los demás habitantes del cantón.
- Entregar implementos de trabajo como guantes, botas, mascarillas, palas y escobas.
- Coordinar con las autoridades locales la distribución gratuita de las fundas de colores (azul y negro).
- Solicitar al Ministerio del Ambiente y al Proyecto de Manejo de Recursos Costeros (PMRC), la entrega de tachos de colores para la separación de los residuos en zonas públicas.
- Separar los residuos desde las casas en fundas plásticas de dos diferentes colores: azul para desechos orgánicos y negra para el resto.
- Colocar señalética en puntos estratégicos del cantón donde se indiquen los beneficios del reciclaje, sobre todo para el turismo ecológico.
- Fomentar la creación de micro empresas que, utilizando los desechos sólidos, puedan generar ingresos económicos para los habitantes.
- Los carros recolectores tendrán compartimentos para la separación de los residuos.
- Implementar la lombricultura para la obtención de abono el cual será comercializado.

- Implementar el reciclaje de vidrio, papel y plástico para procesarlo y comercializarlo.
- Se recomienda el relleno sanitario manual en el sitio de disposición final actual.
- Promover el cantón como destino eco turístico y concientizar a los habitantes para que mantengan su territorio en un ambiente sano y libre de contaminación.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Agency, E. E. (2013). *Managing municipal solid waste - a review of achievements in 32 European countries* . Recuperado el 2013, de <http://www.eea.europa.eu>
- Agency, E. P., Office of Air Programs, & Research Triangle. (s.f.). Carolina del Norte.
- Amalendu, B. (2009). Design, Construction and Monitoring of Sanitary Landfill. En B. Amalendu, *Design, Construction and Monitoring of Sanitary Landfill*. John Wiley and sons.
- Ambiente, M. d. (s.f.). Texto Unificado de Legislación Secundaria Ambiental. En M. d. Ambiente, *Libro VI Anexo 6: Norma de Calidad Ambiental para el Manejo y Disposición final de Desechos Sólidos no Peligrosos*. República del Ecuador.
- Campos, H. K. (2009). *Evolución de la generación per capita de residuos sólidos en países desarrollados y emergentes* . Recuperado el 2013, de <http://www.metro.org.br>
- Cayot, L., Cifuentes, M., Amador, E., Cruz, E., & Cruz, F. (1996). *Determinación de la Capacidad de Carga Turística en los Sitios de Visita del Parque Nacional Galápagos*. Recuperado el 2013, de <http://www.unida.org.ar>
- Censos, I. N. (2010). *INEC*. Recuperado el 2013, de <http://www.inec.gob.ec>
- Censos, I. N. (s.f.). *INEC Costa Rica*. Recuperado el 2013, de <http://www.inec.go.cr>
- Collazos, H. (2008). *Diseño y Operación de Rellenos Sanitarios*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Development, O. f.-o. (2005). Recuperado el 2013, de <http://www.oecd.org>
- Eurastat. (2011). *Statistics*. Recuperado el 2013, de <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
- F., R. M. (2008). *Generación de Biogas y Lixiviados en los Rellenos Sanitarios*. México: 2da Edición.

- G., H., & G., H. (2010). *Environmental Science and Engineering*. Pearson Education | Prentice Hall, Eastern Economy Edition.
- ILM, C. (2013). *Consortio ILM "Las Iguanas"*. Obtenido de <http://consorcio-ilm.com>
- Jaramillo, J. (2002). *Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales*. Recuperado el 2013, de <http://bvs.per.paho.org>
- Kiely, G. (2007). *Environmental Engineering*. Tata McGraw Hill.
- Lim, L. C. (1998). *Carrying Capacity Assessment of Pulau Payar Marine Park, Malaysia - Bay of Bengal Programme*. Recuperado el 2013, de <http://www.fao.org>
- Pfeffer, J. (1998). *Solid Waste Management Engineering*. Prentice Hall.
- Pineda, S. I. (1998). *Impactos en la Operación de un Relleno Sanitario*. ACODAL.
- Röben, E. (s.f.). *Compostaje, Municipio de Loja, Ecuador*. Recuperado el 2103, de <http://www.bvsde.paho.org>
- Sakurai, D. K. (2000). *Método Sencillo del Análisis de Residuos Sólidos*. Recuperado el 2013, de <http://www.bvsde.paho.org>
- Sawyer, C., McCarty, P., & Parkin, G. (2003). *Chemistry for Environmental Engineering and Science*. 5th Edition, Tata McGraw Hill.
- Sierra, J. G., & Ramírez Cardona, J. (2012). *Estudio de Capacidad de Carga Ambiental*. Recuperado el 2013, de <http://lunazul.ucaldas.edu.co>
- Tchobanoglous, G., Theissen, H., & Eliassen, R. (1982). *Principios de Ingeniería y Administración*. Venezuela.