



**Facultad de Química y Farmacia**  
**Departamento de Ingeniería Química**

**TESIS PRESENTADA PARA OPTAR POR LA CATEGORÍA  
MASTER EN INGENIERÍA EN SANEAMIENTO AMBIENTAL**

**Título:** Propuesta de sistema de gestión de Residuos Sólidos Urbanos para Sagua la Grande

**Autor:** Lic. Niury Z. Triana Díaz

**Tutor:** *Dr. C. Ronaldo Santos Herrero*

**Consultante:** *MsC Ing. Teresa Cárdenas Ferrer*

Sagua la Grande, 2013

# *Pensamiento*

*“ La tierra tiene suficiente para las necesidades de todos, pero no para la avaricia de todos”.*

*Mahatma Gandhi*

## *Agradecimientos:*

**Al tutor y al consultante por este trabajo, dedicando ambos parte de su valioso tiempo y compartiendo conmigo sus ideas.**

**A todos los profesores que impartieron sus conocimientos durante el desarrollo de la Maestría.**

**A todas las personas que han hecho posible que este trabajo haya podido tener culminación. En especial a mi esposo.**

**A todos,**

***¡MUCHAS GRACIAS!***

## Resumen

En la actualidad, la gestión de los residuos sólidos ocupa un lugar principal dentro de la gestión ambiental. Esta gestión integrada es el término aplicado a todas las actividades asociadas con el manejo de los diversos flujos de residuos dentro de la sociedad; y su meta básica es administrar los residuos de una forma que sea compatible con el medio ambiente y la salud pública. En este trabajo se analiza el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) existente en la Ciudad de Sagua la Grande, se estudian dos alternativas de gestión y tratamiento de los mismos mediante análisis ambiental y económico y la factibilidad de las alternativas propuestas utilizando Programa para Valoración Económica diseñado en Excel, La alternativa A1 consiste herramienta que permite evaluar los impactos económicos totales de un proceso, producto o servicio, considerando todas las etapas de cada gestión. en un sistema de Recogida Selectiva pretendiendo aprovechar la fracción recuperable de los Residuos Sólidos Urbanos mediante clasificación en una Planta de Transferencia, específicamente de papel y cartón, aluminio, hierro, plásticos y vidrio, además de la construcción de un Relleno Sanitario logrando disminución en el vertido y al mismo tiempo seguridad, la alternativa A2 plantea aprovechar la fracción orgánica de los RSU (materiales fermentables de rápida y lenta descomposición) mediante tratamiento biológico (digestión anaerobia y compost); reciclar la fracción recuperable y disminuir considerablemente la disposición directa en el relleno. Se comprobó que la alternativa A2 es la más factible, tanto desde el punto de vista económico como ambiental. El análisis económico demostró que dicha alternativa es factible, presentando un Valor Actual Neto de \$ 2 204 655,77, una Tasa Interna de Rendimiento del 57y un Período de Recuperación de Descuentode aproximadamente 1año, esto se demuestra con el EICV.

Palabras clave: Análisis de alternativas, Residuos Sólidos Urbanos, Biogás, Compost, Relleno Sanitario.

## **Abstract**

At present, the solution of solid wastes elimination occupies a main place in the environmental solution. This integrated solution is the term applied to all activities become a partner of the handling of the diverse fluxes of remainders in the society; and your basic goal is to administer the remainders of a form that it is compatible with the halfback it gives atmosphere and the health department. In this work the Management System of Solid Wastes in Sagua la Grande municipality is analysis two alternatives of management and treatment are studied by means of computed programs helping in economical analysis, the factibility of the alternatives are evaluated allowing to know the total environmental impact of a product, process or service taking into account all the stages of the management system. A1alternative consist in a system of selective collection of Urban Solid Wastes by means of classification of materials in a transfer Plant such as paper, cardboard, aluminum, iron, plastics and glass the reusable fraction will be commercialized, this solution decreased landfill depositions and the non usable fraction will be deposed in a new garbish collection place created for this purpose, A2 alternative take into account the first stage of alternative one (classification and commerce), besides of treating the organic fraction by process of fermentation (the fast fermentative material will be treated by anaerobic digestion and slow fraction will be used to obtain compost). This alternative reduces considerably the depositions in the landfill and A3 alternative take into account the first stage of alternative A1 and A2 besides of an incineration system that decreased the amount of waste material in the landfill. It was concluded that alternative A2 is the most feasible, economical and environmental solution of all studied, presenting a Net Present Value (NPV) of \$ 2 204 655,77, an Internal Return Rate (IRR) of 57% and a Recove of Discount approximately 1 years old, this is demonstrated with the EICV.

Key words: Alternatives Analysis, Solid Wastes Municipal, Biogas, Compost, Landfill.

**Glosario:**

RS: Residuo Sólido

RSU: Residuo Sólido Urbano

RSI: Residuo Sólido Industrial

NC: Norma Cubana

ACV: Análisis del Ciclo de Vida

ONE: Oficina Nacional de Estadística

UMHE: Unidad Municipal de Higiene y Epidemiología

OMS: Organización Mundial de la Salud

ONU: Organización de las Naciones Unidas

SGRSU: Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos

DMV: Dirección Municipal de la Vivienda

CEE: Comunidad Económica Europea.

## **INDICE**

<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I: MARCO TEORICO – REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Residuos.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Residuos y su efecto sobre medio ambiente. ....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 Clasificación de los residuos sólidos urbanos .....</b>	<b>6</b>
<b>1.4 Tipos de residuos más importantes:.....</b>	<b>7</b>
<b>1.5 Características de los residuales sólidos.....</b>	<b>8</b>
<b>1.6 Propiedades químicas y físicas de los RSU. ....</b>	<b>12</b>
<b>1.7 Propiedades biológicas de los RSU .....</b>	<b>12</b>
<b>1.8 Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en el Mundo .....</b>	<b>12</b>
<b>1.9 Tratamientos de los residuos sólidos urbanos. ....</b>	<b>16</b>
<b>1.10 Tratamiento Térmico: .....</b>	<b>18</b>
<b>1.11 Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en Cuba.....</b>	<b>19</b>
<b>1.12 Marco Legislativo vigente en Cuba .....</b>	<b>26</b>
<b>1.13 Análisis del Ciclo de Vida (ACV).....</b>	<b>27</b>
<b>CAPITULO II. DIAGNOSTICO ACTUAL DEL SISTEMA DE GESTION INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA CIUDAD DE SAGUA LA GRANDE. ....</b>	<b>33</b>
<b>2.1 Caracterización Económico-Geográfica de la Ciudad de Sagua la Grande.....</b>	<b>33</b>
<b>2.2 Descripción del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en Ciudad Sagua La Grande. ....</b>	<b>36</b>
<b>2.3 Manejo de los Residuos Hospitalarios.....</b>	<b>40</b>
<b>2.4 Caracterización del Vertedero Municipal. ....</b>	<b>41</b>
<b>2.5 Condiciones Sanitarias del Vertedero.....</b>	<b>41</b>
<b>2.6 Costos del sistema actual de recogida de RSU. ....</b>	<b>42</b>
<b>2.7 Clasificación de los RSU de la ciudad de Sagua la Grande .....</b>	<b>43</b>

<b>2.8 Análisis de Ciclo de Vida al Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en la ciudad de Sagua La Grande. ....</b>	<b>46</b>
<b>CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA CIUDAD DE SAGUA LA GRANDE.....</b>	<b>54</b>
<b>3.1 Generalidades .....</b>	<b>54</b>
<b>3.2 Propuestas de Tratamiento para los Residuos Sólidos. ....</b>	<b>54</b>
<b>3.3 Alternativa 1.....</b>	<b>56</b>
<b>3.4 Análisis de la desgasificación del vertedero del municipio de Sagua la Grande. 63</b>	
<b>3.5 Alternativa 2.....</b>	<b>65</b>
<b>3.6 Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida para la alternativa analizada. ....</b>	<b>71</b>
<b>Conclusiones Generales .....</b>	<b>74</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>75</b>
<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>76</b>

## **INTRODUCCION**

Durante milenios las comunidades humanas han generado basura, pero pocos residuos derivados de una actividad productiva socialmente organizada. No se percibe, pues, que el amontonamiento de desperdicios en las calles generara un problema social, aunque sus consecuencias sí lo hicieran, ya que hasta el siglo XIX favoreció la propagación de grandes epidemias (Encarta® 2000)

En muchas ciudades se adoptaron prácticas distintas. Durante el florecimiento de la civilización minoica en Creta, en los años 3000 – 1000 a. c. los desechos se colocaban en grandes hoyos y se cubrían con tierra a intervalos. Por lo tanto, la idea básica de un relleno sanitario no es muy novedosa que digamos.

Los griegos crearon los primeros basureros municipales conocidos del mundo occidental. En México, Tenochtitlán del siglo XVI, estaba prohibido tirar basura en la calle y se penalizaba a los infractores de tal ordenamiento.

La cantidad de basura generada es función directa del tamaño, tasa de crecimiento y nivel de ingreso de la población, de los patrones de consumo, del tipo y cantidad de los recursos económicos y tecnológicos con que se cuente para manejarla, reciclarla, tratarla y aprovecharla, así como de las capacidades de gestión institucional y/o de su nivel de eficiencia.

Los problemas ocasionados por un inadecuado manejo de estos residuos están afectando, tanto a las grandes ciudades y sus zonas marginales, como a las pequeñas poblaciones rurales.

El vertiginoso desarrollo económico y el incremento incontrolado de los niveles de consumo han presupuesto la urgente búsqueda de soluciones a estos problemas, en los que la educación ciudadana, juega un importante papel, puesto que el deterioro ambiental del planeta exige la toma de conciencia y la colaboración de todos para poner en práctica estrategias de solución y/o mitigación de los impactos causados por los desechos en el medio ambiente. (Tchobanoglous 2007.)

Una disposición de desechos sólidos ineficientes y sin basamento científico alguno acarrearía no sólo dificultades de acumulación excesiva, estrechamente relacionada con el deterioro ambiental y de la salud humana, sino que conllevaría también a la pérdida de recursos potenciales a través de la recuperación de materia prima y energía.

En el año 2007, la Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó la Declaración del Milenio, que subrayaba sobre la necesidad urgente de respetar y proteger a la naturaleza. Por su parte, en el Capítulo III en las “Modificaciones de las modalidades insostenibles de consumo y producción” del Plan de Aplicación emitido en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (Johannesburgo, 2007), se acordó que:

“... Evitar la producción de desechos o reducirla al mínimo y aumentar al máximo la reutilización, el reciclado y el empleo de materiales alternativos inocuos para el medioambiente, con la participación de las autoridades gubernamentales y de todos los interesados, con el objeto de reducir al mínimo los efectos adversos para el medio ambiente y aumentar el rendimiento de los recursos, y prestar asistencia financiera, técnica y de otra índole con ese fin a los países en desarrollo. Ello entrañaría la adopción en todos los planos de medidas.

En cuatro áreas principales de Programas de la Agenda 21, se enuncia lo relacionado con:

- La reducción al mínimo de los residuos.
- El aumento al máximo de la reutilización y el reciclado ecológicamente racional de los Residuos.
- La promoción por la eliminación y la disposición ecológicamente racional de los Residuos.
- La ampliación del alcance de los servicios que se ocupan de la gerencia de los Residuos. (XXI. 2008.).

En las nuevas políticas de gestión de residuos desarrolladas en los países más industrializados, se da prioridad a cualquier tipo de aprovechamiento relegando el vertido a la última posición entre las alternativas de gestión. Todo lo contrario ocurre en los países más pobres, donde la disposición final de los RSU en vertederos o rellenos sanitarios es la práctica más común de tratamiento.

La generación de los residuos sólidos urbanos (RSU) y su manejo adecuado es un desafío para cualquier sociedad y su influencia negativa sobre su entorno crea la necesidad de su tratamiento ambiental y socialmente adecuados.

Sagua la Grande es una ciudad no exenta de este problema, donde los desechos se vierten sin segregación ni control alguno, incluidos los desechos peligrosos, existiendo

abundantes puntos de vertimiento incontrolado provocados por la mala gestión de recolección y recogida de los desechos en el origen y su transportación.

Para la elaboración de un sistema de gestión de residuos, es importante tener en cuenta los diferentes métodos de tratamiento que podrían aplicarse. Todos estos métodos implican tanto beneficios como costos ambientales, por lo que es necesario definir cuál es el más factible de acuerdo a la localidad de que se trate.

### **PROBLEMA CIENTÍFICO**

La inadecuada gestión y disposición que reciben los residuos sólidos en la ciudad de Sagua La Grande son una fuente contaminante al ecosistema y un peligro para la salud humana.

### **HIPÓTESIS**

Con la aplicación de un adecuado Sistema de Gestión de los Residuos Sólidos en la ciudad de Sagua La Grande, se logra minimizar la contaminación que estos emiten al medio al ser dispuestos.

### **OBJETIVO GENERAL**

Analizar alternativas para la Gestión integral de los Residuos Sólidos en la Ciudad de Sagua La Grande.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

1. Estudiar el Marco Teórico Referenciado al Sistema de Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos.
2. Realizar Diagnostico Actual del Sistema de Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en la Ciudad de Sagua La Grande.
3. Proponer el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos adecuado para la Ciudad de Sagua La Grande.
4. Evaluar económicamente las alternativas propuestas para el Sistema de Gestión de los Residuos Sólidos de Sagua La Grande.

## **CAPITULO I: MARCO TEORICO – REFERENCIAL DE LA INVESTIGACIÓN**

Este capítulo expone los resultados de un estudio amplio y minucioso de las temáticas mostradas, las cuales responden al hilo conductor del marco teórico-referencial de la investigación que se presenta.

Los diferentes autores refieren conceptos diferentes en los términos de residuos y RSU.

### **1.1 Residuos**

Los residuos son aquellas sustancias que se consideran inservibles y que, por lo tanto, se desea eliminar. La eliminación de los residuos exige clasificarlos en grupos con características similares. (Encarta® 2000)

#### **1.1.2 Residuos Sólidos Urbanos (RSU).**

Conjunto de materiales sólidos de origen orgánico e inorgánico que no tienen utilidad práctica para la actividad que lo produce, siendo procedente de las actividades domésticas, comerciales, industriales y de todo tipo que se produzcan en una comunidad, con la sola excepción de las excretas humanas. (NC 133)

Desechos o residuos sólidos: Defínase como todas aquellas materias generadas por las actividades de producción y consumo, que no posean valor económico alguno y que no correspondan a descargas de aguas o emisiones atmosféricas, pudiendo resultar de un proceso de fabricación, transformación, utilización, consumo o limpieza.

Esta falta de valor se debe a la carencia de una tecnología adecuada que haga rentable su aprovechamiento, o a la ausencia de un mercado para los sólidos se incluyen productos que pudieran ser recuperados a partir de dichos desechos. Bajo este término de residuos todos aquellos desechos resultantes de la actividad doméstica, comercial, pública, industrial y agrícola, con la excepción de las excretas humanas. (Santos. A. 2010).

En algunos países de Europa perteneciente a la CEE se utiliza el concepto de "residuos municipales" que son los residuos domésticos, los residuos de comercios y empresas, así como otros residuos que, por su naturaleza o su composición, pueden asimilarse a los residuos domésticos.

En España, particularmente consideran el término "residuos sólidos urbanos" como equivalente a residuos municipales y corresponde a los desechos en estado sólido cuya recogida, transporte, tratamiento y eliminación corresponde a los Ayuntamientos (los

gobiernos), que se generan mayoritariamente en áreas urbanas y proceden en su mayoría de la recogida doméstica.

La cantidad y calidad de los residuos sólidos urbanos generados depende de los hábitos de consumo del lugar en que se producen. En los llamados países desarrollados se genera una mayor cantidad de basura por habitante, sobre todo de papel, plástico, vidrio y envases que contienen materias combustibles e inertes, con muy baja proporción de materia orgánica.

La tasa diaria de generación de residuos sólidos urbanos (RSU) está en el rango 0,5-3,0 kg/habitante, dependiendo del nivel de desarrollo económico y del grado de urbanización. En general, a mayor nivel económico y mayor urbanización, se tiende a generar una mayor cantidad de RSU por habitantes. En los países desarrollados e industrializados, el crecimiento de población y la concentración de la misma en los núcleos urbanos, unido a un mayor nivel de consumo y a la cultura de "usar y tirar", han contribuido a aumentar las cantidades de residuos sólidos urbanos, convirtiendo su gestión en uno de los mayores problemas a los que se enfrentan muchas ciudades (Ocaranza., 2003).

Cada año en el mundo los seres humanos producen 2 billones de toneladas de residuos sólidos urbanos (sin contar los desechos industriales y hospitalarios). Estos elementos, al descomponerse, liberan sustancias tóxicas, exceden la capacidad de la naturaleza para degradarlos y permanecen enterrados cerca de las poblaciones humanas o disueltas en el aire que esas mismas comunidades respiran.

En el pasado, los residuos eran constituidos casi exclusivamente por materia orgánica y, como las concentraciones humanas eran pequeñas, su disposición era de fácil solución, no implicando daños mayores a la capacidad de asimilación de la naturaleza, donde el sistema de eliminación o tratamiento era mediante el vertido o depósito (pudiendo ser a cielo abierto o enterrado cerca de las comunidades o ciudades), ríos mares o cualquier otro lugar escogido para ello, pero con el creciente desarrollo de la sociedad, existe un incremento de la cantidad y variedad de residuos que se generan, los cuales se siguen eliminando por el sistema de vertido, quedando demostrado en los años 50 y 60 del pasado siglo que no resuelve el impacto negativo que ejercen los residuos dispuestos sobre la higiene, la salud de las personas y el medio ambiente, por lo que la gestión de los residuos sólidos es un problema de carácter mundial, que viene asumiendo

dimensiones críticas para la mayoría de los países, por lo que se ha hecho impostergable la necesidad de estudiar cual es la alternativa más adecuada en cada caso, para disminuir los efectos negativos que ejercen sobre el ecosistema.

Datos estadísticos de la ONU estiman que en el 2025 el mundo desarrollado quintuplicará la generación de desechos per cápita (Sarmiento, 2005).

### **1.2. Residuos y su efecto sobre medio ambiente.**

Los residuos sólidos que se generan constituyen un problema ambiental crítico en la sociedad industrial moderna.

Los problemas originados por los residuos cuya gestión no es correcta son los siguientes:

- Deterioro paisajístico.
- Producción de malos olores.
- Riesgos de incendios: los residuos fermentables son fácilmente auto-inflamables.
- Posibilidad de contaminación de aguas superficiales y subterráneas.
- Facilitan la presencia de roedores e insectos portadores de enfermedades. Por ejemplo, en 1m<sup>2</sup> de basura a cielo abierto, se producen 2500000 moscas por semana.

### **1.3 Clasificación de los residuos sólidos urbanos**

Se pueden clasificar de diversas formas y criterios, en dependencia de la importancia que revisten, en cuanto a su utilidad, la peligrosidad, fuente de producción, posibilidades de tratamiento, tipo de materiales, entre otros.

Para una mejor comprensión en la importancia en el manejo, se hace necesario integrar los distintos criterios de clasificación de los RSU por:

- **Composición química:** Orgánicos e Inorgánicos.
- **Su utilidad o punto de vista económico:** Reciclables o No reciclables.
- **Origen:** Se puede definir el residuo por la actividad que lo origine, esencialmente es una clasificación sectorial, como son: Domiciliarios, Comerciales, Constructivos, Industriales, Agrícolas.
- **El riesgo:** Clasificación por tipo de residuo

Se puede clasificar un residuo por presentar alguna característica asociada al manejo que realiza: Desde este punto de vista se pueden definir tres grandes grupos:

- a) Residuo peligroso
- b) Residuo inerte
- c) Residuo no peligroso

#### **1.4 Tipos de residuos más importantes:**

**Residuos municipales:** La generación de residuos municipales varía en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población.

#### **Residuos industriales:**

La cantidad de residuos que genera una industria es función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y los envases y embalajes del proceso.

La tasa de generación de RSI varía ampliamente según el tipo de actividad, con valores típicos en el rango 0,01-0,1 (ton RSI/ton producto)

En las últimas décadas, se ha puesto mucho énfasis en la gestión racional de los residuos sólidos, ya que se puede lograr una significativa reducción de los volúmenes generados. También se puede minimizar las pérdidas de material sólido mediante una cuidadosa gestión, manteniendo una segregación inteligente de los residuos, para su posterior reutilización y revalorización.

**Residuos mineros:** Los residuos mineros incluyen los materiales que son removidos para ganar acceso a los minerales y todos los residuos provenientes de los procesos mineros. En el mundo las estadísticas de producción son bastante limitadas. Actualmente la industria del cobre se encuentra empeñada en la implementación de un manejo apropiado de estos residuos, por lo cual se espera en un futuro próximo contar con estadísticas apropiadas.

#### **Residuos hospitalarios:**

Actualmente el manejo de los residuos hospitalarios no es el más apropiado. El manejo de estos residuos es realizado a nivel de generador y no bajo un sistema descentralizado. La composición de los residuos hospitalarios varía desde el tipo de residuo residencial y comercial a residuos de tipo médico conteniendo sustancias peligrosas.

Según el Integrated Waste Management Board de California USA, se entiende por residuo hospitalario aquel que está compuesto por residuos que es generado como resultado de:

- a) Tratamiento, diagnóstico o inmunización de humanos o animales.
- b) Investigación conducente a la producción o prueba de preparaciones medicas hechas de organismos vivos y sus productos

### 1.5 Características de los residuales sólidos.

La caracterización de los residuos es clave para el manejo y la disposición responsables. Al cuantificar las concentraciones de elementos potencialmente dañinos se pueden tomar decisiones acerca de su reutilización, reciclaje, tratamientos y/o eliminación.

Entre las características de los residuales sólidos, hay cuatro muy importantes: la composición, densidad, contenido de humedad y el valor calórico de los residuos.

#### 1.5.1 Composición:

Los residuales sólidos están compuestos por (Damghani, 2007):

- **Materiales inertes:** Metales, vidrios, cerámicas, arena, cenizas, escorias, escombros provenientes de reparaciones y construcciones, piedras, polvo, etc.
- **Materiales fermentables:** Materia orgánica (pan, pescado, pajas, restos de alimentos, etc.)
- **Materiales combustibles:** Componentes combustibles a excepción de la materia orgánica, papel, cartón, lana putrescible, tejidos, gomas, piel, plásticos, cueros, etc.

Tabla 1.1: Composición de los residuos sólidos en algunas regiones del mundo.

Residuo	EEUU (%)	Europa (%)	Argentina (%)
Orgánico	29	37	40
Papel/Cartón	41	28	24
Metal	8	3	3
Vidrio	6	17	5
Otros	7	6	14
Plásticos	9	9	14

Fuente: *United States Environmental Protection Agency, European Environmental Agency, [Coordinación Ecológica del área metropolitana](#), [sociedad del estado](#), [Gobierno](#) de la Ciudad de [Buenos Aires](#), Argentina.*

Tabla 1.2: Composición de los Residuos Sólidos municipales en países seleccionados de América Latina y el Caribe.

País/ Ciudad	Cartón y Papel (kg)	Metal (kg)	Vidrio (kg)	Textiles (kg)	Plásticos (kg)	Orgáni cos  Putrescibl es(kg)	Otros e inertes (kg)
Barbados	20,0	...	...	...	9,0	59,0	12,0
.Belice	5,0	5,0	5,0	...	5,0	60,0	20,0
Costa Rica	20,7	2,1	2,3	4,1	17,7	49,8	3,3
Perú	7,5	2,3	3,4	1,5	4,3	54,5	25,9
Caracas	22,3	2,9	4,5	4,1	11,7	41,3	11,2
Asunción	10,2	1,3	3,5	1,2	4,2	58,2	19,9
Ecuador	9,6	0,7	3,7	...	4,5	71,4	...
Guatemala	13,9	1,8	3,2	0,9	8,1	63,3	8,8
México DF	20,9	3,1	7,6	4,5	8,4	44,0	1411,5
Promedio	14,46	2,13	3,69	1,81	8,1	55,72	0,46

Fuente: Informe de la Evaluación Regional de los Servicios de Manejo de Residuos Sólidos. OPS.2005

Los productos presentes en los RSU, tales como papeles, cartones, cueros, gomas, botellas, metales, tierra, etc. no presentan peligro sanitario de consideración, aunque su acumulación en grandes cantidades sirve de refugio a ratas, cucarachas, moscas y de depósitos para larvas de mosquitos. También se incluyen en este grupo los residuos recogidos durante el barrido de calles, los que generalmente están constituidos por cajetillas de cigarrillos, cerillas, polvo y papeles, entre otros.

Las cenizas por su parte, son productos de desecho del carbón y otros combustibles usados con fines industriales o domésticos para cocinar y/o calentar, se consideran molestos por el polvo que producen. Finalmente, las excretas que se encuentran excepcionalmente en los residuos, son procedentes de gatos, perros y otros animales, pero estas se descomponen rápidamente, por lo que no se considera que tengan un efecto negativo en el medio ambiente, todo lo contrario, cuando son bien depositados contribuyen a la incorporación de nutrientes al suelo (Residuos 2007.)

La cantidad y composición de los residuos refleja fielmente el nivel cuantitativo y cualitativo de nuestro consumo doméstico. Su variación a lo largo del tiempo también indica los cambios de hábitos en el consumo de una población, y la forma de clasificarla, recogerla y su posterior destino indicará el nivel de conciencia ambiental que tiene una determinada población. La composición de los residuos sólidos urbanos es enormemente variable y en ella influyen una serie de factores muy diversos.

En sentido general, la composición de los residuos sólidos urbanos puede estar determinada por:

- Las características de la población que los genera.
- La época del año en que se generan.
- Estar determinada por el nivel cultural y económico de la población que los genera.

(Garrigues, 2003).

### **1.5.2 Densidad.**

Debido al carácter heterogéneo de los distintos componentes de los residuos sólidos, la densidad se estima entre 110 y 200 kg/m<sup>3</sup>. En general se acepta que la densidad es siempre menor en barrios céntricos (donde las oficinas y comercios alternan con las viviendas), mientras que crece en zonas de la periferia, donde predominan las viviendas. Así mismo la densidad varía inversamente al nivel de vida, presentando los barrios residenciales las densidades más bajas.

- **Densidad suelta:** Generalmente se asocia con la densidad en el origen. Depende de la composición de los residuos.
- **Densidad transporte:** Depende de si el camión es compactador o no y del tipo de residuos transportados. El valor típico es del orden de 0.6 Kg/l.
- **Densidad residuo dispuesto en relleno:** Se debe distinguir entre la densidad recién dispuesta de la basura y la densidad después de asentado y estabilizado el sitio.

### **1.5.3 Solubilidad.**

Se debe tener en cuenta esta propiedad ya que puede considerarse una vía de ingreso de contaminantes al suelo y acuíferos, en dependencia de la solubilidad en agua de los productos que forman los RSU. Otros productos son liposolubles y se acumulan en el tejido adiposo de ciertos animales incluyendo el hombre, provocando efectos negativos

en estos que pueden durar varios años pues quedan insertados en las cadenas de alimentación, provocando su acumulación y la generación de enfermedades.

#### **1.5.4 Contenido de Humedad.**

El por ciento de agua que presentan los residuales sólidos depende de factores como son la cantidad de materia, la climatología de la región y la procedencia.

El grado de humedad de los RSU depende, además del propio residuo, del clima y de las estaciones del año. Los residuos orgánicos, son los más húmedos y se descomponen con facilidad y por la cantidad de materiales que incorporan al medio se utilizan generalmente para tareas de compostaje. Los inorgánicos por el contrario, son generalmente secos aunque algunas sustancias químicas que los componen, tienen un alto poder higroscópico por lo que absorben la humedad, favoreciendo el proceso de descomposición de otros elementos que estén a su alrededor y provocando reacciones químicas colaterales en las que se pueden formar otros agentes contaminantes

De forma general se evalúa el contenido de humedad de una muestra de residuales sólidos a partir de la siguiente relación:

$$C = (a-b)/a \cdot 100$$

Dónde: C, contenido de humedad (%); a, masa inicial de la muestra a ser estudiada; b, masa final de la muestra después del secado

#### **1.5.5 Poder calorífico o Valor calórico:**

El parámetro más importante cuando se evalúa la posibilidad de tratar los residuales sólidos con fines energéticos. El contenido energético aumenta cuando se incrementa la cantidad de papel, cartón y plásticos, entre otros, y disminuye cuando aumenta el contenido de humedad. Por esta razón es de gran importancia conocer el contenido de humedad de un residual sólido.

#### **1.5.6 Relación Carbono/Nitrógeno(C/N)**

La materia orgánica está constituida fundamentalmente por carbono, hidrógeno y otros elementos como el nitrógeno y el oxígeno. En dependencia de la proporción en que se encuentren el carbono y el nitrógeno en los residuos, serán sus propiedades ácidas o básicas, esto definirá la calidad del compost que se produzca con estos residuos y su potencial uso en dependencia de los requerimientos del tipo de suelo o cultivo que se vaya a tratar. El valor óptimo de la relación Carbono/Nitrógeno para labores de

compostaje está entre 25 y 30, puesto que con valores superiores a esta cifra, el compost resultante no es óptimo para el desarrollo.

#### **1.5.7 Otras características:**

- Tamaños de partículas
- Contenido máximo en humedad (FC): para su vertido

#### **1.6 Propiedades químicas y físicas de los RSU.**

Estas propiedades son importantes para evaluar la posibilidad de procesamiento y recuperación (Tchobanoglous, 2002). Si los residuos van a utilizarse como combustible los cuatro aspectos más importantes a tener en cuenta son:

- Análisis físico.
- Punto de fusión de las cenizas.
- Análisis elemental
- Contenido energético.

El análisis físico incluye los siguientes ensayos:

- Humedad.
- Material volátil combustible.
- Carbono fijo.
- Ceniza.

#### **1.7 Propiedades biológicas de los RSU**

En la biodegradabilidad de los componentes de residuos orgánicos puede utilizarse el contenido de lignina de un residuo para estimar la fracción biodegradable.

- La reducción de olores normalmente se produce por la descomposición anaerobia de los componentes orgánicos fácilmente descomponibles presentes en los RSU.
- La producción de moscas en los climas cálidos, es una cuestión importante para el almacenamiento in situ (Tchobanoglous, 2002).

#### **1.8 Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en el Mundo**

Las organizaciones Mundial y Panamericana de la Salud [OMS/OPS, 2004] establecen que el manejo de los residuos debe contemplar la minimización de su generación, así como un adecuado reciclaje, recolección, tratamiento y disposición final. Para lograr esto, cada país y cada ciudad conjugarán estas áreas en sus programas de acuerdo a

sus condiciones locales y a sus capacidades económicas, según las metas a corto y mediano plazo fijadas en la Conferencia de Naciones realizada en Basilea en el año 1992.

Tchobanoglous (1994), Ramírez Carlos (2007) definen la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos como: “El control de la generación, almacenamiento, recolección, transferencia, transporte, procesamiento y disposición de los desechos de manera acorde con los mejores principios de la salud pública, la economía, la ingeniería, la preservación, la estética, y otras consideraciones Medioambientales”.

Por su parte Skinner J. (2004) sobre Gestión Integral de los Desechos Sólidos admite que:

“La mayoría de los profesionales en el manejo de desechos sólidos admiten que no hay una única o simple solución para los problemas de los desechos sólidos.

En cambio la gestión integrada es necesaria combinando los elementos de varias técnicas. El manejo integral de desechos sólidos es una estrategia amplia que involucra 4 elementos principales:

1. Reducción del volumen y toxicidad de los desechos sólidos que son generados.
2. Reciclaje y reutilización de los desechos hasta límites factibles.
3. Recuperación de energía de los desechos sobrantes por medio de sistemas de combustión, equipados con las mejores tecnologías de control de contaminación disponible.
4. Utilización de basureros con controles medio ambientales adecuados

Según Schleenstein Gerhard (2003), un buen sistema de la gestión está dado por:

1. Generación de los R.S.U.
2. Manipulación, Almacenamiento y Procesamiento de Residuos en el Origen.
3. Recolección.
4. Separación, Procesamiento y Transformación.
5. Vertido.

Para propósitos de planeación, es conveniente considerar el proceso como un todo, consistente en las siguientes 5 actividades básicas o etapas:

1. Generación
2. Recolección, manipulación y separación de los residuos en origen
  - a. Reducción

- b. Reutilización
3. Almacenamiento y transporte
4. Transformación y procesamiento.
5. Disposición final

Luego de evaluadas las diferentes alternativas que implican un buen manejo de los residuos, la mejor implica reducir desde la fuente, recoger y transportar adecuadamente, reciclar, reutilizar, transformar y/o destruir térmica o biológicamente y disponer finalmente en rellenos sanitarios.

Aunque cada alternativa califica por separado, la mejor alternativa es la aplicación de todas en un sistema integral de manejo de residuales sólidos, con las siguientes consideraciones:

**Reducción:** Implica reducir la cantidad de residuos producidos desde la misma fuente de generación. Con base en una concepción preventiva, la reducción de desechos busca disminuir la cantidad de desperdicios en general y controlar el tipo de materiales en ellos contenidos.

**Recogida y transportación:** La recolección de residuos según la Enciclopedia [2005] es, en términos generales, la manipulación de los residuos sólidos desde su almacenamiento en la fuente generadora hasta el vehículo recolector y luego su traslado hasta el sitio de disposición final o hasta la estación de transferencia.

Es importante destacar, que el método empleado en la recolección es la parte medular del sistema de recolección de los RSU ya que el nivel de organización que guarden los métodos de recolección de un determinado sistema, será el indicador más representativo del nivel de servicio que se les oferta a los clientes.

Con respecto a los equipos de recolección y transporte primario, se sugiere que, siempre que sea factible (por las características físicas y poblacionales de la localidad), se empleen vehículos con carrocerías de gran capacidad, provistos de compactadoras para contribuir a la disminución de los costos de recolección.

**Reciclaje:** El mundo entero moderno se enfrenta a un problema cada vez más importante y grave: como deshacerse del volumen creciente de los residuos que genera. La mayoría de los residuos terminan convirtiéndose en basura cuyo destino final es el vertedero o los rellenos sanitarios. Los vertederos y rellenos sanitarios son cada vez más escasos y plantean una serie de desventajas y problemas. En ello el reciclaje se

convierte en una buena alternativa, ya que reduce los residuos, ahorra energía y protege el medio ambiente.

La meta de cualquier proceso de reciclaje es el uso o reúso de materiales provenientes de residuos de importancia en el proceso de reciclaje es que el procedimiento comienza con una separación. Desde un punto de vista de eficiencia del rendimiento de estos sistemas de separación favorece que se haga una separación en el origen.

Este es un proceso que tiene por objeto la recuperación, de forma directa o indirecta de los componentes que contienen los residuos urbanos. Este proceso debe tener como tendencia los objetivos siguientes: conservación o ahorro de energía, conservación o ahorro de recursos naturales, disminuir el volumen de residuos a eliminar y proteger el medio ambiente.

El no hacer uso del proceso de recuperación trae como consecuencia un efecto negativo en la economía. Los desechos sólidos que más volumen manejan en el proceso de reciclaje son: papel, cartón, plástico, vidrio, aluminio, materia orgánica. Internacionalmente se tienen indicadores para medir los beneficios del reciclaje, entre estos están:

- En la producción de una tonelada de papel reciclado se economizan 3700 libras de madera y 24 galones de agua y de 13 a 17 árboles son salvados.
- El reciclaje de vidrio el 25% menos de energía que la fabricación de vidrio nuevo.
- Refinar aceite usado para motores ahorra dos terceras partes de la energía que se requiere para refinar petróleo crudo.
- Utilizando aluminio reciclado para manufacturar productos nuevos se requiere 50% de la energía que se utiliza para en materia prima virgen.
- Con la utilización de papel reciclado se economiza el 45% de la energía.
- Con la energía que se ahorra en la producción de una lata reciclada de aluminio, un televisor puede funcionar 3 horas y usa solamente el 15% de la energía utilizada para fabricarla originalmente. (Chávez, Alfonso, 2001).

### **La disposición Final:**

#### **Relleno sanitario:**

La disposición final de los RSU en rellenos sanitarios o vertederos es la práctica más común en el mundo, de forma tal que los productos no presenten riesgos para la salud ni

para los componentes de los ecosistemas. Es aplicable a pequeñas y grandes comunidades. Aunque normalmente se aplica a todo tipo de RSU debería implementarse solamente sobre aquellos residuos que no han podido ser tratados por métodos como el reciclaje, compostaje o recuperación (Colombia, 2002; Wehenpohl, 2002). Este método es un complemento para cualquier tipo de tratamiento ya que todos producen rechazos que finalmente hay que eliminar.

En la práctica se incluyen residuos peligrosos dentro de los rellenos sanitarios debido a que la mayoría de las instalaciones que manejan los mismos no cuentan con un tratamiento y disposición segura (Abu Qdais, 1997).

El relleno sanitario debe utilizar el menor lugar y ocasionar el menor impacto ambiental negativo posible. Las operaciones que se deben realizar periódicamente en un relleno sanitario son (Bocalandro, 2001; Merizalde Hoyos Juan C., 2003; Nora, 1998):

- Recepción de los residuos
- Disposición de los residuos
- Compactación de los residuos
- Recubrimiento con tierra
- Compactación

Dentro del relleno sanitario se produce una descomposición anaerobia (sin presencia de oxígeno), el gas metano y el dióxido de carbono son unos de los productos de esta descomposición, además las emisiones gaseosas contendrán compuestos orgánicos volátiles. Es por esto imprescindible el monitoreo ambiental del relleno.

Existen otros tratamientos que requieren diferentes tecnologías, entiéndase por ello una transformación que implique una alteración física, química y/o biológica de los desechos para dar una disposición final adecuada y óptima desde el punto de vista de la sostenibilidad.

### **1.9 Tratamientos de los residuos sólidos urbanos.**

El tratamiento es un proceso que modifica las características físicas, químicas o biológicas de los residuos, para aprovecharlos, estabilizarlos o reducir su volumen, antes de la disposición final. Cualquier tratamiento que se aplique involucra la recolección y clasificación y en dependencia de esto se pueden proponer diferentes alternativas como las que se refieren a continuación.

### **1.9.1 Tratamiento Biológico:**

- Digestión anaeróbica
- Tratamiento aeróbico (compostaje).

Digestión anaerobia y compostaje son los tratamientos biológicos aplicables a la Fracción Orgánica de los Residuos Urbanos (FORSU) . Los dos sistemas disminuyen la cantidad de residuos (en peso y volumen), su “actividad” y, además, la digestión anaerobia permite la obtención de energía.

#### ***Obtención de biogás:***

El biogás es una mezcla de gases producido por bacterias durante el proceso de biodegradación de materia orgánica en condiciones anaeróbicas, que artificialmente se obtiene en biodigestores.

El producto principal de la digestión anaerobia es el biogás, mezcla gaseosa de metano (50 a 70%) y dióxido de carbono (30 a 50%), con pequeñas proporciones de otros componentes (nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, sulfuro de hidrógeno), cuya composición depende tanto de la materia prima como del proceso en sí. La cantidad de gas producido es muy variable, aunque generalmente oscila alrededor de los 350 L/kg de sólidos degradables, con un contenido en metano del 70% .Por su parte, el efluente de la digestión está compuesto por diversos productos orgánicos e inorgánicos y se puede utilizar tanto en la fertilización de suelos, con excelentes resultados, como en alimentación animal, aspecto aún en vías de investigación.

La obtención de biogás de vertederos es algo conocido actualmente en el mundo. Existen varios vertederos en los que se capta el biogás, aprovechándose en algunos casos, mientras que en otros simplemente se quema de una forma espontánea o controlada.

Hoy en día, los vertederos constituyen el método más común de gestión de residuos, sin embargo, aparecen continuamente nuevas posibilidades. Esta técnica continuará utilizándose mientras se disponga de terreno libre a precio razonable.

Cuba también usa este método de tratamiento, la obtención del Biogás, existe un proyecto para la obtención de este preciado recurso en Ciudad de la Habana, Santiago de Cuba y Santa Clara a partir de los vertederos.

#### ***Compostaje:***

En la mayoría de los países desarrollados, el tratamiento de los residuos orgánicos se está convirtiendo en una de las prácticas claves de la gestión moderna de residuos ;González., 2007; R. B. Williams, 2003).

Es un material tipo "humus", bioquímicamente estable, constituido por materia orgánica, mineral y cerca de 40% de agua, y PH neutro o poco alcalino. Resulta de la descomposición aeróbica y anaeróbica.

### **1.10 Tratamiento Térmico:**

Algunas de estas tecnologías de transformación son:

**Incineración:** Proceso de combustión controlado de los desechos sólidos que se usa ampliamente en numerosos países para reducir hasta en un 90% el volumen de residuos a través de diversos procesos térmicos controlados y bajo estrictos parámetros de emisiones (Ing . Karin Santos Bonilla, 08/05/2009). No es un sistema completo de eliminación, pues genera cenizas, escorias y gases. Es recomendable en clínicas y hospitales para mantener un buen control sanitario. (Miño., 2003).

**Gasificación y Pirolisis:**La pirolisis y la gasificación son dos formas de tratamiento térmico en las que los residuos se calientan a altas temperaturas con una cantidad de oxígeno limitada. El proceso se lleva a cabo en un contenedor sellado a alta presión. Convertir el material en energía es más eficiente que la incineración directa, se genera energía que puede recuperarse y usarse, mucha más que en la combustión simple.

La pirolisis de los residuos sólidos convierte el material en productos sólidos, líquidos y gaseosos. El aceite líquido y el gas pueden ser quemados para producir energía o refinado en otros productos. El residuo sólido puede ser refinado en otros productos como aceite activado (L.K, 2000).

La gasificación puede ser usada para convertir materiales orgánicos directamente en un gas sintético, formado por monóxido de carbono e hidrógeno. El gas se puede quemar directamente para producir vapor o en un motor térmico para producir electricidad. La gasificación se emplea en centrales eléctricas de biomasa para producir la energía renovable y calor.

### **1.11 Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en Cuba**

La gestión de los residuos sólidos urbanos en Cuba ha pasado por diferentes etapas en cuanto a condiciones y manejo. Según datos históricos consultados. (Fuente: Estadística del Dpto. Independiente Servicios Comunales Nacional)

- En los años 1898-1902, consecuentemente con la ocupación de EUA, se establecieron las primeras ordenanzas para la limpieza y recogida de residuos en el país. Donde existía una población de 2 millones de habitantes, estimándose una generación de residuos de 40 ton/día.
- En la década del 1940-1950 comienzan las primeras investigaciones y estudios enfocados a mejorar el sistema de limpieza pública debido al crecimiento y desarrollo socioeconómico de ese entonces.
- En 1969 y con el apoyo de la OPS / OMS se realizaron estudios dirigidos al reordenamiento del sistema de recogida y disposición de los desechos sólidos urbanos, donde fue capacitado el personal del MINSAP y del Poder Local. Estos estudios mostraron que la producción de residuos domiciliarios era de 0.35 kg/hab/día.
- A raíz de los problemas surgidos a finales de los años 80, el servicio de recogida, transporte y disposición final principalmente, empezó a bajar su calidad y cobertura como consecuencia de la disminución de equipos especializados para la recolección y transporte y empezó a haber un incremento de los vertederos a cielo abierto y de periodo especial al incrementarse la recogida de residuos sólidos con carros de tracción animal.
- En el 2008 el 97.3% de la población urbana en Cuba recibió servicios de recogida de residuos sólidos y se recogieron y transportaron en todo el país aproximadamente 24 986.3Mm<sup>3</sup> de residuos sólidos, lo que representa un 8% de crecimiento con respecto al año 2007.

Existe 1014 vertederos, de ellos 674 presentan el sistema de tratamiento a través de Rellenos Sanitario, lo que representa el 66.46% del total. En el país se le da tratamiento sanitario al 92.7% del residual que se receptiona en los vertederos en general (23162.3 Mm<sup>3</sup>).

La transformación y procesamiento puede llevarse a cabo por medio de una gran variedad de procesos químicos y biológicos, la elección de estos dependerá de los objetivos del sistema de gestión.

Numerosos autores cubanos han tratado el tema de la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos proponiendo alternativas de tratamiento con el objetivo de minimizar las tasas de generación y así contribuir al mejor desempeño ambiental. Así por ejemplo en el Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas (CIMAB), Palacios–García y colaboradores (Ing., 2007) realizaron un estudio sobre el manejo de RSU en la zona litoral de la bahía de la Habana con propuestas de soluciones tecnológicas viables para su manejo seguro que incluye una planta de selección y tratamiento para procesar la basura seca para su posterior reciclado y utilizando la fracción húmeda para la fabricación de compost (Ing., 2007).

En el año 2007 un colectivo de autores entre los que se destacan María del C. Espinosa Llorens, H. Álvarez, J.A. García y A. Fernández realizaron la caracterización de los RSU de diferentes rellenos sanitarios en Ciudad de La Habana (Ma. del C. Espinosa Llorens, 2007).

También en nuestra provincia se han realizado varias investigaciones con el objetivo de contribuir a perfeccionar la gestión de los RSU. Knudsen González & Gaitán Mesa (Gaitán Mesa, 2006) plantearon un nuevo diseño y gestión de las rutas para la recolección de residuos sólidos urbanos en la Ciudad de Santa Clara, con el objetivo de ofrecer a la población un mejor servicio, mejorar el entorno, cuidar el medio ambiente y disminuir los diferentes costos ocasionados en el desarrollo de esta actividad. Martínez Morales (Morales, 2007) en el año 2007 se propuso generalizar este procedimiento, el cual incluye además un conjunto de técnicas y procedimientos específicos, que facilitan la toma de decisiones e inciden en el desempeño normal de la prestación de este servicio, contribuyendo a la disminución del consumo de combustibles fósiles al lograr la reducción en la distancia a recorrer por el vehículo recolector. Así también, Domínguez Núñez (Núñez., 2009), en su tesis de Maestría propone una metodología que permita minimizar el deficiente manejo de los residuos sólidos urbanos existente actualmente en la Ciudad de Santa Clara, enfocado en buscar solución al mal manejo de estos residuales, priorizando el sistema de recolección y transportación de los mismos desde su origen hasta el lugar de disposición final. (Benites Viera.,2009),hace un análisis de

las alternativas para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Santa Clara.(MartinezChaviano, 2009), analiza el ciclo de vida al sistema de gestión de residuales sólidos urbanos en la ciudad de Santa Clara.

De forma general, los estudios relacionados incluyen la recolección, tratamiento, transporte y disposición final, sin embargo en Cuba no se han tratado con fuerza los sistemas de gestión que involucren el tratamiento biológico y térmico de los mismos, aspecto de vital importancia por ser esta una fuente de energía renovable que contribuiría por un lado a disminuir las cargas contaminantes en el vertedero y por otro lado se contabilizaría la energía generada como cargas evitadas (A.J, 2003).

El manejo actual de los RSU en Cuba comprende solo tres etapas que forman el llamado “Sistema Integral de Manejo de Residuos Sólidos”. En nuestro país la etapa de Manipulación y separación de los residuos en origen no se efectúa. Esta etapa se sustituye por el Almacenamiento de residuos sólidos.

Fuente: Dominguez Nuñez, 2009.

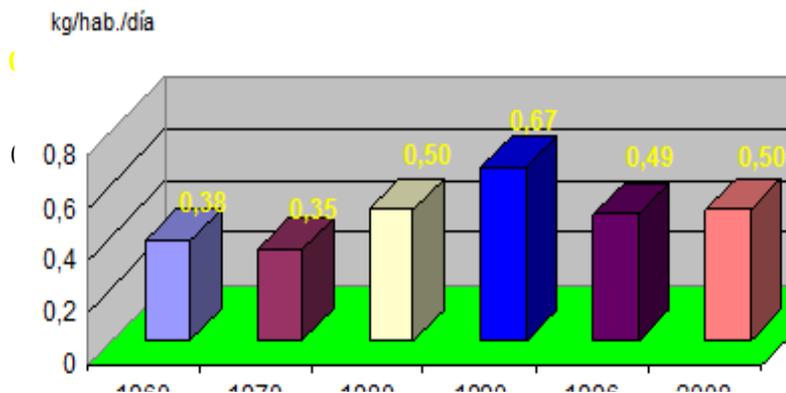


Figura 1.1. Tasa de generación de Residuos Sólidos en Cuba (2008).

La Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas (UERMP), creada en el año 1961, se dedica a la recuperación, procesamiento y comercialización de los desechos sólidos reciclables en Cuba. Es una organización autofinanciada. Abarca todo el territorio nacional y comercializa para el mercado interno y externo. Entre 1981 y 1985 se consolida su actividad tecnológica y económica. La esencia del trabajo de la UERMP es convertir la recuperación en un fuerte proceso industrial, mediante un amplio programa inversionista que mejorará las tecnologías y surtidos a recuperar.

Las Casas de Reciclaje son tiendas de recuperación de materias primas y constituyen una red nacional extendida por todos los Municipios del país. La población acude a vender directamente, y sin límites de cantidades, objetos y piezas de chatarra ferrosa y no ferrosa. Acorde con los datos estadísticos el 63,6% de toda la chatarra no ferrosa se recupera a través de esa red de 12 tiendas, así como el 33,8 % del total de los envases de cristal y el 21,1% del papel y el cartón. A pesar de los esfuerzos realizados, aún la recogida de materias primas es baja debido a problemas organizativos y de equipamiento.

### **Características Físico – Químicas de los Residuales Sólidos Urbanos en Cuba**

Los parámetros históricos de Cuba, comparados con estudio realizado en Villa Clara en el año 2005, se comportan muy parecidos, con la sola excepción en el papel y cartón, en el que la diferencia es significativa, como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 1.3 Cuadro comparativo del comportamiento histórico de los componentes contenidos en los Residuos Sólidos en Cuba y Villa Clara.

Componentes	Resultados obtenidos (%)				
	de1969 a 1973	de 1975 a 1979	de 1980 a 1983	de 1989 a 1995	Villa Clara 2005
Materia Orgánica	50,7	47,2	37,3	48,8	67,12
Papel y Cartón	24,2	20	27,3	18,7	5,19
Plásticos	0,7	1,9	4,2	4,3	3,18
Metales	7	6,7	6	3,8	3,62
Vidrio	1,9	5,6	3,7	5,1	3,61
Desperdicios textiles	4,7	3,4	6,9	4,9	1,8
Madera	3,6	3,7	2,4	1,8	8,04
Goma	0,4	1.0	0,3	1,2	0
Huesos	0,5	0,7	0,6	1,1	0,32
Escombros	5,5	9,2	9,8	8,4	7,1
Cuero	0,8	1,6	1,5	2	0,02
Total	100	100	100	100	100

Fuente: Domínguez Núñez, 2009

Si se realiza el mismo análisis entre las provincias del país que mayores índices de recolección tienen, se obtiene que las variables no difieren mucho unas de otras y que

la caracterización de los residuales es muy parecida en todas, salvo lugares puntuales que pudiera estar por debajo o por encima de la media nacional.(Anuario de Cuba 2007).

### **Almacenamiento de residuos sólidos.**

El almacenamiento de los residuos sólidos es un componente importante dentro del ciclo de su manejo, y es a su vez lo que permite reducir el riesgo potencial de consecuencias negativas para la población expuesta, tal como malos olores, aspecto estético del lugar y la eficiencia en la recogida y transporte de los residuos sólidos.

En Cuba la Norma Cubana 133/2002 define que el Almacenamiento de residuos sólidos no es más que la "acumulación de los residuos sólidos de una comunidad, en los lugares donde se producen los mismos o en los alrededores a estos, donde se mantienen hasta su posterior recolección" En las áreas urbanas el almacenamiento domiciliario se realiza de forma inadecuada, en la mayoría de los casos utilizándose recipientes de diferentes tipos y capacidades, provocando que la mayoría de los usuarios del servicio opten por retirar los residuos de su domicilio hacia contenedores situados en la calles, en un lapso de tiempo menor de 24 horas.

Actualmente en los centros asistenciales (policlínicos, hospitales, laboratorios y otros), los residuos sólidos resultantes de las curaciones, diagnósticos o rehabilitación que no sean incinerados, no cumplen lo establecido en el reglamento para el manejo de los desechos peligrosos en instituciones de salud. Almacenándose los residuales de estas entidades, en la mayoría de los casos sin tratamiento alguno, mezclados todos los desechos.

### **Recogida y transportación.**

La Norma Cubana 133/2002 establece que "La recolección de residuos sólidos para su disposición final será realizada a las viviendas, establecimientos de producción, servicios, escuelas, oficinas, centros de recreación, unidades de salud pública y demás instalaciones situadas en asentamientos urbanos mayores de 500 habitantes, y en aquellos menores que se encuentren a una distancia no mayor de 5 Km. de otro asentamiento mayor que reciba este servicio. La recogida será diariamente o en días alternos, preferiblemente en horario nocturno".

La inestabilidad en la recogida o la mala estrategia de la recogida, da lugar a la proliferación de los microvertederos en las zonas urbanas, o en las periféricas de ciudades y poblados, principalmente en las cabeceras provinciales.

La recogida y transporte de los RSU se establece de forma general en todo el país, estimándose que existe una cobertura de recolección a nivel nacional en zonas urbanas de 90%. La frecuencia de recolección teóricamente es seis veces por semana, pero la práctica y las investigaciones realizadas reflejan que es de tres veces por semana, aunque no siempre se comporte así.

Además de la recogida de los RSU, existen a nivel nacional actividades de saneamiento, en la recolección de los residuos de mayor volumen, tal es el caso de los enseres domésticos no apto para el uso y otros residuales.

La transportación de los residuos se realiza en diferentes tipos y formas de vehículos principalmente vehículos compactadores de carga trasera, camiones abiertos y carretas de tracción mecánica y animal, no cubriendo la demanda que hoy reclama los servicios de recogida de residuos sólidos en el país.

La transformación, procesamiento, transporte y disposición final incluye todos aquellos elementos desde el momento en que se comienza a tratar los desechos sólidos hasta la disposición final de los mismos.

Una opción viable para mejorar la situación global de los residuos sólidos es precisamente resolver o pretender resolver de una manera socialmente deseable el problema que los RSU representan para la salud humana y el ambiente.

**Los principales tratamientos aplicados a los RSU en Cuba son:**

#### **Alimentación de cerdos**

Durante varios años y de forma tradicional se ha venido utilizando la fracción orgánica contenida en los residuos sólidos urbanos para la alimentación de ganado porcino. Esta se realiza con residuos sin tratamiento previo.

#### **Uso de la lombricultura**

Este tipo de tratamiento se ha llevado a cabo a nivel piloto con algunas experiencias positivas en cuanto a los resultados. Se empezó a desarrollar en los últimos años y consiste de forma general en acelerar la descomposición de la materia orgánica contenida en los residuos por medio de lombrices del tipo "roja californiana" y "africana", en condiciones físicas aceptables de temperatura y humedad, obteniendo como producto

final un humus enriquecido, el cual puede sustituir parcialmente fertilizantes minerales en los cultivos de flores, viveros, áreas verdes y otros, así como garantizar una fertilización más racional y científicamente argumentada.

### ***Disposición Final***

Los vertederos existentes en Cuba dan tratamiento al 92.7% de los Residuos Sólidos que se vierten en los depósitos previsto para la actividad. Después que el residuo ha sido “tratado” este se encuentra listo para su disposición final. La forma y tipo del residuo determina en gran parte donde la disposición será permitida.

Los residuos sólidos comúnmente son depositados en:

- Micro vertederos (ilegales)
- Vertederos a Cielo abierto sin control
- Vertederos a Cielo abierto controlados
- Rellenos Controlados
- Rellenos Sanitarios Convencionales Mecanizados
- Rellenos Sanitarios manuales
- Depósitos de seguridad

La primera forma empleada para disponer los RSU fue la de vertederos o botaderos a cielo abierto. Este es el método que predomina en países subdesarrollados, producto de que los costos son muy bajos y no requiere planeamiento para su explotación. Este método consiste en el vertimiento directo de todos los residuos sobre el suelo, donde puede darse alguna reducción del volumen de las basuras mediante la quema de la porción combustible de los mismos.

La exposición de residuos a cielo abierto implica el contacto con determinados agentes transmisores de enfermedades.

Una de las líneas a seguir por la Estrategia Ambiental de los Servicios Comunes es la de “Concluir la construcción del 100% de los vertederos de Relleno Sanitario Manual”, en el país quedando pendiente 434 de un total de 1026 vertederos en total.(EAC. 2011 – 2015)

Los residuos sólidos son enterrados sin un debido tratamiento de los lixiviados y sin recolección de los gases emitidos por la descomposición de los residuos orgánicos.

Los vertederos a lo largo del país no presentan una situación favorable, pues debe entenderse que cuando la recogida se realiza en carros de caballos, la disposición final

no puede ser muy lejana de las localidades y ahí comienzan los problemas higiénico-sanitarios. Entre las dificultades más acuciantes sobresalen:

- Tecnología inapropiada para la recolección y el manejo de los Residuos Sólidos Urbanos.
- Insuficiente cantidad de colectores donde depositar la basura.
- La inexistencia de selección primaria por parte del consumidor, ni la infraestructura necesaria para ello, y la falta de educación de la población.
- Falta de financiamiento para el cambio de las tecnologías de recogida y disposición final.
- Falta de tecnologías de punta para la selección y separación de los RSU y bajo aprovechamiento de las potencialidades económicas de los RSU.

Los residuos sólidos hospitalarios constituyen una fuerte problemática, pues en muchos casos se incorporan a los vertederos sin haber sido seleccionados previamente, y sin tomar en todos los casos las medidas higiénico - sanitarias correspondientes.

### **1.12 Marco Legislativo vigente en Cuba**

Existe un grupo de legislaciones, fundamentalmente del Ministerio de Salud Pública, relacionadas con la higiene y el ornato, y sus contravenciones. Existen igualmente Resoluciones de ese Ministerio y del de Economía y Planificación, normando aspectos relacionados con el manejo de los residuos Sólidos Urbanos. El CITMA cuenta en la Ley 81 del Medio Ambiente con Capítulos dirigidos al Manejo de los Desechos Peligrosos y Productos Químico - Tóxicos, así como un Título dirigido hacia los Servicios Públicos Esenciales donde se aborda la recogida de los desechos sólidos y su disposición final en vertederos; y existe una Resolución Ministerial a tono con el cumplimiento del Convenio de Basilea y el manejo y disposición final de los desechos peligrosos.

Existen 3 Normas Cubanas (NC 133:2002, NC 134:2002, NC 135:2002) relacionadas con el almacenamiento, recolección, transportación, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos; requisitos higiénicos sanitarios y ambientales. Además la NC 530:2007 relacionada con el manejo de los residuos sólidos de las instituciones de salud y los requisitos higiénico - sanitarios y ambientales.

La Constitución de la República de Cuba del 24.02.1976 y su modificación del 10.10.1992 postula en el artículo 27 tanto la misión del estado de proteger el medio

ambiente como el deber de los ciudadanos contribuir a la protección. Adicionalmente, reconoce el concepto de desarrollo sostenible “para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras”.

La Estrategia Ambiental Nacional (1997) es la expresión de la política ambiental cubana, en la cual se plasman sus proyecciones y directrices principales. Dos de los cinco principales problemas ambientales se relacionan con los Residuos Sólidos:

- Deterioro del saneamiento y las condiciones ambientales en asentamientos humanos.
- Contaminación de las aguas terrestres y marinas.

En el (ANEXO II) se resume la legislación cubana vigente sobre residuos sólidos

### **1.13 Análisis del Ciclo de Vida (ACV)**

Es un método internacionalmente estandarizado, basado en la norma ISO 14040 (1997). Está considerado como la mejor herramienta de manejo que pueda ser usada para obtener un justo entendimiento y una cuantificación objetiva de todos los impactos ambientales relacionados con distintos escenarios de manejo de residuos, ya que tiene en cuenta, desde la fuente de extracción, hasta el último tratamiento que ese bien o servicio ha sufrido. *Powell, M.D.B.J.C., Alternativr Scenarios to meet the demand of sustainable waste management. Journal of Enviromental Management. , 2004.*

De acuerdo con la metodología propuesta por la normativa ISO 14040 [53], un proyecto de ACV puede dividirse en cuatro fases:

- Definición de objetivos y alcance del estudio
- Análisis del inventario del ciclo de vida
- Evaluación del impacto del ciclo de vida
- Interpretación del ciclo de vida.

### **Antecedentes de aplicación del ACV en la gestión de residuos.**

El ACV ha sido usado para comparar opciones específicas de gestión de residuos, así Kirkpatricken 1992; Denisonen 1996 y Finnveden and Ekvál en 1998), lo han usado para evaluar sistemas completos de manejo al igual que Wilson en 1997 y Thurgood en 1998). Dentro de los trabajos más actuales destacan el de Arena *et al.* (2003), Mendeset *al.* (2003 y 2004, Finnvedenet *al.* (2004) ,Beigl y Salhofer (2004), Erikssonet

*al.* (2005), Lundie y Peters (2005), den Boer (Szpadt), *et al.* (2005) y Bovea y Powell (2006). A continuación se describen ejemplos relevantes.

Arena *et al.* (2003), realizan un estudio que se enfoca a la evaluación del comportamiento ambiental de diferentes opciones de gestión de residuos que pueden ser usadas en el área de Regione Campania, al sur de Italia. Evalúan tres escenarios para la gestión de los residuos: 1) uso del vertedero como única opción, 2) incineración como única opción y 3) el sistema propuesto para la región, que consiste en la separación, el tratamiento biológico para estabilizar la fracción fermentable, incineración y vertedero. Concluyen que la peor opción en términos ambientales es el vertedero y validan el sistema de gestión propuesto para la región como la mejor alternativa. Sugieren que se recupere el vidrio y el aluminio, así como también bajar los límites de emisión de contaminantes para las incineradoras.

Beigl y Salhofer (2004) comparan los efectos ambientales de tres diferentes opciones de manejo de residuos para un conjunto de comunidades rurales de la provincia de Salzburg en Austria. Analizan tres escenarios: 1) reciclaje con recolección en un centro de acopio, 2) reciclaje con recogida domiciliaria y 3) sin reciclaje con recogida domiciliaria; concluyen que el reciclaje con recogida selectiva domiciliaria representa la mejor opción en términos ambientales. El ACV es una técnica iterativa que permite ir incrementando el nivel de detalle en sucesivas iteraciones.

A continuación se describe brevemente cada una de las etapas con que consta el ACV.

### **Definición del Objetivo y Alcance del ACV.**

En la definición del objetivo del ACV, de acuerdo a la norma ISO 14040 (1999) se incluyen las *razones/motivos* para llevar a cabo el estudio y *tipo de información* que se espera obtener.

El alcance del ACV consiste en la definición de la amplitud, profundidad y detalle del estudio. De acuerdo a la norma ISO 14040 (1999), el alcance debe considerar y describir los siguientes puntos:

- Funciones del sistema en estudio.
- Selección de la unidad funcional, debe estar claramente definida, ser medible y representativa de todas las entradas y salidas.

- Descripción del sistema en estudio.
- Establecimiento de los límites del sistema, determinando lo que entra dentro del sistema en estudio y lo que se queda fuera.
- Hipótesis y limitaciones.
- Requisitos de calidad de los datos.

### **Análisis de Inventario de Ciclo de Vida.**

El análisis del inventario (ICV) (ISO 14041, 1999) se basa en los principios del análisis de sistemas. El resultado o producto de un sistema puede considerarse también como un servicio. Puede decirse que el interés en aplicar la evaluación del ciclo de vida para prevenir la contaminación, es permitir la selección de las operaciones relacionadas con un sistema cuya producción se realiza de la manera más eficaz al tomar en cuenta el ciclo de vida en su totalidad.

### **Evaluación del impacto del ciclo de vida.**

- La Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV) (ISO 14042, 1999), va dirigida a evaluar la importancia de los potenciales impactos ambientales utilizando los resultados del análisis de inventario.

Esta fase hace corresponder cada parámetro obtenido en el Análisis de Inventario, con el potencial impacto ambiental a que da lugar. En esencia, la Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida consiste en el desarrollo de las siguientes acciones:

- Elaboración de un inventario de categorías de impacto a que pueden dar lugar las diversas cargas ambientales generadas por el sistema del producto (efecto invernadero, acidificación, eutrofización, agotamiento de recursos, etc.).
- Selección, para el sistema en estudio y en función de los resultados del inventario, de las categorías de impacto, que hay que considerar.
- Asignación de los resultados del inventario a las categorías de impacto a las que contribuyen, teniendo en cuenta que algunos de ellos pueden producir más de un impacto.
- Cálculo de las contribuciones individuales de cada parámetro del inventario a un determinado impacto, calculándose posteriormente las contribuciones totales al mismo.
- Establecimiento de un orden de importancia entre los impactos considerados.

La EICV consta de tres elementos obligatorios: selección de categorías, clasificación y caracterización.

### **Selección de categorías**

Las categorías de impactos que generalmente se consideran son: recursos abióticos y bióticos, usos del suelo, calentamiento global, agotamiento de la capa de ozono, impactos eco toxicológicos, impactos toxicológicos sobre humanos, acidificación, eutroficación, etc.

### **Clasificación**

Se deben especificar los problemas ambientales que se incluirán dentro del estudio. Se identifican los impactos a considerar en el ACV, los cuales se agrupan en: consumo de recursos, usos del suelo, ruidos y olores, efectos a la salud en el lugar de trabajo, generación de residuos, conservación de recursos naturales y diversidad de especies.

Las categorías de impacto también pueden clasificarse en función del tipo de impacto que origina cada una, distinguiéndose en dos grupos:

- **Efectos globales:** aquellos cuyo impacto es independiente de la localización geográfica en la que se extraen los recursos o en la que tienen lugar las emisiones (consumo de energía, calentamiento global, y efecto sobre la capa de ozono, etc.).
- **Efectos de alcance regional o local:** aquellos cuyos impactos sólo afectan a un área geográfica localizada (acidificación, oxidación fotoquímica, eutrofización de las aguas, etc.).

### **Evaluación de mejoras o Interpretación.**

Consiste en la evaluación sistemática de las necesidades y oportunidades para reducir las cargas ambientales asociadas con el consumo de energía, de materias primas y el impacto ambiental de las emisiones que tienen lugar durante el Ciclo de Vida de un producto, proceso o actividad.

En esta etapa se **combinan los resultados** de las dos etapas anteriores (Análisis de Inventario y Evaluación de Impacto), con la finalidad de extraer, de acuerdo a los objetivos y alcance del estudio, conclusiones y recomendaciones que permitan la toma de decisiones futuras.

Esta etapa puede incluir propuestas cualitativas y cuantitativas de mejoras, como cambios en el producto, en el proceso, en el diseño, sustitución de materias primas, gestión de residuos, etc. De igual forma, puede ir asociada con las herramientas de prevención de la contaminación industrial, tales como; minimización de residuos, o rediseño de productos.

Las técnicas más utilizadas en la etapa de interpretación sobre el Análisis de Contribución, Análisis de Sensibilidad y el Análisis de Incertidumbre.

### **Conclusiones parciales**

Como resultado del análisis realizado en este capítulo se arribó a las conclusiones siguientes:

1. La generación creciente de desechos sólidos es uno de los grandes problemas ambientales que enfrenta la humanidad, para lo que es necesario buscarle solución tanto en los países desarrollados como los subdesarrollados, constándose la existen de diferentes sistemas de gestión para los residuos sólidos, deben contemplar la minimización de la generación, la clasificación en el origen, reciclaje y tratamiento.
2. La necesidad de tener un procedimiento para el manejo de los RSU en una ciudad se justifica en el orden metodológico, pues está dirigido a mitigar el impacto económico, social y ambiental del mal manejo de los mismos a través de la eliminación de focos contaminantes, mejora en la salud humana y la calidad de vida en general, así como un mejor aprovechamiento de los recursos, ahorro de combustible y tiempo.
3. En los países desarrollados el índice de generación del papel, cartón y el vidrio es alto, mientras que en los países en vías de desarrollo la tendencia de generación alta es en la materia orgánica.
4. En el mundo desarrollado la clasificación de los residuos sólidos se realiza desde el origen y el tratamiento más difundido en la actualidad es la incineración y el relleno sanitario, aunque se están llevando a cabo estudios para la gasificación de los residuos con aprovechamiento energético, mientras que en los países en vías de desarrollo el tratamiento utilizado es la disposición final en vertederos a cielo abierto.
5. En Cuba a pesar de que existen normas y leyes que rigen el manejo de los RSU, no se han tratado con fuerza sistemas de gestión que involucren tratamientos biológicos

(plantas biogás, compostaje) y térmicos (incineración, gasificación), siendo este un aspecto de vital importancia ya que los residuos representan una fuente de energía renovable. El uso de adecuados rellenos sanitarios para la disposición controlada de estos residuos, contribuyendo así a disminuir las cargas contaminantes al ecosistema.

6. En la actualidad el ACV se puede considerar una útil herramienta en la Gestión Integral de Residuos Sólidos ya que permite comparar opciones específicas de gestión de residuos y además evaluar sistemas completos de manejo dando la posibilidad de definir estrategias y alternativas de acuerdo a las condiciones específicas del lugar que se trate y para el mejoramiento del medio ambiente.
7. El uso de adecuados rellenos sanitarios para la disposición controlada de estos residuos, contribuyendo así a disminuir las cargas contaminantes al ecosistema.
8. En la actualidad el ACV se puede considerar una útil herramienta en la Gestión Integral de Residuos Sólidos ya que permite comparar opciones específicas de gestión de residuos y además evaluar sistemas completos de manejo dando la posibilidad de definir estrategias y alternativas de acuerdo a las condiciones específicas del lugar que se trate y para el mejoramiento del medio ambiente.

## **CAPITULO II. DIAGNOSTICO ACTUAL DEL SISTEMA DE GESTION INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA CIUDAD DE SAGUA LA GRANDE.**

### **2.1 Caracterización Económico-Geográfica de la Ciudad de Sagua la Grande.**

El municipio Sagua la Grande cuenta con una superficie total de 94464,73 ha (944,6473 km<sup>2</sup>), de ellas 27969,22 ha (279,6922 km<sup>2</sup>) en cayos y 66495,51 (664,9551 km<sup>2</sup>) en tierra firme, siendo el cuarto municipio en extensión territorial de la provincia Villa Clara (Según datos de la Oficina de Planificación física municipal).

Se encuentra ubicado en la costa norte de la provincia, limitado al norte por el Canal Viejo de Bahamas, al sur por los municipios de Cifuentes y Santo Domingo, al este por el municipio de Encrucijada, y al oeste por el municipio Quemado de Güines. La ciudad, como cabecera municipal, cuenta con otros asentamientos poblacionales como Sitiecito, La Rosita, Viana e Isabela de Sagua, lugar este último donde se encuentra enclavado el puerto del mismo nombre.

La ciudad se encuentra dividida por el Río Sagua La Grande, el de mayor extensión, 163 Km, que desemboca en la costa norte de Cuba, es navegable desde la ciudad hasta la desembocadura, a su cuenca tributan 7 municipios de la provincia y está muy antropizada, sus aguas están contaminadas por residuos industriales, albañales y sólidos que son vertidos en sus márgenes indiscriminadamente.

La extensión territorial es de 664.95 km<sup>2</sup>. La zona urbana abarca una extensión de 142.1 km<sup>2</sup>, y contiene al 36% de la población, la zona rural tiene una extensión de 409.5 km<sup>2</sup> y contiene al 16% de la población, el resto es zona urbano rural.

Con un total de 54 438 habitantes, el municipio se encuentra dividido en nueve consejos populares, de ellos cuatro urbanos, dos rurales y tres urbano – rurales, como se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 desglose de los habitantes por consejos popular en Sagua la Grande

	Hombres	Mujeres	Total	Ext.Terr. Km <sup>2</sup>
Total	27076	27362	54438	664.95
Urbano	24187	24697	48884	
Rural	2889	2665	5554	
Consejos Populares				
Villa Alegre			5879	1.31
Sitiecito			4137	90.26
Centro Victoria			12140	21.67
JumaguaCaguagua			3593	157.72
Coco Solo- Pueblo Nuevo			11214	35.54
San Juan – Finalet			6859	173.75
Isabela			3049	107.95
Viana – La Rosita			2776	75.81
Reparto 26 Julio			4791	0.94

Fuente: ONE municipal de Sagua la Grande

Las condiciones climáticas son las características de todo el país: clima tropical húmedo con estación seca en invierno; pero la influencia marino - costera en la parte baja, produce una diferenciación importante en la distribución y comportamiento de las condiciones del clima local. El régimen de insolación es muy abundante, generalmente por encima de las 5 horas luz como promedio mensual, y llega hasta 9.0 horas luz (casi el doble del valor mínimo) en sus máximos anuales al final del período poco lluvioso.(Fuente: Estación Meteorológica Sagua).

En la zona del vertedero se observa un abundante humedecimiento durante todo el período lluvioso, el que llega a ser excesivo en algunos meses del año.

La contaminación por residuos sólidos merece una especial atención debido al impacto negativo que éstos producen en el medio ambiente del municipio, así como la tendencia creciente de sus niveles de generación, en correspondencia con el crecimiento demográfico.

Sin discusión alguna, el sector urbano es el mayor contribuyente. En las siguientes tablas se muestran el comportamiento en los últimos años de este indicador según la Oficina Nacional de Estadística (ONE) municipal (2013) y se relacionan las características de los vertederos.

Tabla 2.2. Volumen de desechos sólidos

	UM	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Volumen de desechos sólidos	Mm <sup>3</sup>	114,8	120,0	119,5	141,7	143,1	125,7	70,0	80,0	81,6

Fuente: La ONE (2013).

Tabla 2.3. Situación de los vertederos al cierre de octubre de 2012

Vertederos	Cantidad
Oficiales	5
De período especial	5
Con microlocalización aprobada	0
Cercados	2
Con controladores	2
Con acondicionamiento periódico	2
Con actividad de buceo	1
Con presencia de animales	1

Fuente: (la Unidad Municipal de Higiene y Epidemiología ( UMHE) Sagua la Grande).

Después del año 2009, ha aumentado la proliferación de vertederos y microvertederos, un aspecto que parece escaparse de la gestión a la Empresa Municipal de Comunales. La existencia de basureros o vertederos generalizados en cualquier parte de la ciudad, ya sea en parques, solares, vías férreas, salidas del poblado, esteros, márgenes del río y en bocacalles que nacen en él, y en casi toda la periferia, denota una insuficiente cultura ambiental en sus pobladores, así como fallas en la política y la estrategia ambiental del municipio, lo cual ha tenido como efecto, fácilmente medible, la impunidad con que este acto irresponsable se comete.

Después del período especial el fenómeno reapareció con más fuerza que décadas antes hasta convertirse hoy en un problema medioambiental.



Figura 2.1 "microvertedero" situado en las márgenes del río Sagua.

## **2.2 Descripción del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en Ciudad Sagua La Grande.**

### **Deficiencias del sistema actual**

- La recolección y disposición de los desechos sólidos resulta aún insuficiente, debido a fuertes limitaciones con el parque automotor y disponibilidad de depósitos para la recolección de la basura, a lo que se añade una marcada indisciplina social y la falta de concientización de la población en general acerca de los impactos que sobre la salud humana tiene la acumulación indiscriminada de desechos y la consecuente proliferación de vectores.

- Existen además, deficiencias en el estado higiénico-sanitario de los vertederos y su protección adecuada y problemas en la operación de los rellenos sanitarios.

- La inadecuada recolección y disposición de los residuos hospitalarios que en muchas ocasiones se recolectan con la basura domiciliaria.

- La UMHE en su informe del cierre de octubre de 2012, declara la existencia de 10 microvertederos pendientes de eliminación, situación que dista mucho de la realidad.

El Departamento de Higiene de la Dirección Municipal de Servicios Comunes se encarga del barrido y recolección de la "basura" de las vías públicas mediante brigadas que atienden los diferentes distritos de la ciudad, así como de la disposición final de los residuos sólidos.

La cobertura de servicio es del 86 % con una frecuencia de recolección diaria para el casco central y en el resto de las zonas interdiaria. La totalidad de los residuos que se

almacenan y recolectan son llevados a vertederos donde son vertidos de manera mezclada.

El esquema utilizado está basado en el método simplificado: almacenamiento, recolección, transportación y disposición final bajo condiciones parcialmente controladas.

### **Almacenamiento**

En la ciudad no existen suficientes contenedores para la recepción de los desechos sólidos en las diferentes zonas, lo que se agrava en las zonas de edificios multifamiliares.

El almacenamiento de los residuos sólidos por parte de la población, comercios e instituciones educacionales se efectúa en condiciones inadecuadas, con el uso de diferentes depósitos que no cumplen con las normas establecidas para ello. Se utilizan además 5 instalaciones alternativas denominadas supiaderos, que son construcciones de bloques de 3,5 m<sup>3</sup>, y contenedores metálicos, para la recepción de los desechos, ubicados en diferentes puntos, fundamentalmente en las áreas de los edificios multifamiliares. Ellos solucionan un problema, pero a la vez introducen otros, por la acumulación de desechos con sus correspondientes malos olores y desarrollo de vectores. El acopio o almacenamiento se realiza sin segregación alguna, mezclando todos los residuales que se generan, sin el cumplimiento del horario prefijado para la recogida, siendo la situación más crítica en el Consejo Popular reparto 26 de Julio.

En las áreas urbanas se depositan, además, los escombros derivados de las construcciones y podas particulares creándose micro vertederos ilegales lo que se agudiza en los cauces del ríos y los esteros que atraviesan parte de la ciudad como transportadores de aguas albañales que tienen como destino final el río.

El mal manejo del almacenamiento y destino final de los residuos sólidos urbanos ha propiciado la aparición de “buzos”, que están íntimamente asociados con los actuales sistemas de manejo de basura, actúan en los tiraderos, en los depósitos y contenedores ubicados en la ciudad y en los vertederos, constituye una actividad ilegal y se realiza en condiciones de total insalubridad.

### **Recolección RSU.**

Para facilitar el servicio de recolección de RSU la ciudad se ha dividido en cinco zonas comunales, como se muestra en la Tabla 2.4. Para esto se tomó como criterio el número

de habitantes en cada una de ellas y la cantidad de RSU generados. La recolección se realiza con una frecuencia de tres veces a la semana, exceptuando la zona centro, y la zona hospitalaria, en las cuales se le presta el servicio diario.

Los vehículos utilizados para este servicio no poseen condiciones idóneas, no obstante, la recogida se realiza al 85% de la población urbana, los comercios, escuelas, entidades de salud y otras, pero sin segregación, pues no se cuenta con la infraestructura necesaria para ello.

En estas zonas comunales a través de los departamentos de higiene y áreas verdes se prestan los servicios de:

- Limpieza de vías y áreas públicas.
- Recogida y transportación de desechos sólido.
- Disposición final

Tabla 2.4: Zonas para el Servicio de Comunales en Sagua La Grande

Zonas Comunales	CONSEJOS POPULARES QUE ATIENDE
Zona 1	Centro Victoria
Zona 2	Villa Alegre y Reparto 26 de Julio
Zona 3	Coco solo – Pueblo
Zona 4	San Juan – Finalet

Fuente: Departamento de Higiene. Dirección Municipal de Servicios Comunales

### **Métodos de recolección empleados**

Los métodos de recolección de los RSU empleados son:

- Método de Esquina o de Parada Fija
- Método de Acera
- Método de Contenedores o supiaderos.

Todo el residual recolectado es dispuesto en el vertedero municipal, exceptuando el que se recoge en la zona comunal No. 4, transportado en carretones de tracción animal, es vertido en el vertedero de ese Consejo Popular, ubicado en un área más cercana al perímetro urbano y cuyo volumen de disposición diario asciende aproximadamente a 40m<sup>3</sup>

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de residuos sólidos urbanos generados por sectores que son dispuestos en el vertedero municipal.

Tabla 2.5: Generación de RSU por sectores

Productores de residuos	Distribución %	m <sup>3</sup> Diarios
Domiciliarios	91	230,61
Hospitalarios	0,9	2,38
Otros organismos(el Industrial)	7,9	20
Total	100,0	253,41

Fuente. Informe GEO de Planificación Física V.C

Cada Sector genera una amplia gama de residuos, los que por su composición y variedad pueden ser clasificados de acuerdo a la fuente que los genera, como se aprecia en el ANEXO IV. (según NC 133/ 2002).

### **Transportación.**

La transportación de los residuos se realiza mediante diferentes tipos y formas de vehículos que son principalmente, camiones abiertos y carretas de tracción mecánica y animal. A partir de 1990 se ha visto una disminución del parque automotor de transporte de residuos, y a su vez se ha incrementado el uso de la carreta con tracción animal, siendo este el único medio de transportación durante años, desde 2009 se ha ido incorporando algún medio de transporte mecánico y hoy se cuenta con 1camion, 2 carreta y más 15 carretones.

Todos los vehículos consumen combustible diesel (la cantidad mensual es aproximadamente 1200 Litros, en condiciones normales) y están destinados para la recogida de aproximadamente 190 m<sup>3</sup>diarios en el Consejos Centro Victoria y los micro vertederos y el barrido de las calles.

Son contratados aproximadamente 15 carretones con una capacidad de 1,19m<sup>3</sup> cada uno, los que realizan la recogida en el resto de los Consejos Populares, realizando doble recorrido.

Tabla 2.6: Tipos de Transportes utilizados en el servicio de Recolección.

Tipo de transporte	Cantidad de equipo	Viajes por día	Capacidad de carga(m <sup>3</sup> )	Total (m <sup>3</sup> )
Camión # 1	1	5	13	65
Carretas # 1	1	2	24	48

Carreta # 2	1	2	7	14
Carretones	15	3	1,19	53.55
Camión# 2	1	2	30	60

Fuente: Entidad de servicios comunales.

- El camión # 2, se contrata a la empresa TRANZMEC, del grupo Empresarial AZCUBA en los meses junio a diciembre.
- En los meses que el camión No.2 no está, las carretas o camión No.1 hacen más viajes.

### **Disposición Final.**

La disposición final de los residuos sólidos urbanos (RSU) en la ciudad de Sagua La Grande se realiza en 2 vertederos. De ellos uno convencional mecanizado conocido como “Vertedero Municipal” y uno manual que trata aproximadamente 25m<sup>3</sup> de residuos sólidos urbanos, diarios, recogidos en carretones, y una vez por semana el camión de recogida de microvertederos y zonas sin recogida por carretón lleva a este vertedero **aproximadamente 30 m3 de basura por lo que se incrementa el volumen a tratar en dicho vertedero, destinado a desaparecer a medida que se vaya recuperando la situación del transporte automotor de la recogida de los desechos sólidos en el municipio.**

### **2.3 Manejo de los Residuos Hospitalarios**

En Sagua La Grande existen 7 áreas de salud con un policlínico de Nuevo Tipo, 1 hospital, 2 clínicas estomatológicas y un banco de sangre. La forma del manejo de sus residuales sólidos ha sido tan variable como el tamaño y las características de las diferentes unidades. Los residuos sólidos peligrosos, (tratados o no) son llevados a un supiadero dentro de la misma entidad, mezclándose con los no peligrosos, para ser llevados luego al vertedero, en el caso del hospital, en el resto de las instituciones son recogidos en diferentes envases. Normalmente los materiales de curaciones de salas de guardia, enfermerías y otros van mezclados con los desechos comunes sin tratamiento previo. De forma general, existe un mal manejo de los Residuos Sólidos Hospitalarios, no se aplica la normativa legal vigente en Cuba (NC 530: 2007) donde se determinan las especificaciones para el manejo efectivo de los desechos hospitalarios.

## 2.4 Caracterización del Vertedero Municipal.

El Vertedero Municipal se encuentra ubicado en las coordenadas 220.481709" de latitud Norte y 80:05 320 de longitud oeste, a 1 km aproximadamente del límite urbano más cercano, su acceso principal es la carretera a Quemado de Güines con un recorrido aproximado de 2 km y la distancia media a las zonas comunales es de 1,5 km.

La región en que se asienta el vertedero se caracteriza por un clima de carácter cálido condicionado por la recepción de altos valores de radiación solar durante todo el año con 7.33 horas luz como promedio. Las temperaturas son generalmente altas, los valores medios anuales van desde los 20.85°C hasta 33°C y más. El elemento que más varía son las precipitaciones. En la mayor parte del territorio se reconocen 2 temporadas fundamentales: lluviosa (de mayo a octubre) y poco lluviosa (de noviembre a abril). El mes más lluvioso es junio y el más seco es diciembre. La humedad relativa media es alta, con promedios cercanos al 80%. Los máximos diarios, generalmente superiores al 90%, ocurren a la salida del sol, mientras que los mínimos descienden, al mediodía, hasta 50 % y 60 %.

En la Tabla 2.7, que aparece a continuación, se muestran algunos datos de interés de la entidad.

Tabla 2.7: Datos del Vertedero Municipal. Sagua La Grande.

Área del vertedero	15 ha
Población total Ciudad de Sagua La Grande	36092hab
Población con servicio recogida RS	31350hab.
Residual que trata el vertedero	213,41 m <sup>3</sup>
Años de explotación del vertedero	18Años
Cantidad de Residuos depositados hasta la fecha (según datos estadísticos de la fuente)	1290703.6m <sup>3</sup>

Fuente: Servicios Comunales.

## 2.5 Condiciones Sanitarias del Vertedero.

Es del tipo relleno sanitario convencional mecanizado, con tratamiento diario, aunque la baja disponibilidad de equipamiento propio y el déficit de combustible hacen que se incumpla este ciclo, alargándose a períodos de una semana o más, permaneciendo los residuos dispuestos a cielo abierto todo este tiempo, trayendo consigo la aparición de

moscas, vectores, malos olores, así como la presencia de los llamados buzos, que son personas ajenas a esta actividad, las cuales se dedican a su recolección de manera ilegal, para luego venderlos en las casas de cambio creadas por Materia Prima con el fin de reciclarlos o recuperarlos y comida para animales. En muchas ocasiones se usa un equipo; buldózer u otro y se mezcla la basura con tierra formando montañas de basura. No se recuperan los lixiviados y no se capta el biogás.

Con frecuencia se producen incendios accidentales provocando la combustión de la basura depositada, en su mayoría plásticos, textiles, papeles, etc., y tanto los gases como el humo emitidos pueden afectar a las poblaciones aledañas, en muchas ocasiones interfieren en las mediciones de la estación Meteorológica con ubicación cercana. Estos incendios en muchas ocasiones son intencionales por los propios trabajadores del vertedero.

## 2.6 Costos del sistema actual de recogida de RSU.

Tabla 2.8: Resumen de Costos del Sistema de Gestión Actual de la Ciudad de Sagua La Grande.

Indicadores económicos	Recogida de desechos sólidos (\$)	Disposición final de la basura (\$)
Combustible	22958,10	2977,92
Materias primas y materiales	47435,71	891,75
Mano de obra	621326,17	77706,14
Mantenimiento y reparación	253,73	242,19
Suministros	2248,73	--
Depreciación	721,12	530,92
Seguros	.---	----
Impuestos	-----	---
Servicios contratados	136312,12	--
<b>Total</b>	<b>831255,68</b>	<b>82348,92</b>
<b>Total General</b>	<b>913604,60</b>	

Fuente: Dirección Municipal de Comunes Villa Clara. Dpto. Economía y Contabilidad

- Combustible:(Diesel)
- Mano de obra:(correspondiente a 79 trabajadores que incluye recogida y disposición final)
- Mantenimiento y reparación: (reparación de vehículos, maquinarias y equipos)
- Suministros:(Alimentos, lubricantes, papel, artículos de limpieza, aseo personal, útiles, herramientas, otros)

- Seguros:(Seguridad social, contribución a la Seguridad social)
- Impuestos:(Por utilización de fuerza de trabajo de unidades presupuestadas y transporte terrestre)
- Servicios contratados:(Camiones, carretones y personal para recogida y disposición final)

Además existe una cantidad indefinida de basura que no es recolectada de forma adecuada por la población y en ocasiones por algunos establecimientos que no se recogen, sino que se depositan en patios, microvertederos u otros lugares inadecuados, que a criterio del autor, estima debe ser como mínimo 50 m<sup>3</sup>/día, aproximadamente por la concentración de población cercanos a los micro vertederos que aparecen en diferentes puntos de la ciudad y cercanos al Río.

La cantidad de RS generado en la ciudad debe ser aproximadamente entre 20- 25 T por día, aunque solo se esté recogiendo aproximadamente 19T.

## 2.7 Clasificación de los RSU de la ciudad de Sagua la Grande

Según estudio realizado en el año 2011 por el autor en el vertedero municipal, sobre la cantidad y tipo de residuo sólido generado, con una frecuencia de 3 veces a la semana durante 3 meses, se logró la clasificación de los residuos generados y se calculó la densidad de la basura y el índice de generación poblacional, para esto se empleó el método de cuarteo. Estos datos fueron utilizados como base para la realización de la investigación, permitiendo su extrapolación a la ciudad de Sagua la Grande con un total de 31351 habitantes con servicio de recogida de RSU. La cantidad y composición de los residuos generados en la población servida, la cual representa el 86 % del total de habitantes aparece en la tabla que se muestra a continuación en la cual se registran los residuos sólidos generados en un día en la Ciudad de Sagua la Grande.

Tabla2.9: Composición y Cantidad de los residuos generados.

COMPONENTES	Ciudad con Servicio	Residuo recolectados
	recogida (31 351hab.)	Por tipo.
	kg / día	%
Papel y Cartón	1 708,30	7.30
Aluminio	751.11	4.54
Hierro	516,51	1.89

Textil	718,62	6.12
Plástico	2 480,0	6.16
Vidrio y cerámicas	1 763,47	10.65
Nylon	263.28	0,99
Materia orgánica (rápida descomposición)	4657.56	22.1
Materia orgánica (lenta descomposición)	11 849.40	52.09
<b>TOTAL</b>	<b>22 226,185</b>	<b>100</b>

**Fuente. El autor.**

Índice de generación

(IG= Cant RSU/ Cant de habitantes= 0.71kg/hab/día)

Volumen

(V)= 253.41m<sup>3</sup>

Densidad RSU

(ρ)= 87,71kg/ m<sup>3</sup>

m: será igual a 22 226,185 Kg. Aproximadamente 23 T por día.

En la figura 2.2 se presentan los valores medios de los volúmenes de residuos sólidos recolectados en cada uno de los meses del año 2012. Los valores por meses son muy similares a la media calculada para el año, que fue de 265 m<sup>3</sup>. Se destaca el mes de mayo, con una media de 301,79 m<sup>3</sup>, notablemente superior al resto de los meses. Este mes coincide también con el de mayor desviación estándar de la media. (ANEXO XIII)

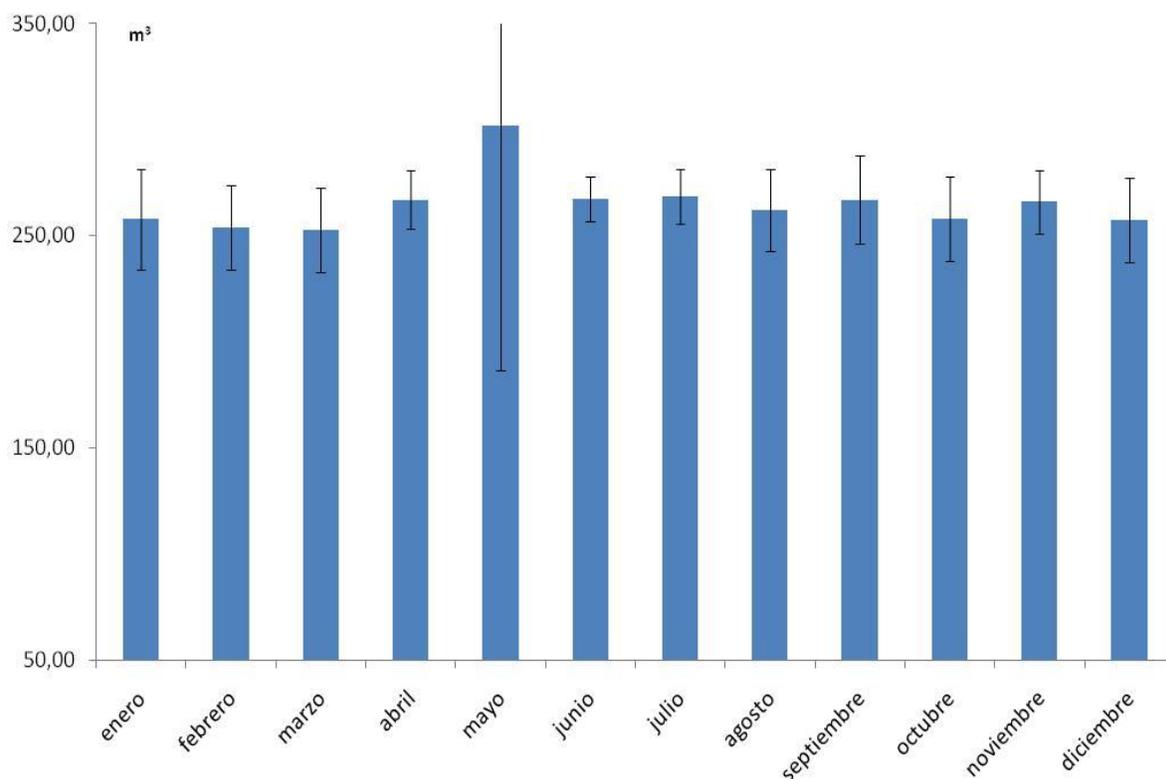


Figura 2.2. Valores medios de volumen de residuales sólidos recolectados en 2012.

El análisis de los valores medios de volumen de residuos sólidos recolectados según cada día de la semana (figura 2.3) revela una alta homogeneidad entre ellos. Se esperaban valores superiores recolectados para el día lunes, teniendo en cuenta que los domingos no trabaja el servicio de recolección. Esto no se evidencia en el análisis, lo que presupone una gestión personal de los habitantes de la ciudad que podría ser causa de proliferación de microvertederos. En este análisis se destaca que precisamente el lunes es el día que presenta mayor desviación estándar de la media, resultado que puede observarse como un elemento a favor de la suposición anterior.(ANEXO XIV)

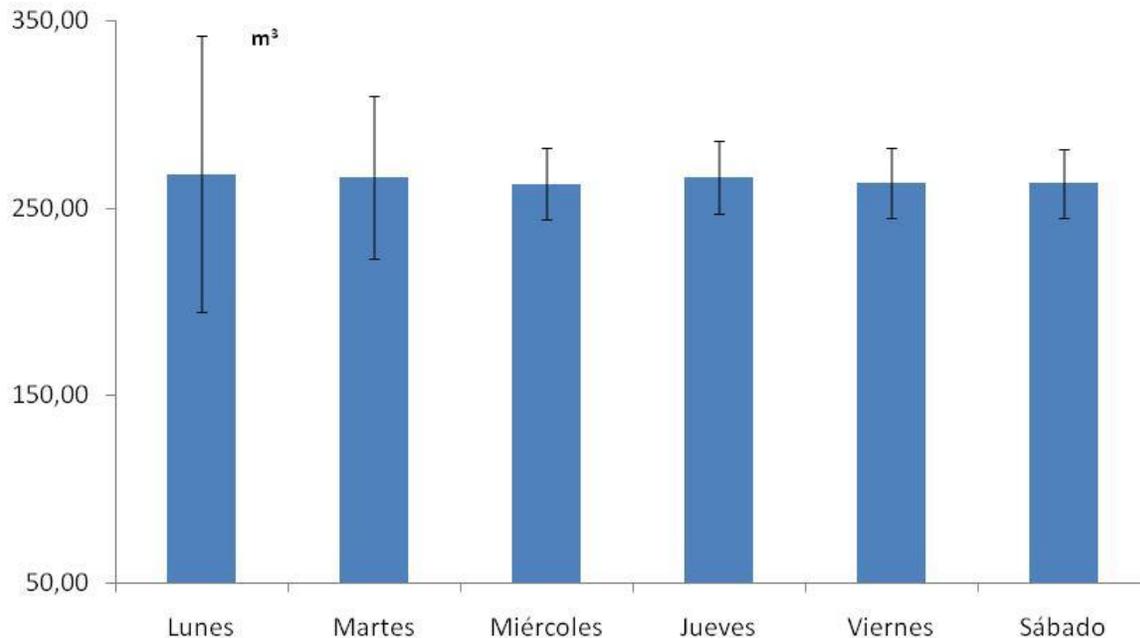


Figura 2.3 Valores medios de volumen de residuales sólidos por días de la semana recolectados en 2012.

## 2.8 Análisis de Ciclo de Vida al Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en la ciudad de Sagua La Grande.

### Definición de objetivos y alcance

#### Objetivos.

El objetivo de este análisis de ciclo de vida es evaluar los impactos ambientales asociadas a la Gestión de Residuos Sólidos en la ciudad de Sagua La Grande, la cual responde a las necesidades de disponer de una herramienta en la toma de decisiones para proponer mejoras con vistas a minimizar los efectos negativos al medio ambiente y a la salud humana.

#### Alcance.

Límite espacial: Este trabajo se limita a la ciudad de Sagua La Grande, con una extensión superficial de 142,1 km<sup>2</sup>, y una población de 36 092 hab., de la cual se mantiene con servicio de recogida 31 350 habitantes, lo que representa el 86 % .Presenta una tasa de generación de residuos sólidos de 0,71 kg/hab/día. (Datos estadísticos Servicios Comunes de Sagua La Grand).

#### Límite temporal:

Se considera como escenario base la gestión actual de los residuos en la ciudad de Sagua La Grande, se sustenta en el Informe Anual de Gestión de Residuos 2012, de la

Dirección Municipal de Servicios Comunes que constituye la serie de datos más recientes.

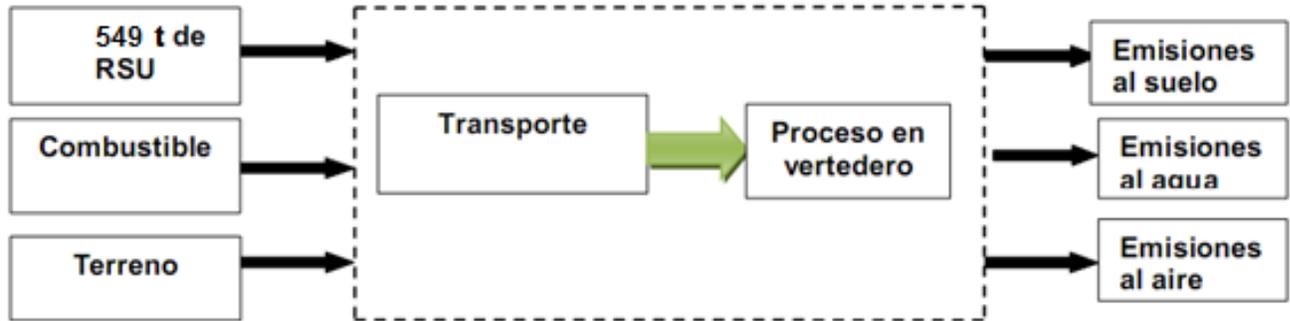


Figura 2.4.Límites del sistema.

### **Limite por tipo de Residuos**

En este estudio se consideran los residuos sólidos urbanos de forma general ya que en este sistema de gestión no se realiza recogida selectiva. Las fuentes principales de estos son: domiciliaria, industrial, institucional (escuelas, hospitales, centros gubernamentales) y consisten fundamentalmente en papel, cartón, plásticos, madera, textiles, residuos de comida, vidrio, metales, residuos peligrosos y otros como residuos de podas, hojas de árboles, etc.

### **Marco de tiempo considerado**

Cuando se habla de gestión de residuos, el marco de tiempo es un punto que adquiere especial relevancia ya que los vertederos son un sistema que genera impactos durante muchos años y no ha habido acuerdo en cuanto a los límites temporales más adecuados para vertederos en estudios de ACV. En este trabajo se considera el tiempo en explotación del vertedero que es de 18 años.

### **Unidad Funcional**

La unidad funcional es la cantidad de RSU generados en Sagua La Grande en el año 2012 la cual equivale a 540 t/mes.

Tabla 2.10. Caracterización del vertedero

Área del vertedero	15 ha.
Población total Ciudad de Sagua La Grande	36 092 hab.
Población con servicio recogida RS	31 350 hab.
Residual que trata el vertedero	253 m <sup>3</sup> /día
Años de explotación del vertedero	18 años
Índice de generación de RSU	0,59 kg/hab/día.
Cantidad de Residuos depositados hasta la fecha (según datos estadísticos de la fuente)	1 290 703.6 m <sup>3</sup>

### **Tipo de impacto a evaluar metodología e interpretación.**

Para desarrollar la metodología del ACV se utilizará el programa Simapro 7.1 empleando el método del Eco-indicador 99 que tiene en cuenta 11 categorías de impacto y tres categorías de daños; para de esta forma demostrar cuales son las etapas de mayor impacto ambiental durante todo el ciclo de vida y proponer mejoras.

### **Análisis de inventario.**

En el análisis de inventario del ciclo de vida (ICV), se cuantifican los consumos de materias primas y energía junto con los residuos sólidos, emisiones a la atmósfera y vertidos al agua derivados de todos los procesos que están dentro de los límites del sistema, en relación con la unidad funcional seleccionada. El nivel de detalle que se alcanza en el inventario depende de la disponibilidad de los datos y el nivel de complejidad con que se obtengan, pudiéndose aplicar una aproximación o simplificación de los mismos en los casos que sea necesario.

En el sistema de gestión actual se recogen 18 toneladas diarias de residuos de forma no selectiva y se disponen de forma mezclada en el sitio de disposición final, es decir, en el vertedero municipal, donde termina este proceso. La composición y cantidad se observan en la tabla 2.11.

Tabla 2.11. Composición de los RSU en Sagua

No.	COMPONENTES	Ciudad con Servicio recogida (31 350 hab.)	Residuos recolectados Sagua La Grande Por tipo.
		t / mes	%
1	Papel y Cartón	38	7,0
2	Aluminio	21,6	4,0
4	Hierro	11	2,0
5	Textil	33,4	6,0
6	Plástico	32,4	6,0
7	Vidrio	54	10,0
9	Mat.Orgánico	340	68,0
TOTAL		498,0324	

La forma más directa de estimar el consumo de combustible consiste en multiplicar la distancia recorrida por el consumo promedio de los vehículos utilizados, en este inventario se cuenta con datos sobre la distancia recorrida mientras se realiza la recolección de los residuos, siendo el promedio de esta de 4 km y la cantidad total diaria de diesel es de 30 L.

### Vertedero

Para generar el inventario del proceso de vertedero se tomaron en cuenta todos los residuos vertidos, así como la composición que presenta el biogás fugado en estos sitios. En la tabla 2.12.aparece la composición del biogás producido en vertederos, según programa de la EPA.

Tabla 2.12. Composición del Biogás producido en vertederos.

Gas / Pollutant	(Mg/year)	(m3/year)
Total landfill gas	690,1	552600
Methane	184,3E	276300
Carbondioxide	505,7	276300
NMOC	7,923	2210
2-Propanol (isopropyl alcohol) – VOC	0,06908	27,63
Benzene - Co-disposal - HAP/VOC	0,01975	6,078
Bromodichloromethane– VOC	0,01167	1,713
Carbonmonoxide	0,09013	77,36
Dichlorodifluoromethane	0,04446	8,841
Dichloromethane (methylenechloride) – HAP	0,02733	7,736
Dimethyl sulfide (methyl sulfide) – VOC	0,01114	4,310
Ethane	0,6151	491,8
Ethanol – VOC	0,02860	14,92

Ethylbenzene - HAP/VOC	0,01122	2,542
Hexane - HAP/VOC	0,01307	3,647
Hydrogensulfide	0,02820	19,89
Methyl ethyl ketone - HAP/VOC	0,01177	3,923
Perchloroethylene (tetrachloroethylene) – HAP	0,01410	2,045
Propane – VOC	0,01115	6,078
Toluene - No or Unknown Co-disposal - HAP/VOC	0,08258	21,55
Toluene - Co-disposal - HAP/VOC	0,3600	93,94
Vinyl chloride - HAP/VOC	0,01049	4,034
Xylenes - HAP/VOC	0,02928	6,631

## Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV)

### Análisis de la red del proceso.

Se utiliza el software Simapro 7.1 empleando el método del Eco-indicador 99 para realizar la evaluación del impacto ambiental del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (SGRSU) en la ciudad Sagua la Grande, se tiene en cuenta todo el ciclo de vida del proceso y los límites anteriormente expuestos en el epígrafe 2.1.

### Descripción de los escenarios propuestos

Para lograr el objetivo propuesto se analiza el Sistema de Gestión actual y se establece un escenario alternativo A1, el cual pretenden mostrar el comportamiento ambiental de los sistemas de gestión de residuos con tratamiento biológico y reciclaje.

A continuación se describe el escenario propuesto y los inventarios primarios asociados con el escenario.

### Escenario A1

En esta alternativa se propone un sistema de recogida selectiva que incluye el reciclaje de inorgánicos, específicamente de papel y cartón, aluminio, cobre, hierro, plásticos y vidrio; al mismo tiempo, lograr la disminución del vertido en el vertedero.

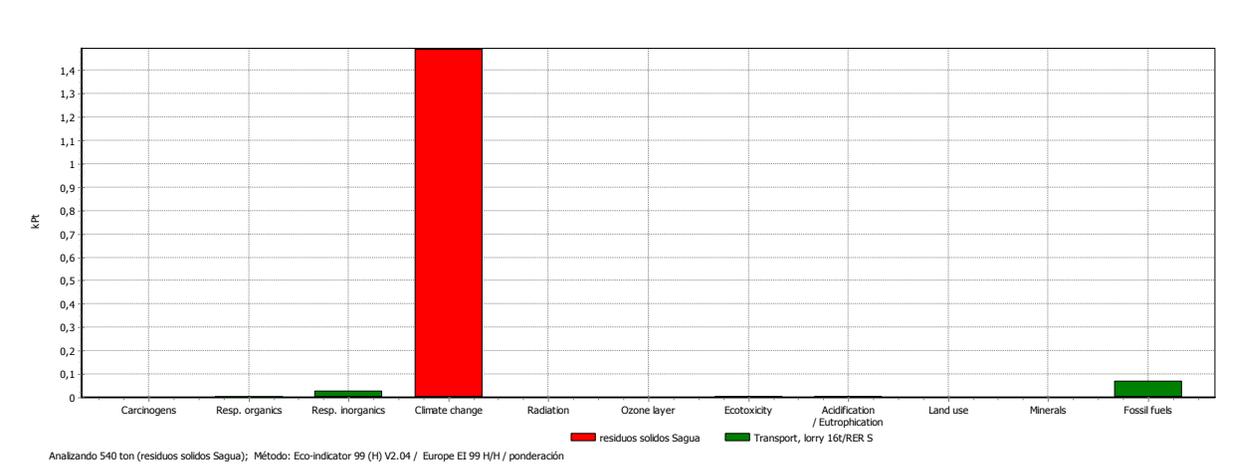
Tabla 2.13. Reciclaje que se propone para la alternativa propuesta.

Escenario	A1
<b>Recuperación de papel y cartón (t/mes)</b>	38
<b>Recuperación de Aluminio (t/mes)</b>	21.6
<b>Recuperación de Hierro (t/mes)</b>	11
Reciclado de Textil (t/mes)	33.4
<b>Recuperación de Plástico (t/mes)</b>	32.4
Reciclado de Vidrio (t/mes)	54
Mat. Orgánico para biogás (t/mes Kg)	<b>250</b>

## Caracterización y valoración.

### Caracterización y valoración del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos. Ciudad Sagua La Grande

En la figura 2.5 se puede apreciar la contribución del sistema de recolección y tratamiento en el vertedero de la ciudad de Sagua La Grande.



**Figura 2.5 Análisis de ponderación del vertido diario de RSU en el vertedero municipal de ciudad Sagua La grande por categorías de impacto.**

Como se aprecia, la disposición actual de los RSU en el sitio de disposición final tiene valores significativos en la categoría de cambio climático, combustibles fósiles y respiratorios de inorgánicos.

En la tabla 2.14 se puede observar la contribución expresada en puntos del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos actual a las 11 categorías de impacto del Eco-indicador 99.

Tabla 2.14: contribución del SGRSU a las categorías de impacto.

Categoría de impacto	Unidad	Total	residuos sólidos Sagua	Transport, lorry 16t/RER S
Total	Pt	1603.7194	1493.796	109.92
Carcinogens	Pt	0.78094223	0	0.78
Resp. organics	Pt	4.232522	4.1565621	0.075
Resp. inorganics	Pt	25.559479	0	25.55
Climatechange	Pt	1493.7097	1489.6393	4.0704094
Radiation	Pt	0.040739	0	0.040739
Ozone layer	Pt	0.00271572	0	0.00271572

Ecotoxicity	Pt	2.603451	0.0001273	2.6033237
Acidification/ Eutrophication	Pt	3.3501739	0	3.3501739
Land use	Pt	1.6867076	0	1.6867076
Minerals	Pt	0.70401289	0	0.70401289
Fossilfuels	Pt	71.048916	0	71.048916

La categoría de Cambio Climático, resultó la más impactada, con una puntuación de **1493,70** puntos, esto se explica debido a que los procesos de transporte, y vertido son generadores de Gas de Efecto Invernadero, causante de este impacto.

A continuación aparece la categoría Combustibles Fósiles con **71,04** puntos. Esto se debe al uso de diesel en la transportación de los RSU, el cual es una fuente agotable de combustible y causante de impactos desfavorables al medio ambiente.

Las categorías Respiración de compuestos inorgánicos también es impactada con una puntuación de **25 puntos**, siendo el transporte el proceso que más contribuye ya que el proceso de transportación de los RSU provoca emisiones de Material Particulado (PM), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y de Azufre (SOx), incidiendo de forma significativa en la categoría de efectos respiratorios.

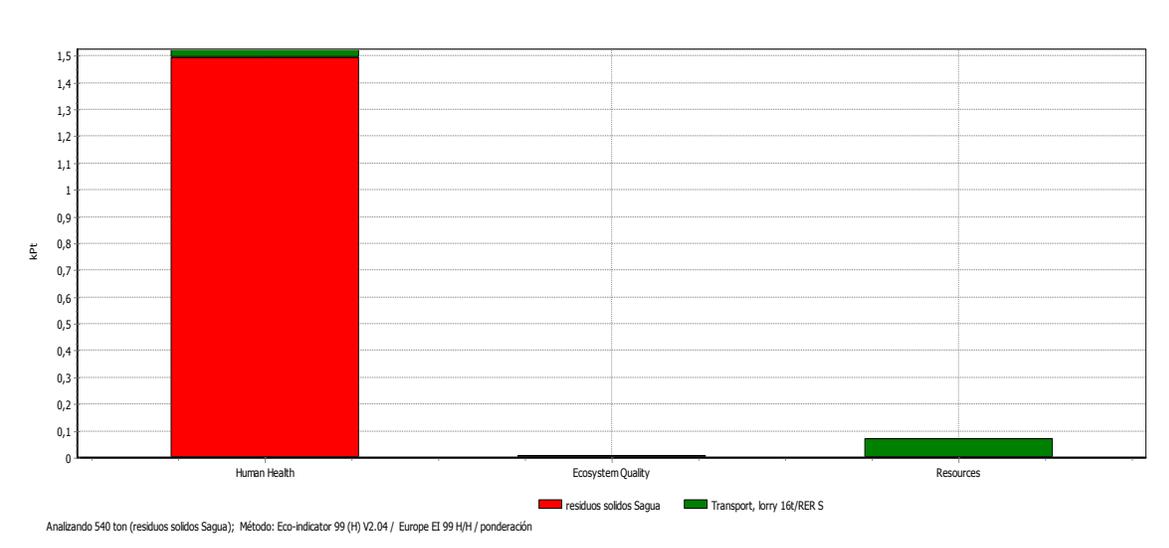
En las categorías Carcinogénesis, Radiación, Capa de Ozono, Minerales y Respiración de compuestos orgánicos; los valores alcanzados no resultaron significativos.

La contribución total del proceso es de 1603.7194 puntos.

En la figura 2.6 se muestra la contribución ponderada del proceso a las tres categorías de daño, del Eco-indicador 99, influyendo significativamente el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (SGRSU) de la ciudad de Sagua La Grande en la calidad del ecosistema.

Es evidente que la categoría Salud Humana es la más impactada, esto es debido al vertido de sustancias contaminantes sin tratamiento previo alguno ni segregación en el origen, esto provoca la presencia de contaminantes en el suelo, en las aguas superficiales o subterráneas y en la atmósfera, generándose gases producto de la descomposición y la combustión en la transportación de los residuos, al vertido de todo tipo de sustancias en el vertedero incluidas las contaminantes y contaminantes peligrosas, así como la presencia de plagas portadoras de enfermedades.

Figura 2.6 Análisis de ponderación por categorías de daño



### Conclusiones parciales:

1. La entidad municipal de Servicios Comunales solo brinda servicio de recogida al 86% de la población de la Ciudad de Sagua La Grande, lo cual trae consigo el aumento de micro vertederos y agravación del problema ambiental.
2. El sistema de gestión de los residuos sólidos en la ciudad de Sagua La Grande no se adecua a las necesidades existentes de la población, la recogida se realiza en carros no especializados (camiones convencionales, carretas y carretones), los residuos son llevados directamente a los vertederos los cuales no cumplen con las normas establecidas para la disposición final de la basura mezclada.
3. Según la caracterización realizada en el vertedero municipal de la Ciudad de Sagua La Grande y comparándola con las caracterizaciones estudiadas en el Capítulo I, se comprueba que en Cuba, como en otros países de Latinoamérica, los elementos predominantes son los residuos sólidos orgánicos.

## **CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA CIUDAD DE SAGUA LA GRANDE.**

### **3.1 Generalidades**

En este capítulo se realizará un análisis de las diferentes alternativas que pueden ser utilizadas en el tratamiento de los residuos sólidos urbanos y se hará a partir de la caracterización realizada por la Dirección Municipal de Servicios Comunes en la ciudad de Sagua la Grande, evaluándose los costos para cada inversión asociada a la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos.

### **3.2 Propuestas de Tratamiento para los Residuos Sólidos.**

Teniendo en cuenta las Disposiciones, Regulaciones y Normas Cubanas (NC 133, 134,135: 2002) establecidas sobre el almacenamiento, recolección, transportación, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos, y la NC 530 con relación al manejo y disposición de desechos sólidos peligrosos(1999) en el país, es necesario que se adopten las siguientes consideraciones:

- En ningún caso serán entregados sin tratamiento a los encargados del servicio de recolección mezclados con otros desechos los residuos sólidos provenientes de las instituciones de salud.
- En la vía pública no se depositarán desechos provenientes de la construcción, demolición.
- Los recipientes colectivos para el almacenamiento de residuos sólidos serán impermeables, libres de agujeros, hendiduras que propicien el derrame del contenido o parte de este.
- Los residuos no putrescibles (recuperables), vidrio, metal, cartón, papel, madera, plástico y otros se almacenaran en orden y clasificados en los depósitos destinados a este fin, en los lugares adecuados que no constituyan criaderos de roedores hasta el momento de su traslado.
- A partir del análisis del sistema actual de gestión de los RSU realizado en el capítulo anterior se diseñan las propuestas aplicables a estos, valorándolas desde el punto de vista ambiental económico y social, garantizando un SGRSU eficiente, y con calidad.

De acuerdo a la Guía Metodológica para un manejo de RSU adecuado, propuesto por (Nuñez 2009) y (Chaviano. 2009), es necesario la clasificación en el origen de los

residuos para facilitar los procesos de recuperación de energía, reutilización, y forma de reciclado, teniendo en cuenta la transportación y el tipo de tratamiento a utilizar con cada material.

Cumpliendo las Normas Cubanas, aplicando un manejo adecuado a los RSU, teniendo en cuenta los aspectos principales de la guía metodológica, y el método simplificado del SGRSU actual como: recogida selectiva, almacenamiento y transportación, tratamientos, y disposición final, el personal que ejecutará dichas actividades cumplirá estrictamente los requisitos sanitarios para la protección de la salud referido a la Ley 13 de Protección e Higiene del Trabajo, y su legislación sobre el uso de medios de protección adecuados para el puesto de trabajo y los exámenes médicos preventivos, además debe contarse con la aprobación de la autoridad sanitaria y la autoridad ambiental competente para realizar las evaluaciones de propuesta.

### **Recogida Selectiva**

En el Sistema de Gestión Actual no se realiza recogida selectiva, pero esto se modifica de acuerdo a las propuestas de reciclaje de residuos inorgánicos. Se considera que la recogida selectiva termina cuando los posibles materiales a recuperar se depositan en la planta de transferencia y los orgánicos en el relleno sanitario. El papel y cartón, aluminio, cobre, hierro, plástico así como el vidrio se comercializarían. Para llevar a cabo esta fase de la gestión se propone la ubicación de contenedores para la pre-clasificación de la basura separados en un orden de cinco colores distintos, de los cuales por lo menos tres de ellos deben cumplir con los reglamentos establecidos internacionalmente (Ver ANEXO V). Estos "Puntos Limpios" estarán ubicados en partes estratégicas de la ciudad donde se considere que la afluencia de basura sea mayor que en otros sectores (edificios multifamiliares, fundamentalmente). En el resto de la ciudad se recogerá directamente las bolsas colocadas en las aceras para la recogida. No se requerirá la adquisición de ningún terreno en particular para la disposición de estos puntos, ya que podrán ser colocados en las adyacencias de las aceras, calles y avenidas, procurando que los mismos no interfieran de ningún modo en las actividades cotidianas de las personas. (Paso de los transeúntes, salidas de emergencia, entradas de establecimientos, entre otros). Para este fin se deberá hacer una inversión de 2 carros especializados para el servicio de recogida, 30 conjuntos de 5 contenedores cada uno y 186750 bolsas de nylon (15 mensuales por vivienda), para un aproximado de 12450

viviendas (Información estadística de DMV 2011). Además de la implementación de programas comunitarios educativos con el objetivo de asegurar el cumplimiento de las normas establecidas para este tipo de recogida.

Para el manejo y tratamiento de los RSU se reportan diferentes alternativas según las características de la ciudad, del tipo de residual, de la cantidad de residual generada, de la ubicación, entre otros parámetros a tener en cuenta, entre las alternativas más factibles se encuentran las plantas de transferencias asociadas a rellenos sanitarios y las plantas de transferencias asociadas a rellenos sanitarios y planta de biogás. Siendo estas las que nos proponemos analizar.

### **3.3 Alternativa 1**

Propone la **Recogida Selectiva** de los RSU (Clasificación en el origen), pretendiendo aprovechar la fracción recuperable de los Residuos Sólidos Urbanos mediante la **Clasificación** (Planta de transferencia) y construcción de un **Relleno Sanitario**. Reciclar los residuos con potencial comercializable y disminuir así la disposición directa en el nuevo Relleno Sanitario. El proceso planteado consistiría en las siguientes etapas: en primer lugar los residuos sólidos urbanos recolectados serían transportados por medio de camiones especializados a una Planta de Transferencia, donde serían descargados para la selección de los materiales reciclables y su posterior comercialización. La parte restante será llevada al Relleno sanitario

#### **Recogida Selectiva**

##### **Materiales y equipos necesarios para la recogida selectiva**

1. Bolsas de nylon
2. Contenedores especializados de diferentes colores.
3. Carros Especializados

##### **La Planta de transferencia propuesta para el municipio de Sagua la Grande.**

La planta de transferencia será el sitio donde se separa, acopia y acondiciona para su venta todos los componentes de la basura con valor en el mercado (metales, vidrios, cartón, papel y algún tipo de plástico) para su posterior reciclado en plantas industriales. Los principales aspectos positivos de esta recuperación radica en la reducción del volumen de los RSU al ser dispuestos, alargando la vida del relleno sanitario, se reducen los impactos adversos de la actividad extractiva (metales, vidrio y plásticos), de la tala de árboles (papel y cartón) y de los procesos industriales ulteriores. Por otro lado brinda oportunidades de empleo y reduce el número de segregadores informales existentes

(buzos; sin ningún tipo de regulación) que trabajan en el vertedero o en las rutas de recolección y que arraigan profundos problemas de orden social.

La capacidad estimada que tendrá la planta de transferencia es de 40t/día, con un consumo de potencia de 292,8 kW /d, (320616,0 kW /año).

### **El proceso tecnológico**

El proceso tecnológico consiste en el reciclado, clasificado, transformación, utilización y comercialización del material inorgánico, comienza con la segregación en el origen, lo que reducirá el tiempo de separación y clasificación de la basura en la planta, logrando con ello un mejor funcionamiento, por tano el proceso tendrá una mejor calidad y efectividad, facilitando con ello la eficiencia productiva en la recuperación de materiales y reciclables. En la planta, la separación de los residuos podrá ser manual y mecánica. Una vez pesados los camiones especializados los residuos serán ingresados a la tolva de recepción, la misma estará conectada con una cinta de elevación, donde estará el desgarrador para abrir las pacas, produciendo el derrame del material sobre la cinta horizontal de clasificación con 15 metros de largo aproximadamente, ubicada a 3 metros de altura, acondicionada por un separador magnético de metales Foucault, el que extraerá el material pesado prensándolo y depositándolo en su área (chatarra ferrosa, y no ferrosa, electrónica) y permitirá que continúen el resto de los residuos por toda la cinta de clasificación. El papel, cartón, y el plástico son trasladados cada uno hasta las prensas de balas por separados, las cuales se clausuran y se presiona el botón de prensado hasta que alcance la presión de 250 BAR, regresando hacia arriba nuevamente y repitiendo el proceso hasta que las pacas cojan la altura necesaria. Los envases de cristal no recuperables son triturados para su comercialización.

En el proceso los trabajadores estarán colocados a ambos lados de la banda transportadora seleccionando de forma manual los residuos recuperables los que se colocarán en los contenedores identificados para la pre-clasificación de este material y estarán identificados en varios colores.

- El contenedor de color gris será usado para depositar los cartoneros, así como los periódicos, revistas, papeles de envolver.
- El contenedor de color azul, para los envases de plástico (botellas de detergentes, bebidas, latas de refrescos, conservas y envases tipo cartoneros de leche, zumo, caldo).
- En el contenedor de color blanco, irán los envases de vidrio.

- El contenedor de color amarillo, es donde se debe depositar todos los desechos orgánicos.

Luego de la distribución del material serán suministrados a las entidades consumidoras nacionales con las características y la calidad requerida creadas para este fin de recuperar, reciclar y aprovechar al máximo los recursos.

El material no recuperable, ni reciclable seguirá por toda la cinta de clasificación hasta el final donde se propone aplicarle de acuerdo a sus características, un tratamiento de trituración en fracciones de menor tamaño (nylon, pañales, culeros desechables, basura, cigarrillos, papel sanitario, etc.) y el destino será el vertedero con relleno sanitario.

### **Relleno Sanitario**

Para este proceso se requiere que los residuos sean llevados a un predio el cual posee una membrana impermeable llamada geomembrana, un sistema de captura de gases y venteo o liberación a la atmósfera de los gases producidos por la descomposición de los residuos (dióxido de carbono, metano, amoníaco, etc) y un sistema de captura y tratamiento de lixiviados (líquidos generados por la descomposición de los residuos). Se van depositando los residuos que llegan al relleno con máquinas topadoras y compactadoras, luego se los cubre con tierra. Se van depositando en celdas y cuando se llega a capacidad máxima se cierra esa celda y se abre otra. También es necesario evitar por medio de canales y drenajes que el agua de lluvia ingrese al relleno sanitario. Una vez cerrada una celda se deberá controlar y supervisar hasta 50 años después del cierre del relleno (Peñaloza, 2005). Se propone construir el relleno en el mismo lugar donde se encontraba el vertedero municipal antes del periodo especial, al suroeste de la ciudad, a 2 km aproximadamente del límite urbano más cercano, su acceso principal es la carretera a Quemado deGuines, Circuito Norte. El costo de inversión del relleno sanitario ha sido estimado a partir de datos actualizados 2007 (Peñaloza, 2005), el mismo contará con 15 ha y una vida útil 25 años.

### **Principios básicos para la disposición final de los residuos en el vertedero.**

- Los vertederos deben estar cercados y cerrados para impedir el acceso del personal ajeno a la actividad.

- Se dispondrá de una zanja separada para la eliminación de pequeños alimentos putrefactos y cantidades de otras materias putrescibles, procedentes de recogidas especiales, que se cubrirán inmediatamente.
- La compactación de los desechos sólidos urbanos es preferible en capas de 0,20 a 0,30 m y finalmente cuando se cubre con tierra toda la celda. De este factor depende en buena parte el éxito del trabajo diario, alcanzando a largo plazo una mayor densidad y vida útil del sitio.
- El cubrimiento final de unos 0,40 a 0,60 m de espesor, se efectúa siguiendo la misma metodología que para la cobertura diaria; además, debe realizarse de forma tal que sostenga vegetación, para lograr una mejor integración al paisaje natural.
- Control y drenaje de percolados y gases para mantener las mejores condiciones de operación y proteger el ambiente.

Desviar las aguas del escurrimiento para evitar en lo posible su ingreso al relleno sanitario

#### **Presupuesto de Inversión del SGRS propuesto para Sagua la Grande.**

En la tabla 3.2 se presentan los precios de los equipos, cantidad y consumo de potencia de la instalación, incluyendo el valor de los equipos de la recogida selectiva, y del equipamiento de la planta de transferencia la cual es diseñada para una capacidad 40 t /d, teniendo en cuenta las perspectivas de crecimiento en la generación de residuos sólidos del municipio. Ver( ANEXO VI) y (ANEXO VII)

**Actualización del Índice de costo de los equipos:** Para la evaluación económica.

Índice de costo de los equipos año 2012 / Índice de costo de los equipos año 2003.

Índice costo =  $525 / 401,7 = 1.30$ . Por tanto:

**Costo de Equipos = 99 624,3\$ / año**

La potencia utilizada en la instalación =  $36,6\text{kW/h} * 8 \text{ h/d} = 292,8\text{kW} / \text{d} * 24 \text{ d/mes} * 12\text{meses/año} = 84 326,4\text{kW} / \text{año}$ .

El método utilizado para calcular los costos directos e indirectos seleccionados del **Ulrich**.

**La inversión fija (IF) de la instalación se calculó de la siguiente forma:**

IF= CD + CI

**El cálculo de la inversión Total (IT) es:**

$$I_{TOTAL} = IF + I_{TRAB}$$

$$I_{TOTAL} = IF + 70\% (CE)$$

Tabla 3.1. Base de Cálculo del Costos de la inversión de la planta de transferencia más la recogida selectiva

Base de Cálculo del Costos de la inversión de la planta de transferencia más la recogida selectiva	Valores
Costo de adquisición	99624.34
Costo de instalación	34868.52
Tuberías	9962.43
Instalaciones eléctricas	9962.43
Instrumentación y control	5977.46
Preparación del Terreno	9962.43
Edificio y estructura	15939.89
Ingeniería y supervisión	5379.71
Contingencia o imprevisto	5379.71
Inversión fija	197056.94
Inversión de trabajo	69737.04
<b>Costo de Inversión</b>	<b>266793.98</b>
Base de Cálculo del Costos de la inversión del Vertedero	
$CIP = CRP * (Capacidad\ de\ la\ planta / Capacidad\ de\ la\ planta\ de\ referencia)^{0.6}$	376039.12
Recogida selectiva primer año	381501.81
Inversión total	1024334.91

(\*) tuberías, instalaciones eléctricas, instrum y control y preparación de terreno

### El costo total de producción:

El costo total de producción referido en el (ANEXOIX)

### Análisis de la Rentabilidad.

La ganancia es el valor de producción, menos el costo total de producción por tanto:

$G = VP - CTP$  y el  $VP = \text{precio} * \text{producción}$ , resultando:

$$G = 2\,452\,160,07 \text{ \$ /año} - 259\,931,61 \text{ \$/año}$$

$$G = 2\,192\,228,46 \text{ \$ /año.}$$

El tiempo de recuperación de la inversión es calculado por la siguiente fórmula:

$$T_R = I_T / G$$

$$T_R = 1\,024\,334,82 \text{ \$ / año} / 2\,192\,228,46 \text{ \$ /año}$$

$$T_R = 0,47$$

**La Factibilidad de la inversión es:**

$$VAN = \left( \sum FCK / (1+i) \right) - Inv.$$

**Tabla. 3.2 Cálculo de los valores dinámicos de la factibilidad**

**Datos**

**Inversión (\$)                      1024334.91**

**Tasa de interes                      0.15**

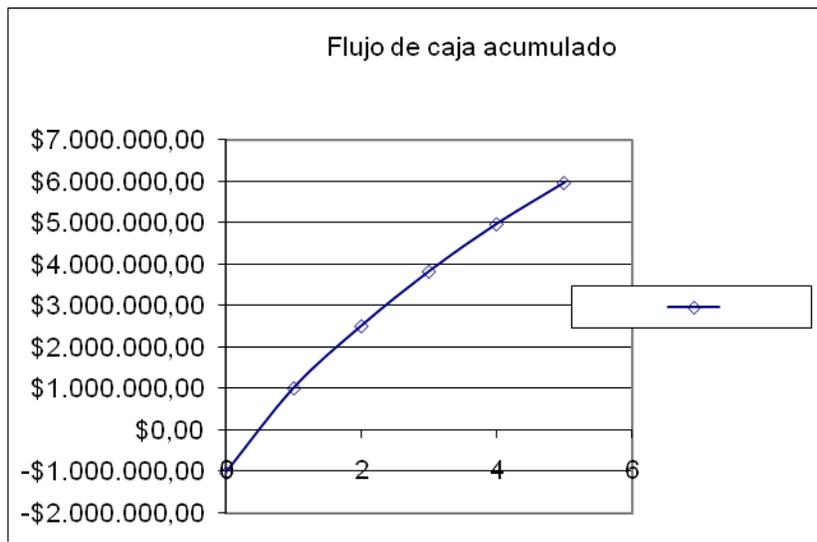
<b>Concepto</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Ingresos</b>		\$2,452,160.07	\$2,452,160.07	\$2,452,160.07	\$2,452,160.07
<b>Costos Operacionales</b>		\$230,367.06	\$445,266.71	\$445,266.71	\$445,266.71
<b>Beneficio Operacionales</b>		\$2,221,793.01	\$2,006,893.36	\$2,006,893.36	\$2,006,893.36
<b>Depreciación</b>		\$19,705.69	\$19,705.69	\$19,705.69	\$19,705.69

<b>Beneficios antes Impuestos</b>	\$0.00	\$2,202,087.32	\$1,987,187.67	\$1,987,187.67	\$1,987,187.67
<b>Impuestos</b>	\$0.00	\$9,852.84	\$9,852.84	\$9,852.84	\$9,852.84
<b>Beneficios después Imp.</b>	\$0.00	\$2,192,234.47	\$1,977,334.82	\$1,977,334.82	\$1,977,334.82
<b>Inversión</b>	<b>1024334.913</b>	<b>1024334.913</b>	<b>0</b>		
<b>Pago de deuda</b>					
<b>Flujo de caja</b>	-\$1,024,334.91	\$1,167,899.56	\$1,977,334.82	\$1,997,040.51	\$1,997,040.51
<b>Flujo de caja Actualizado</b>	-\$1,024,334.91	\$1,015,564.84	\$1,495,149.21	\$1,313,086.55	\$1,141,814.39
<b>Flujo de caja al descontado acumulado</b>	-\$1,024,334.91	\$1,015,564.84	\$2,510,714.04	\$3,823,800.59	\$4,965,614.99

**VAN**                   \$ 4,290,575.79

**TIR**                     144%

**PRD**



Año	Flujo de caja acumulado
0	\$-1,024,334.91
1	\$1,015,564.84
2	\$2,510,714.04
3	\$3,823,800.59
4	\$4,965,614.99
5	\$5,958,497.07

### g.3.1. Perfil del VAN

Los resultados expresados en la tabla anterior, muestran una tasa interna de rendimiento elevado, con grandes ganancias, y una rápida recuperación de la inversión, en menos de un año.

### 3.4 Análisis de la desgasificación del vertedero del municipio de Sagua la Grande.

Se realiza el estudio de los gases de enterramientos existentes en el vertedero municipal de Sagua la Grande con el objetivo de justificar como alternativa de tratamiento la captación del metano existente en el vertedero con fines energéticos, para realizar estas estimaciones se tuvo en cuenta una serie de requisitos como: años de explotación del vertedero, las cuotas existentes, el volumen de los residuos dispuesto, las precipitaciones anuales.

Para el estudio se utilizó el software de LanGem V 3.2 creado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos EPA, como herramienta utiliza una ecuación de descomposición cinética de primer orden que permite cuantificar las emisiones derivadas de la descomposición de los residuos biodegradables. El modelo permite estimar las tasas de emisión total de gases de relleno sanitario como el metano, dióxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles y otros contaminantes atmosféricos asociados. Se estimó una media para el metano del 55 %, que es el valor característico, el modelo también requiere la incorporación del valor del índice de generación de

metano (k) el cual depende de las precipitaciones anuales del lugar y del potencial de metano (Lo).

**Método de Descomposición Cinética de Primer Orden.**

$$Q_M \text{ generado en el año } t / \text{Mg año} = \sum_{i=1}^n 2 K Lo Mi (e^{-kt-1}) \quad (1)$$

$\sum_{i=1}^n$  la suma del año de apertura + 1 (i=1) hasta el año proyección (n)

$Q_M$  → Generación máxima de Biogás.

$K$  → Índice de generación de metano (1/año)

$Lo$  → Generación potencial de metano  $m^3 / Mg$

$Mi$  → Masa de residuos sólidos dispuestos en el año i (Mg)

$t$  → Edad de los residuos dispuestos en el año i (años).

En la ecuación del modelo se estima la generación de metano utilizando las cantidades de residuos dispuestos acumulados en el año. Los valores fueron calculados a partir de la información recolectada sobre las cantidades de residuos dispuestos y la composición de los mismos. Ver (ANEXO XIII).

Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

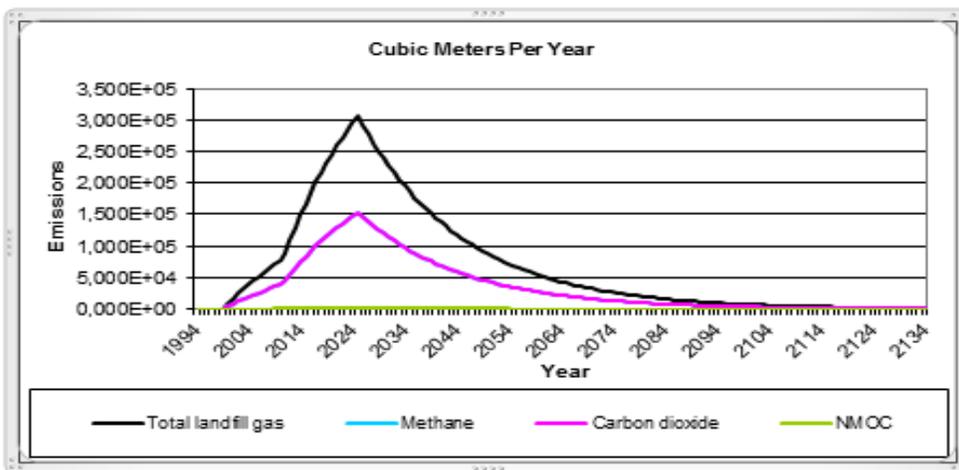


Fig.3.2 Grafico de la desgasificación del vertedero del municipio de Sagua La Grande Fuente:(Agency)

La figura ilustra la curva típica de producción teórica de biogás, metano, dióxido de carbono y otros gases existentes en el vertedero de Sagua la Grande, dados por el modelo de la EPA, como se puede apreciar esta producción alcanza su máximo nivel entre el 2024 y 2025 a partir de ese momento comienza a decrecer. La producción de metano es ínfima lo que no se justifica la perforación para captar biogás en el vertedero.

### **3.5 Alternativa 2**

Se pretende mediante **Recogida Selectiva** (especificada en la alternativa 1), aprovechar la fracción recuperable y la fracción orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos previamente clasificados en una **Planta de transferencia**(especificada en la alternativa anterior), disminuyendo así la disposición directa en el Relleno Sanitario.

El proceso planteado consiste en las siguientes etapas: en primer lugar los residuos sólidos urbanos recolectados serán transportados por camiones especializados a la planta de transferencia, para la selección de los materiales inorgánicos reciclables y su posterior comercialización, además del aprovechamiento de la materia orgánica según corresponda con la implementación de una **Planta Biogás**(proceso anaerobio).

La fracción orgánica de los residuos se transformará biológicamente, una parte en la Planta de Biogás (rápida descomposición) para la obtención de gas metano (Acuña, 1984). El metano sería utilizado en la producción de energía eléctrica y los lodos resultantes de la digestión anaerobia se utilizarán como composta en la agricultura.

#### **Fundamentos de la Inversión. Procesos biológicos.**

Los residuos sólidos orgánicos son recursos naturales no aprovechados, no existe suficiente espacio para su acomodo final desde el punto de vista ecológico, afectan a las personas por la cantidad de vectores que generan y afectan el ornato público. Estos pueden verse como un enorme almacén de energía que se renueva continuamente (Canadá, 2005)

#### **Planta de producción de biogás y generación de electricidad a partir de la fracción orgánica.**

##### **Características y Procedencia de la Materia Prima.**

La materia prima que se utilizará en el proceso de obtención de biogás es el residuo orgánico proveniente de la recogida de RSU con previa clasificación en la planta de transferencia, el flujo es de 5-15 t/día, con un 10 % de humedad, y un 90 % de sólido.

## **Consumos fundamentales y sus características.**

Los consumos principales de la planta son:

H<sub>2</sub>O = 80 y 100 m<sup>3</sup>/día

Electricidad = 160kWh/día

Material Orgánico= 5-10 t/día

Lo cual representa una mezcla de 1:6(por cada tonelada de materia orgánica se añaden 6m<sup>3</sup> de agua)

Genera una potencia de salida máxima de 90 kW (60 kW efectiva) y un voltaje de 220 Volt.

## **Beneficios del Proyecto**

### **Impactos por resultados**

**La ganancia económica** viene dada no solo por la electricidad producida, sino que el rechazo de la producción puede ser utilizado en la agricultura, ya que según experiencias de otra planta existente en el país (calle 100 Habana), los líquidos de rechazo están aptos para utilizarlos en el fertiriego, y el componente sólido para compost, además se obtienen elementos recuperados que pueden ser fabricados iguales a los originales u otros nuevos, permitiendo una producción más limpia, y el ahorro de recursos y energía.

**La ganancia ambiental** consiste que estos productos que antes eran enviados al vertedero donde al descomponerse el gas metano iba a la atmósfera con su carga contaminante, ahora al ser utilizados en la planta sirven para amortiguar el impacto al medio, mientras que los recursos recuperables reducen considerablemente el espacio que puede ocupar la basura. Disminuye el impacto negativo de los residuos al ambiental resultando estos menos agresivos.

**En el aspecto social**, además de producir electricidad para el reúso de la propia planta, el excedente de la producción eléctrica puede ser utilizado en el sistema de distribución eléctrica, otro aspecto representativo es que los residuos que anteriormente se encontraban expuestos produciendo malos olores y generación de fauna nociva ahora serán utilizados con un fin más útil, elaborando materiales con menos cantidad de

recursos y más vida útil, se reduce la explotación de los recursos no renovables y se evita la deforestación.

### **Análisis de los costos de Inversión de la Planta de biogás.**

Para el análisis de esta alternativa se tiene en cuenta el cálculo de la planta de transferencia y de la recogida selectiva que están referidos en la alternativa 1, y se calcula el nuevo vertedero de menor área.

Los costos de equipamiento de la planta de biogás se reflejan en el (ANEXO X).

### **La inversión fija (IF) de la instalación se calculó de la siguiente forma:**

$$IF = CD + CI$$

### **El cálculo de la inversión Total (IT) es:**

$$I_{TOTAL} = IF + I_{TRAB}$$

$$I_{TOTAL} = IF + 70 \% (CE)$$

Tabla 3.3: Base de Cálculo del Costos de la inversión de la planta de Biogás

Indicadores	%	Valor M\$
Costo de adquisición	100	210533.10
Costo de instalación	35 CE	73686.59
Tuberías	10CE	21053.31
Instalaciones eléctricas	10CE	21053.31
Instrumentación y control	6CE	12631.99
Preparación del Terreno	10CE	21053.31
Edificio y estructura	16CE	33685.30
Ingeniería y supervisión	15(*)	11368.79
Contingencia o imprevisto	15(*)	11368.79
Costo de Inversión fija		416434.47
Inversión de trabajo		147373.17
Costo de Inversión		563807.64
<b>Base de Cálculo del Costos de la inversión del Vertedero</b>		
CIP=CRP*(Capacidad de la planta/Capacidad de la planta de referencia) 0.6		194518.22
Recogida selectiva primer año		381501,81
Costo de Inversión Pta de Transferencia		266793.98

Inversión total	1406621,65
-----------------	------------

(\*)Tuberías, instalaciones eléctricas, instrum y control y preparación de terreno

Los costos totales de producción se reflejan en el (ANEXO XI).

La ganancia es el valor de

**La Factibilidad de la inversión es:**

$$VAN = \left( \sum FCk / (1+i) \right) - Inv.$$

El tiempo de recuperación se calcula de la siguiente forma.

$$Tr/G = 1\,406\,621,65 / 1\,928\,320,06$$

$$Tr = 0,73$$

$$G = VP - CTP = \$ 2\,526\,115,59 - \$ 597\,795,53$$

$$G = \$ 1\,928\,320,06$$

**Tabla.3.4 Cálculo de los valores dinámicos de la factibilidad**

<b>Datos</b>	
<b>Inversión (\$)</b>	<b>1406621.65</b>
<b>Tasa de interés</b>	<b>0.15</b>

<b>Concepto</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Ingresos</b>		\$2,526,115.50	\$2,526,115.50	\$2,526,115.50	\$2,526,115.50	\$2,526,115.50
<b>Costos Operacionales</b>		\$765,697.41	\$980,597.06	\$980,597.06	\$980,597.06	\$980,597.06
<b>Beneficio Operacionales</b>		\$1,760,418.09	\$1,545,518.44	\$1,545,518.44	\$1,545,518.44	\$1,545,518.44
<b>Depreciación</b>		\$61,349.14	\$61,349.14	\$61,349.14	\$61,349.14	\$61,349.14
<b>Beneficios antes Impuestos</b>	\$0.00	\$1,699,068.96	\$1,484,169.31	\$1,484,169.31	\$1,484,169.31	\$1,484,169.31
<b>Impuestos</b>	\$0.00	\$30,674.57	\$30,674.57	\$30,674.57	\$30,674.57	\$30,674.57
<b>Beneficios después Imp.</b>	\$0.00	\$1,668,394.39	\$1,453,494.74	\$1,453,494.74	\$1,453,494.74	\$1,453,494.74
<b>Inversión</b>	<b>1406621.652</b>	<b>1406621.652</b>	<b>0</b>			
<b>Pago de deuda</b>						
<b>Flujo de caja</b>	\$1,406,621.65	\$261,772.74	\$1,453,494.74	\$1,514,843.88	\$1,514,843.88	\$1,514,843.88
<b>Flujo de caja Actualizado</b>	\$1,406,621.65	\$227,628.47	\$1,099,050.84	\$996,034.44	\$866,116.90	\$753,145.13
<b>Flujo de caja al descontado acumulado</b>	\$1,406,621.65	\$227,628.47	\$1,326,679.31	\$2,322,713.75	\$3,188,830.66	\$3,941,975.79
<b>VAN</b>	\$2,204,655.77					
<b>TIR</b>	57%					
<b>PRD</b>						

Fuente: Elaboración propia, Programa Exel

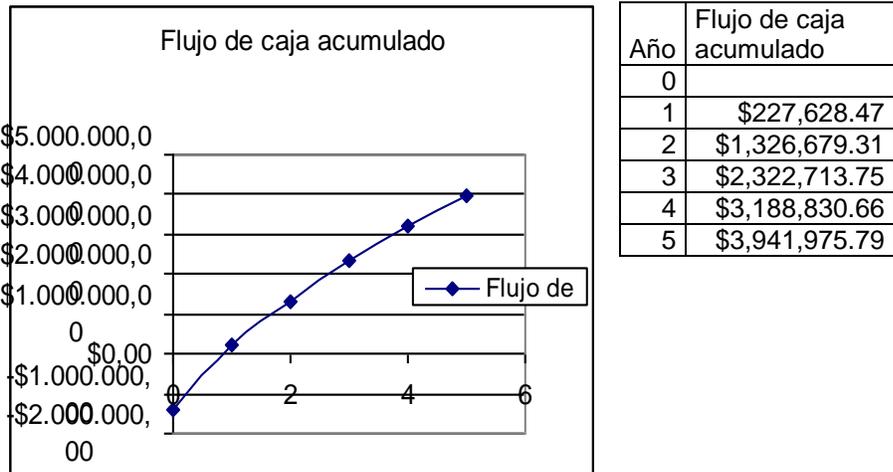


Figura 3.3: Perfil del VAN.

**Análisis de la Inversión.**

Con la propuesta del equipamiento a instalar en esta inversión, para el reciclaje de la materia prima de rechazo, generados en las industrias, zonas constructivas y viviendas se recomienda la instalación de una planta de transferencia y para el tratamiento de la materia orgánica de rápida descomposición se propone la planta de biogás.

En los requerimientos del mercado la demanda del producto es ascendente, logrando por este concepto ganancias económicas, ambientales y sociales, como aspecto a destacar la inversión en ambas alternativas se recuperan en menos de 1 año.

Con la implantación del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos, y las propuestas de tratamientos, se llegaría a generalizar la aplicación de la fórmula de las “3 R” que consiste en reducir, reutilizar, y reciclar propiciando un consumo sostenible, en el uso de servicios y productos.

Con la implementación de una planta de Biogás se logra disminuir la carga contaminante de gases efecto invernadero como el metano y el dióxido de carbono, producto de la descomposición de la materia orgánica dispuesta en el vertedero.

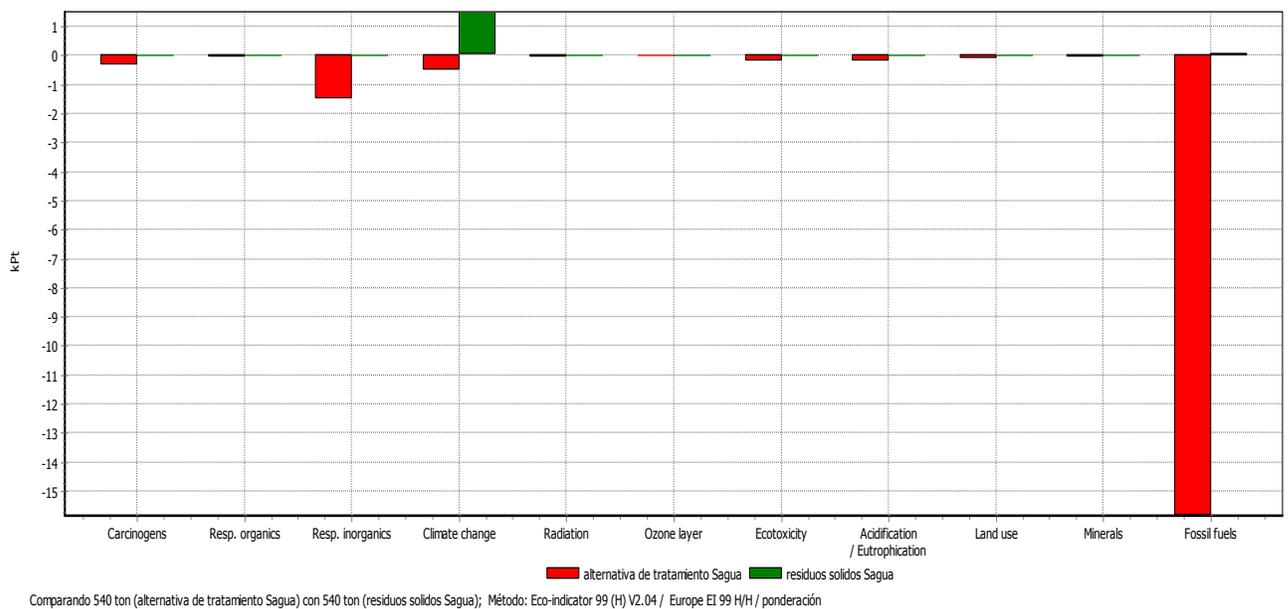
La ganancia económica de ambas alternativas para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos generados en el municipio de Sagua la Grande viene dada, por el

reciclaje del material recuperable que puede ser utilizado en otros procesos productivos y el ahorro de recursos y energía.

### 3.6 Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida para la alternativa analizada.

En este apartado se presentan y se discuten los impactos potenciales resultantes por categorías de impacto y categorías de daño, para el escenario analizado.

En la figura 3.4 se compara el Sistema de Gestión actual de RSU con el escenario propuesto A1. Se observa que existe una disminución significativa en las 11 categorías de impacto para el escenario A1, en la que se lleva a cabo el reciclaje del papel y cartón, aluminio, hierro, plástico y vidrio; disminuyendo además el vertido y empleando la fracción orgánica como materia prima para la producción de biogás con fines energéticos.



**Figura 3.4 Comparación del Sistema de Gestión Actual de RSU en la Ciudad de Sagua La Grande con la alternativa A1 respecto a las categorías de impacto del ecoindicador 99**

Los resultados demuestran que la disposición en el vertedero, es la peor alternativa para el tratamiento de residuos, con afectaciones muy marcadas a las 11 categorías de

impacto y las tres de daños, debido fundamentalmente al proceso de transportación y a la incorporación al suelo de residuos contaminantes.

La contribución total de la variante A1 a las distintas categorías de impacto es de -18863.49 puntos.

En la figura 3.5 se observa el análisis de ponderación para las tres categorías de daño.

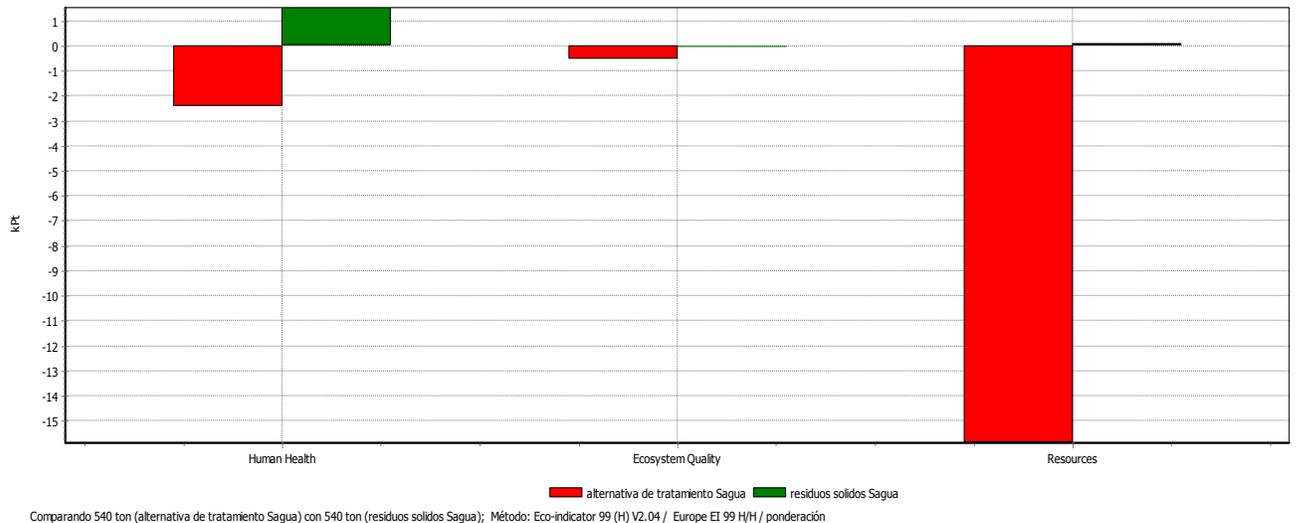


Figura 3.5

Se aprecia la disminución del impacto a las categorías de afectación de los recursos y daño a la salud humana de manera significativa para las alternativas A1 analizada, siendo menor en esta última debido en gran medida a la disminución del transporte, el reciclaje de los residuos inorgánicos, lo cual se evita el agotamiento de los recursos naturales, que con el paso del tiempo serán más difíciles de obtener; así como por el empleo de la materia orgánica para producir biogás con fines energéticos.

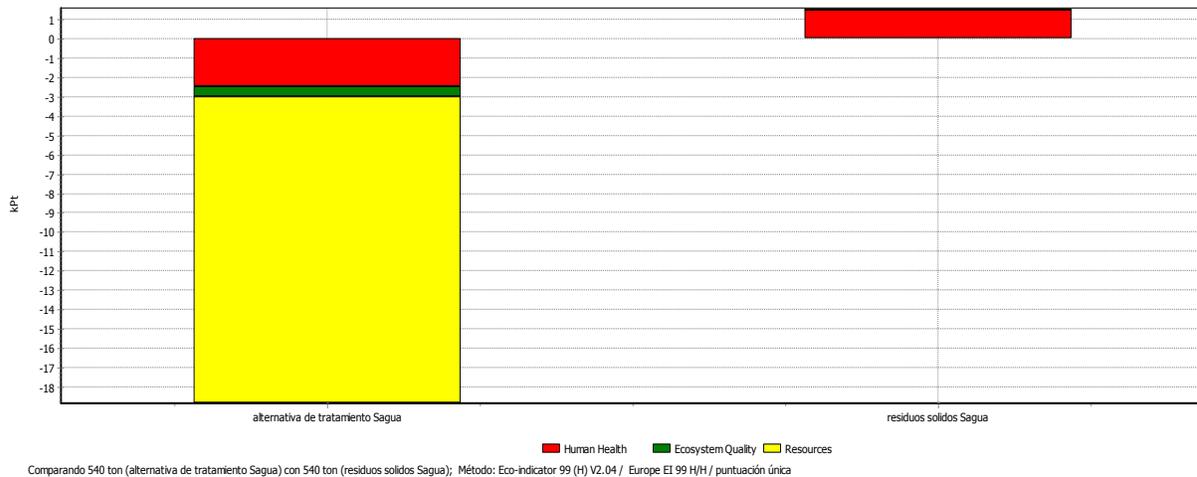


Figura 3.6. Análisis de ponderación, por categorías de daños, alternativas A1 comparándolas con el SGRSU actual.

Se puede apreciar claramente la disminución que existe al proponer la alternativa, lográndose una reducción del impacto ambiental provocado por el Sistema de Gestión en las condiciones actuales.

### Conclusiones Parciales

1. Para realizar e implementar la recogida selectiva de los Residuos Sólidos Urbanos es necesario crear en la población una correcta conciencia ambiental. Esto permite la clasificación de los residuos desde el origen para su aprovechamiento posterior. El relleno sanitario es indispensable para la disposición final del material no tratado.
2. La Alternativa A1 a pesar de contar con el reciclaje de material recuperable, no es la más adecuada para de los Residuos Sólidos Urbano en Sagua ya que después de separar estos, el material restante debe ser llevado al relleno, provocando la descomposición indiscriminada de residuos orgánicos aprovechables.
3. El reciclaje de material recuperable seguido de la producción de biogás y compost a partir de RSU (Alternativa A2), confirmó, según los resultados económicos obtenidos, ser una alternativa viable para países en vías de desarrollo como Cuba. Disminuyendo en un alto por ciento la cantidad de residuos a disponer.
4. Al realizar la EICV se aprecia la disminución del impacto ambiental provocado por el sistema actual de GRSU en Sagua La Grande al aplicar la alternativa propuesta.

## **Conclusiones Generales**

1. Todos los Sistemas de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos deben tener en común, minimización de la generación, clasificación en el origen, reciclaje y tratamiento de los residuos recolectados, así como destino final el relleno sanitario.
2. El sistema actual de manejo de Residuos Sólidos Urbanos en Sagua La Grande, no responde a las necesidades ambientales, sanitarias y legales de la población, sólo incluye la recogida y disposición de los residuos en el vertedero municipal, incluyendo los residuales que generan las entidades de salud.
3. A partir de la caracterización realizada en la Ciudad de Sagua La Grande se corroboró, al igual que para otras ciudades de Cuba, que la porción orgánica se comporta entre 60% y el 65 %, por lo que es posible aplicar varias alternativas para su tratamiento.
4. De las alternativas analizadas, la de mejores resultados fue la Alternativa A2. Esto se debe al alto valor obtenido por la comercialización del material reciclable, el aprovechamiento de la fracción orgánica, con fines energéticos y la obtención del residual sólido del proceso biológico para su uso en la agricultura. como fertilizante y acondicionador de terrenos. Con la aplicación del SGRSU propuesto se demuestra con el EICV la disminución del impacto ambiental provocado con el sistema actual a las tres categorías de impacto.
5. Se realizó la evaluación económica de las dos propuestas, siendo la más eficiente la alternativa 2, que además de una rápida recuperación, 1 año, ambientalmente es más factible.

## **Recomendaciones**

1. Proponer a la dirección de comunales de la ciudad de Sagua la Grande implementar el SIGRS propuestos en el presente trabajo.
2. Diseñar un sistema de educación ambiental para la población de la ciudad de Sagua la Grande con vistas a implementar el sistema de gestión integral de RS en la ciudad de Sagua la Grande.
3. Se debe actualizar la caracterización realizada por parte de Servicios Comunes a los residuos generados en la Ciudad de Sagua la Grande
4. Realizar las inversiones propuesta escalonadamente, comenzando por el sistema de recogida selectiva, la planta de transferencia y posteriormente la planta de biogás.

## Referencias Bibliográficas

- A.J, R. D. (2003) Analysis of Sectorial Solid Waste Evolution in Cuba 1997-2003.
- Abu Qdais H. A., H. M. F. y. N., J. (2007.). "Análisis of Residential Solid Waste at Generatoin Sites. Waste Management & Research." Vol. 15.No. 4: 395-405 pp.
- Abu Qdais, H. A. H., M. F.; J.Newham, (1997). "ANALYSIS OF RESIDENTIAL SOLID WASTE AT GENERATOIN SITES.
- Acosta, M. R. (1993. ). "Un ejemplo de la minimización de residuales y tecnologías limpias."
- ACUÑA, M. (1984) Manual Técnico para Construcción y Mantenimiento de Biodigestores. INE
- Agency, E. P. LandGEM - Landfill Gas Emissions Model, Version 3.02 U.S.
- Aguilar, P. J. V. (2005) "Desarrollo y Perspectivas de la Tecnología del Biogás en los Países Subdesarrollados."
- Alejandro, B. (2007). "Gestión Integral de Residuos Sólidos." Vol 10 No 2: 49 pp.
- Álvarez, S. y. c. (1975. ). "Disposición de desechos sólidos en la ciudad de Las Tunas. ." Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. Vol. 13.
- B.I.D (1997) Guía Para Evaluación de Impacto Ambiental Para Proyectos de Residuos Sólidos Municipales. Procedimientos Básicos. Desarrollo.
- Bagchi, A., Ed. (1996). Desing of Landfills. New Yersey, New Yersey.
- Benítez Viera, L.Análisis de Alternativas para la Gestión
- Berent, M. R.-V., Daniel E "Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos un Ciudades Intermedias del NEA, Orígenes, Tipos y Composición de Residuos. Instituto Tecnológico para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano (I.T.D.A.Hu.)."
- Bocalandro, N. F., D; L. Socolovsky, (2001). "Biología II Polimodal. Editorial Estrada. . <http://www.scruz.gov.ar/recursos/educacion/opiaus01/gestiony.htm>  
<[http://www.scruz.gov.ar/recursos/educacion/opiaus01/gestiony .htm,](http://www.scruz.gov.ar/recursos/educacion/opiaus01/gestiony.htm)"
- C. R. Fidel (2007.). "Discurso pronunciado en la clausura del Congreso Pedagogía " Volumen I.
- Carlos, N. D. (2006). "Política y Economía de los Países en Vías de Desarrollo por la UniversitàdegliStudi di Firenze."

- Chaviano., M. M. Y. M. (2009). "Tesis Presentada en Opción al Título Académico de Máster en Seguridad Tecnológica y Ambiental en Procesos Químicos.
- Clemades, D. (2009). "Sistema de Gestión de los residuos sólidos en Cayo Santa Maria".
- Cuba, G. O. d. I. R. d. (1997). "Ley NO 81. Protección y Medio Ambiente y del uso racional de los recursos naturales." Tomo I 47 pp.
- Cubana, N. "Residuos Sólidos: Almacenamiento, Recolección, y Transportación. Requisitos Higiénicos Sanitarios y Ambientales. Oficina Nacional de Normalización." Primera Edición.
- D.P.D.S.C.D.L.C.D.L.H.L.D.A.D (2007) Guía para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos.
- Damghani, A. M. (2007.). "Municipal solid waste management in Tehran: Current practices, opportunities and challenges. Waste Management, In Press, Corrected Proof."
- EnciclopediaMicrosof, Encarta 2000. Eliminación de residuos sólidos . Ricardo Benítez Valle.
- Estrategia Ambiental Nacional (2005).
- F.Y., T. S. M. a. T. N. (Febrero de 1998). "Composting Pig Manure in Hong Kong." Biocycle Vol. 39, Num. 2
- Fouhy, K. a. I. K. "Plastics recycling's diminishing returns." ChemicalEngineering. 100:30-3.
- G., K. " Ingeniería Ambiental." Ed. McGraw-Hill. 14:843-858.
- GAITÁN MESA, F. A. (2006) Diseño y gestión de las rutas para la recolección de residuos solidos urbanos en la ciudad Santa Clara. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara. Trabajo de diploma.
- GARRIGUES (2003) Manual para gestión de los residuos. Medio Ambiente.
- <http://www.e-compound.com> "Operación de una Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos".
- <http://www.plastivida.com.ar>.
- ING . KARIN SANTOS BONILLA, W. C. M. (08/05/09) Generación y Manejo de Gases en Sitios de Disposición Final.

www.ingenieriaquimica.org/usuario/wagner<<http://www.ingenieriaquimica.org/usuario/wagner>.

ING., M. I. F. P. I. E. G. M. I. O. G. I. V. F. I. A. R. D. M. C. S. M. (2007) Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en la zona litoral de la Bahía de La Habana.

Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en la Ciudad de Santa Clara (2009).

Integred Waste Management Borrada de California EU. (PDF\RESIDUOS SOLIDOS-1154299137\RESIDUOS SOLIDOS.htm)

ISDE. and M. J. D. A. Msc. Reneiro M. PerezRodriguez, Msc. Yovana Vega Matos. (2008). "Estudio de Factibilidad TécnicoEconómica y Financiera de la Organización del Sistema de Recogida de Materias Primas en el Polo Turístico de la Cayería Norte de Caibarien.Instituto Nacional Diseño y Economía. Centro de Investigaciones de Construcción de Maquinaria (CICMA).

ISO 14041(1999).

ISO 14042(1999).

Jhon Calderón R, A. B. R., KikiewicsZ ,Mrozinski A. (1999- 2002-2005 ). "<http://www.df.gob.mx/ciudad/residuos>."

Jhon Calderón R, N. Z. A. (2002.). "Saneamiento Ambiental. ." Volumen II: 40 pp.

Johannesburgo (2007). "Plan de Implementación de la Cumbre sobre Desarrollo Sostenible."

Juan J. Rodríguez, A. I. (2008.). "Los Residuos Peligrosos, Caracterización, Tratamiento y Gestión. ."Vol II.

Kalyuzhnyi, S., et al (2003). "Evaluation of the current status of operating and closed landfills in Russia, Finland and Ireland with regard to water pollution and methane emission."48(4): p. 37-44.

L.K, S. (2000) Basics of Solid and Hazardous Waste Management Technology.

MA. DEL C. ESPINOSA LLORENS, M. L. T., HAYDEE ÁLVAREZ, ALEXIS PELLÓN ARRECHEA, JORGE ALEJANDRO GARCÍA, SUSANA DÍAZ AGUIRRE,ALEJANDRO FERNÁNDEZ (2007) Characterization of municipal solid waste from the main landfills of Havana city. . [www.elsevier.com/locate/wasman](http://www.elsevier.com/locate/wasman).

MALDONADO, A. J. Y. P. (2003) Aportes para el aprovechamiento de residuos sólidos en las comunidades de Merida. [www.ecoportal.net](http://www.ecoportal.net).

- Martínez Chaviano, M. Y. Análisis de Ciclo de Vida al Sistema de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en la Ciudad de Santa Clara 2009.
- MARTÍNEZ NAVARRETE EDUARDO, M. F. (2003) Prefactibilidad de una planta de compost de 100 t/día en Ciudad de La Habana. CITMA.
- MEP, D. N. J. A. I. (2007) Estrategia Ambiental para el Manejo de los Residuos Sólidos Urbanos en Villa Clara 2007 – 2010. Dirección Provincial de Servicios Comunes Villa Clara.
- Merizalde Hoyos Juan C., M. G. A., Mujica Muñoz Julián Reynaldo (2003. ). "Manual para el Manejo Integral de Residuos Sólidos (MIRS) en Instituciones Educativas Escuela de Ingeniería de Antioquia Ingeniería Ambiental."
- MICHELLE ALLSOPP, P. C. Y. P. J. L. D. I. D. G. Informe Sobre Incineración Y Salud Humana. Estado Del Conocimiento De Los Impactos De Los Incineradores De Residuos En La Salud Humana. [www.ambiente-ecologico.com](http://www.ambiente-ecologico.com). Universidad De Exeter, Reino Unido.
- MIÑO., S. J. S. (2003) Conceptos y Aplicaciones. ENERGÍAS RENOVABLES.
- Morales, M. M. (2007). "Diseño y gestión de las principales rutas para la recolección de residuos sólidos urbanos en Santa Clara. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Trabajo de diploma.
- NC ISO 14043(1999). "Environmental management. Life Cycle Assessment. LifeCycle Interpretation. National Office of Normalization. Havana City Cuba."
- NC 133 (2002). "Residuos Sólidos Urbanos. Almacenamiento, Recoleccion y Transportacion. Requisitos Hiehienicos Sanitarios y Ambientales."
- NC 134 (2002). "ResiduosSólidos Urbanos. Tratamiento. Requisitos Higienicos Sanitarios y Ambientales."
- NORA, T. S. M. A. F. Y. T. (1998) COMPOSTING PIG MANURE IN HONG KONG. Biocycle 2, 39.
- Norma Cubana ISO 14040. 2005
- Norma Cubana ISO 14042. 2001
- Norma Cubana ISO 14043. 2001

- NORMALIZACION, I. O. N. D. (2007) Desechos Sólidos-Manejo de Desechos Sólidos de Instituciones de Salud-Requisitos Higienico Sanitarios y Ambientales. NC 530:2007.
- Nuñez, M. I. J. A. D. (2009). "TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR POR LA CATEGORÍA MSc en Ingeniería en Saneamiento Ambiental GUIA METODOLOGICA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE SANTA CLARA."
- OCARANZA., G. Q. D. L. T. G. W. J. S. G. A. L. V. A. N. (2003) La Basura en el Limbo: Desempeño de Gobiernos Locales y Participación Privada en el manejo de Residuos Urbanos.
- OMS/OPS (2004) Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. Washington, D.C. En <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsars/fulltext/informe/cap1.pdf>. 18/05/09.
- Orozco A., R., C. A., Suárez, R. A. "Proyecto de Gestión de Residuos Solidos Urbanos de Galicia." Vol 5. : 20 pp.
- PEÑALOZA, H. C. (2005) Diseño y Operación de rellenos Sanitarios.
- Powell, M. D. B. J. C. (2004). "Alternativr Scenarios to meet the demand of sustainable waste management." Journal of Enviromental Management.
- R. B. Williams, B. M. J., D. Nguyen. (December,2007.). "Solid Waste Conversion: A Review and Database of Current And Emerging Technologies."
- Ramírez García Carlos A. Ing., P. G. J. (2007). "Gestión de los Residuales Sólidos Urbanos: Estado del arte de los Rellenos Sanitarios: Caso de Estudio Colombia."
- Reinink, A. (1993.). "Plastics, rubber and composites.Processing and applications. ." 20: 259-263.
- Rosales, M. F. P. (2006). Producción de energía eléctrica a partir de biogás procedente de vertederos de residuos sólidos urbanos. , University de San Carlo.
- Sánchez-Osuna.M., F. A. (2008.). "Guía para la gestión integral de los residuos sólidos. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. Centro Internacional de Viena." Tomo I.
- Santos. A (2010) Resíduos Sólidos.

- SARMENTO, M., D. DURAO, AND M. DUARTE (2005) Study of environmental sustainability: The case of Portuguese polluting industries. *Energy*, 30(8), 1247-1257.
- Sarmento, M., D. Durao, AND M. Duarte (2005). Study of environmental sustainability: The case of Portuguese polluting industries. *Energy*.
- Sarmento, M., D. Durao, et al. (2005). "Study of environmental sustainability: The case of Portuguese polluting industries." *Energy*30(8): 1247-1257.
- Schleenstein, G. (2003). "Educación Ambiental Comunitaria. Minería en Moa (Cuba) Gestión de Residuos Sólidos Urbanos en Cuba."
- TANGRI, N. (2005) Incineración de residuos: una tecnología muriendo. Filipinas [www.no-burg.org](http://www.no-burg.org); [www.noalaincineracion.org](http://www.noalaincineracion.org).
- TCHOBANOGLIOUS, G., THEISEN, H., VIGIL, S. (1994). "Gestión Integral de Residuos Sólidos, Tratamiento y Disposición Final." McGraw-Hill.
- Tchobanoglous, G., Thiesen, Hilary y Vigil, Samuel. (2007.). "Gestión Integral de Residuos Sólidos." Volumen I. McGraw Hill / Interamericana de España.
- Tchobanoglous, T. y V. (1993).
- U.S., E.-R.-.-. (1999). "Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks. Environmental Protection Agency."
- Vegara, E. g. (2008). Metodología de diagnóstico ambiental de vertederos, adaptación para su información utilizando técnicas difusas y su aplicación en vertederos de Andalucía. Tesis Doctoral, Universidad de Granada.
- Waste Management & Research. Vol. 15, No. 4, : pp. 395-405.
- Web: Residuos Sólidos. Acceso 30/01/09.
- Whiting, K. J. y S., F.J., (1997). "EUROPEAN TRENDS IN THE THERMAL TREATMENT OF SOLID WASTES." *The ISWA Yearbook / 08. ISWA*.
- Wikipedia. "La enciclopedia libre Gestión de residuos Sólidos." [http://es.wikipedia.org/wiki/Gesti%C3%B3n\\_de\\_residuos](http://es.wikipedia.org/wiki/Gesti%C3%B3n_de_residuos).
- [www.Ambientum.com](http://www.Ambientum.com).
- XXI., A. d. I. N. U. C. (2008.). "Manejo Ecológicamente Racional de los Desechos Sólidos".

## **ANEXO I**

TABLA: Factores de Generación de Residuos Sólidos Industriales.

ACTIVIDAD INDUSTRIAL	FACTOR DE GENERACIÓN (ton. RSI / ton. Producto)	TIPOS DE RESIDUOS SOLIDOS
Industria de productos lácteos	0,005 – 0,01	Lodos de tratamiento de efluentes y gases. Productos sólidos y envases fuera de especificación. Filtros y telas gastados, residuos de manutención.
Matanza de ganado y procesamiento de carne	0,03 – 0,20	Lodos de tratamiento de efluentes. Cenizas de caldera. Estiércol. Restos de vísceras, huesos, piel, pezuñas.
Industria de recursos marinos: a) Conserveras b) Harina y aceite de pescado	0,02 – 0,05 0,005 – 0,01	Lodos de tratamiento de efluentes. Cenizas de caldera. Vísceras y otros restos de pez no procesables. Envases y productos fuera de especificación. Lodos aceitosos.
Industria de productos forestales: a) Aserraderos y tableros b) Pulpa y papel	0,05 – 0,30 0,02 – 0,06	Lodos de tratamiento de efluentes y gases. Aserrín, cenizas, residuos contaminados con biocidas, productos fuera de especificación, residuos del sistema de recuperación de reactivos.

## ANEXO II

### Resumen la Legislación Cubana vigente sobre residuos sólidos.

Categoría	Número	Fecha	Nombre	Descripción
Ley	No. 1288	14.01.1975		Sobre recuperación de materias primas. Dispone que los organismos y demás dependencias del Estado están en la obligación de recolectar los desechos de materias primas, productos y materiales reutilizables que no son aprovechados en los procesos de producción o servicios, con el objetivo de ser recuperados con los fines que se determinan.
Ley	No. 41	15.08.1987	Ley de Salud	
Ley	No. 59	15.10.1987	Código Civil	Establece la responsabilidad civil por daños al medio ambiente. Modificado por el Decreto-Ley No. 140/1993.
Ley	No. 81	11.07.1997	Ley del Medio Ambiente	Tiene como objeto establecer los principios que rigen la política ambiental y las normas básicas para regular la gestión ambiental del Estado, y las acciones de los ciudadanos y la sociedad en general, con el fin de proteger el medio ambiente y contribuir a alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible del país. Dentro de los proyectos de obras o actividades que deben ser sometidas a una evaluación de impacto ambiental, detallados en los artículos 28 y 29, se encuentran instalaciones destinadas al manejo, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final de desechos peligrosos (párrafo d) y rellenos sanitarios (párrafo u).
Decreto Ley	No. 54	23.04.1982		Dicta normas generales que orienten las actividades de control higiénico sanitario y epidemiológico a cargo del MINSAP.
Decreto	No. 123	30.03.1984		Define las conductas que se consideran contravenciones en materia de ornato público y establece las medidas administrativas para sancionarlas.

Decreto	No. 201	28.06.1995		Establece las conductas que constituyen contravenciones respecto al ornato público y la higiene comunal en la Ciudad de La Habana, así como el régimen de sanciones administrativas a aplicar por estas infracciones.
---------	---------	------------	--	---

CONTINUACIÓN

Acuerdo	No. 113(CECM)	07.06.1977		Reglamento de ornato e higiene para la ciudad. Establece regulaciones adecuadas a las características de la Ciudad de La Habana, que hagan posible mantener el nivel de ornato e higiene que correspondiente a la capital.
Resolución	No. 15(CITMA)	26.04.1996		Regulaciones para el ejercicio de las funciones de autoridad nacional y de punto de contacto del Convenio de Basilea sobre el control de movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación y otras disposiciones para la gestión ambientalmente racional de estos desechos.
Carta Circular	No. 12(CECM)	22.01.1999		Plan integral de higienización ambiental y participación en el mantenimiento de la higiene y el ornato público.
Resolución	No. 168 (CITMA)	09.10.1995		Reglamento para la realización y aprobación de las evaluaciones de impacto ambiental y el otorgamiento de las licencias ambientales. Establece el procedimiento por el cual han de efectuarse las evaluaciones de impacto ambiental y el trámite para su aprobación, así como lo pertinente para la emisión de licencias ambientales.
Resolución	No. 211 (MITRANS)	21.08.1997		Declara el reglamento para el manejo y disposición final de la basura de los buques.
Norma Cubana	NC 133	2002		Residuos Sólidos Urbanos - Almacenamiento, Recolección y Transportación. Requisitos Higiénico Sanitarios y Ambientales
Norma Cubana	NC134	2002		Residuos Sólidos Urbanos. Tratamiento. Requisitos Higiénico Sanitarios y Ambientales
Norma Cubana	NC 135	2002		Residuos Sólidos Urbanos Disposición Final Requisitos Higiénico Sanitarios y Ambientales

**ANEXO III: Tipo de residuo y forma de recolección.**

Tipo de Basura	Forma de recolección
Doméstica	El cliente es quien deposita la basura en bolsas u otros recipientes en las aceras, contenedores o supiaderos.
De pequeños establecimientos comerciales e industriales	Estos salen en el sistema de recogida de la basura doméstica, aunque hay establecimientos que los depositan directamente en el vertedero, por sus propios medios, sin segregación alguna, incluidos los residuos peligrosos.
Residuos de grandes industrias	Son trasladados por las propias industrias al vertedero municipal.
Animales muertos	Son recogidos por los barrenderos y trasladados en los carritos pikers sin ninguna prevención sanitaria hasta el lugar de acopio del barrido o tirados en las orillas de las carreteras de salida hacia los poblados o las márgenes del río..
Residuos hospitalarios	Son recogidos sin ninguna condición de seguridad biológica, al no existir la segregación inicial que se exige para estos casos. Son recogidos por un carretón de tracción animal, generalmente en el horario de la mañana y trasladados a una trinchera en el vertedero municipal que no posee todas las condiciones de seguridad.
Residuos Voluminosos	No existe sistema para la recogida de los mismos, se recogen junto con la basura domiciliaria.
Escombros	Por legislación cuando un cliente hace un contrato de reparación o construcción de vivienda, queda incluido en el mismo, darle disposición a los residuales generados por sus propios medios, aunque en muchas ocasiones se dejan expuestos hasta que pueden ser recogidos por los trabajadores de comunales y en la mayoría de los casos son vertidos en lugares inadecuados.
Residuos peligrosos domésticos	El cliente los deposita en la calle, contenedores o supiaderos, mezclados con el resto de los residuos.

Fuente: Departamento de Higiene Dirección Municipal de Servicios Comunales

**ANEXO IV. Residuos Sólidos por clase, composición y fuente.**

<b>CLASE</b>	<b>COMPOSICIÓN O NATURALEZA</b>	<b>ORIGEN O FUENTE</b>
Basura	Residuos de la preparación de comidas en viviendas y centros públicos. Provenientes de la limpieza.	De viviendas, edificios, instituciones y comercios, como hoteles, restaurantes y mercados.
Barreduras Residuos mixtos	<u>Combustible</u> (principalmente orgánicos): papel, cartón, madera, cajas plásticas, telas, cuero, gomas, yerbas, hojas.  <u>No combustibles</u> (Principalmente inorgánicos) metales, latas, zinc, polvo, ladrillos, cerámicas, vidrio, botellas, otros.	De viviendas, instituciones, industrias, comercios, calles avenida, carretera.
Cenizas	Residuos de fuegos	Cocinas, hornos, calderas, incineradores, etc.
Residuos en bultos	Partes de autos, gomas, hornos, aparatos domésticos, muebles, ramas , follajes	De las calles, solares, talleres, viviendas, instituciones, sitios de vacaciones.
Barrido	Polvos, hojas, papeles, receptáculos	Barrido de calles y avenidas principalmente, carreteras.
Animales muertos	Animales pequeños principalmente perros, gatos, aves. Animales grandes (caballos, vacas, etc.)	De la calle, aceras, carreteras, viviendas, instituciones, sitios de vacaciones.
Vehículos abandonados	Automóviles, camiones, etc.	Calles, avenidas, carreteras
Construcción y demolición	Madera, tejas, cubos, concreto, yeso, arena.	De edificios, vías
Industriales	Del proceso industrial, de alimentos, calderas, madera, plásticos, metales.	De fabricas, plantas de fuerzas, etc.

Fuente: NC 133 /2002

**ANEXO V. Tipos de contenedores utilizados en la Recogida Selectiva. Materiales depositados.**

<b>Contenedores</b>		
<b>Color</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Función</b>
Azul	0.36m <sup>3</sup>	Será usado para depositar los cartones de cajas, así como los periódicos, revistas y en general, cualquier otro desecho que tenga que ver con el papel y el cartón. Este contenedor es de gran importancia, ya que el papel es uno de los desechos de mayor potencial de reciclado a nivel mundial, y puede ser re-usado una gran cantidad de veces a través de los procesos tradicionales de recuperación.
Amarillo	0.36m <sup>3</sup>	En este se deben depositar envases de plástico (botellas de detergentes, aceites, bebidas...), latas (de refrescos, cerveza, conservas...) y envases tipo <i>tetra brick</i> o <i>tetra pak</i> (cartones de leche, jugo, caldo...). Las latas de aluminio y las botellas de plástico también constituyen a los desechos de alto potencial de reciclado, debido a que estos pueden ser fundidos para volverse a fabricar de nuevo.
Verde	0.36m <sup>3</sup>	Se deben depositar los envases de vidrio (botellas, frascos,etc). Después del relleno o reutilización, el reciclaje es la mejor opción para el vidrio, ya que este es reciclable al 100%, pero siempre teniendo en cuenta que el de las ventanas, bombillas o focos, fluorescentes o fragmentos de vitrocerámica son fabricados con mezclas de varios materiales, por lo que es imposible reciclarlo con el vidrio ordinario.
Rojo	0.36m <sup>3</sup>	Este contenedor no cumple ninguno de los lineamientos establecidos internacionalmente, debido a que en este es donde se colocan todos los desechos que tienen un potencial de reciclado muy bajo o que son muy difíciles de reciclar, pero que, sin embargo, se colocan aquí para la división de los mismos con los demás residuos. En estos han de colocarse desechos como las pilas, aceites, metales, computadoras, electrodomésticos, entre otros. En general, se trata de centros de recogida de residuos peligrosos para los que no existe un contenedor específico. En ellos se puede dejar todo tipo de productos sin ningún coste evitando así, contaminar el planeta.
Blanco	1.0m <sup>3</sup>	Se han de depositar todos los desechos orgánicos, tales como restos de comida, desechos de jardinería, y cualquier otro desecho que pueda servir para los procesos de digestión anaerobia y compostaje. Este contenedor tampoco se encuentra establecido bajo alguna normativa legal, por lo que se le podría considerar como una nueva tentativa.

**ANEXO VI. Recogida Selectiva. Primer año**

No	Equipos	Cantidad	Capacidad	Precios	Costos (\$)
1	Carros Especializados Dowfen	2	60 m3	80000	160000.00
2	Botas de Trabajo	40		17	680.00
3	Guantes de trabajo	240		2.8	672.00
4	Vagon de construccion	7		54	378.00
5	palas	20		7.5	150.00
6	Gafas de protección	30		5	150.00
7	Bolsas Nylon	2241000	40x60x50	94.61millar	212021.01
8	Contenedores	30	1m3	133.24	3997.20
9	Contenedores	120	0.36m3	28.78	3453.60
Total					381501.81

## ANEXO VI ( cont.)

Para La recogida selectiva se necesitan después del primer año un número de suministros (insumos o materias primas) que garanticen el funcionamiento del sistema del proceso de recogida y clasificación de la basura.

No	Equipos	Cantida d	Capacida d	Precios	Costos (\$)
2	Botas de Trabajo	40		17	680.00
3	Guantes de trabajo	240		2.8	672.00
4	Vagon de construccion	2		54	108.00
5	Palas	5		7.5	37.50
6	Gafas de protección	30		5	150.00
7	Bolsas Nylon	2241000	40x60x50	94.61mill ar	212021.01
8	Contenedores	6	1m3	133.24	799.44
9	Contenedores	15	0.36m3	28.78	431.70
Total					214899.65

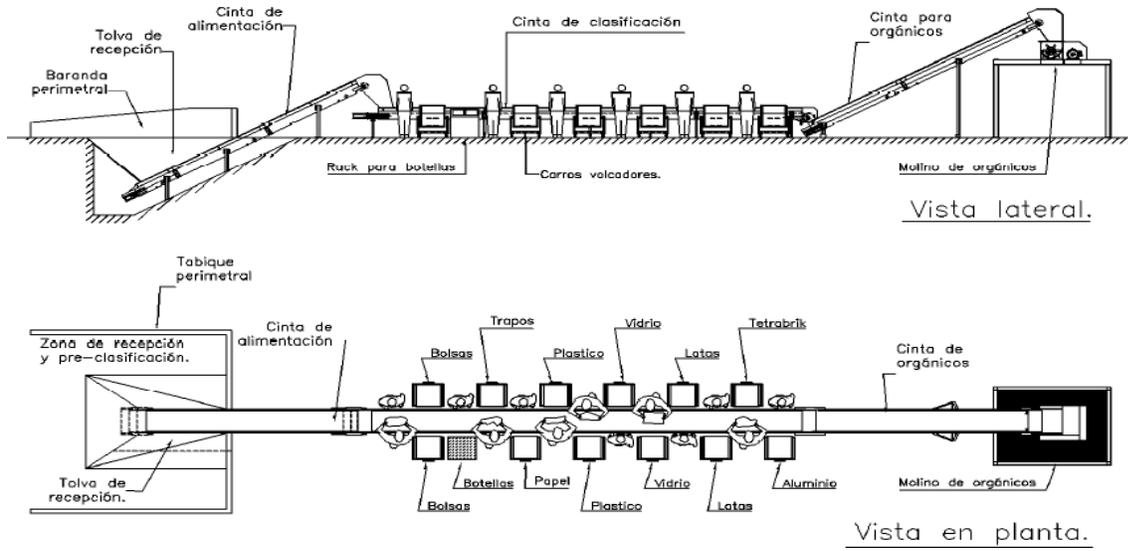
Fuentes: el autor

**ANEXO VII: Costo de los equipos Planta de Transferencia.**

No	Equipos	Cant	Cap	Cons de potencia (kW)	Precios (\$)	FA	Costos (\$)	
1	Balanza electrónica para camiones	1	30t	3	12000	1,3	15600	
2	Tolva de recepción	1	40 t/turno	-	949,2	1,3	1233,96	
3	Cinta de elevación	1		5	9050	1,3	11765	
4	Desgarrador de bolsas	1		5	4050	1,3	5265	
5	Cinta de clasificación	1		5	23119	1,3	30054,7	
6	Separador magnético	1		5	4000	1,3	5200	
7	Carros volcadores plataforma	7	0.5 m <sup>3</sup>	-	450	1,3	585	
8	Prensa de papel y cartón	1	20t	7,5	8000	1,3	10400	
9	Prensa de aluminio y hierro	1	7.5t	7,5	8000	1,3	10400	
10	Triturador de vidrio	1	5t	2,2	6012	1,3	7815,6	
11	Contenedores	10	1m <sup>3</sup>	-	133,24	-	1132,4	
12	Contenedores	6	0.36m <sup>3</sup>	-	28,78	-	172,68	
Total								99624,34

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO VIII: Planta de Transferência



**Figura 5: Esquema de la Planta de transferencia de residuos sólidos a ubicar en el vertedero.**

**ANEXO IX. Costo total de Producción planta de transferencia. (CTP)**

<b>Código</b>	<b>Indicadores</b>	<b>%</b>	<b>Costo ( \$ /año)</b>
A	Materia Prima	-	-
B	Mano de Obra	-	153300,00
C	Supervisión	25 % B	4636,69
D	Mantenimiento y Reparaciones.	10 % IF	20064,24
E	Suministros	20 % IF	40128,49
F	Depreciación	10 % IF	20064,24
H	Seguros	1% IF	2006,42
I	Impuestos	4% IF	8025,69
Total	-	-	<b>94925.77\$/año</b>

Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO X: Costos del Equipamiento de la Plana de biogás

No	Equipos	Cant	Cap	Cons de potencia (kW)	Costos (\$)
1	Molino de martillos para orgánicos	1	4t/h	2.2	20000
2	Tanque Colector Agitado	1	145m <sup>3</sup>	1.3	6012.6
3	Tanque de Hidrólisis Agitado	1	225m <sup>3</sup>	10	7515.6
4	Digestor Anaerobio Agitado	1	1500m <sup>3</sup>	13	15656.9
5	Tanque de Separación	1	75m <sup>3</sup>	-	8417.5
6	Tanque de Almacenamiento de Líquido	1	100m <sup>3</sup>	-	1464
7	Tanque de Almacenamiento de Sólido	1	240m <sup>3</sup>	-	6952.5
8	Torre de Desulfuración	1	7.5m <sup>3</sup>	-	10822.9
9	Tanque de Almacenamiento de Gas Metano	1	525m <sup>3</sup>	-	20492.5
10	Cogenerador	1	7.5MW	-	96200
10	Bombas de Fluidos	3	-	2.2	5666.2
Total					210533.1

Fuente: Leydis 2009

### PLANTA DE TRANSFERENCIA

No	Equipos	Cant	Cap	Cons de potencia (kW)	Precios (\$)	FA	Costos (\$)
1	Balanza electrónica para camiones	1	30t	3	12000	1.3	15600
2	Tolva de recepción	1	40 t/turno	-	949.2	1.3	1233.96
3	Cinta de elevación	1		5	9050	1.3	11765
4	Desgarrador de bolsas	1		5	4050	1.3	5265
5	Cinta de clasificación	1		5	23119	1.3	30054.7

6	Separador magnético	1		5	4000	1.3	5200
7	Carros volcadores plataforma	7	0.5 m <sup>3</sup>	-	450	1.3	585
8	Prensa de papel y cartón	1	20t	7.5	8000	1.3	10400
9	Prensa de aluminio y hierro	1	7.5t	7.5	8000	1.3	10400
10	Triturador de vidrio	1	5t	2.2	6012	1.3	7815.6
11	Contenedores	10	1m <sup>3</sup>	-	133.24	-	1132.4
12	Contenedores	6	0.36m <sup>3</sup>	-	28.78	-	172.68
Total							99624.34

Base de Cálculo del Costos de la inversión de la planta de transferencia más la recogida selectiva	
Costo de adquisición	99624.34
Costo de instalación	34868.52
Tuberías	9962.43
Instalaciones eléctricas	9962.43
Instrumentación y control	5977.46
Preparación del Terreno	9962.43
Edificio y estructura	15939.89
Ingeniería y supervisión	5379.71
Contingencia o imprevisto	5379.71
Inversión fija	197056.94
Inversión de trabajo	69737.04
Costo de Inversión	266793.98
Costo de la recogida selectiva primer año	381501.81
Inversión total	648295.79

**ANEXO XI: Costo Total de Producción. Planta de Biogas.**

<b>Costo Fabricación</b>	<b>Valor \$/año</b>
<b><i>Costo Directo Producción (CDP)</i></b>	
<i>Materias Primas (MP)</i>	
<i>Utilidades (U)</i>	
<i>Mano de obra (MO)</i>	328320,00
<i>Supervisión (S)</i>	82080,00
<i>Mantenimiento (M)</i>	41643,45
<i>Suministro (Su)</i>	83286,89
<i>Gastos de laborat. (GL)</i>	
<b>Total CDP</b>	<b>535330,34</b>
<b><i>Cargos Fijos (FC)</i></b>	
<i>Depreciación (D)</i>	41643,45
<i>-Seguros ,Impuestos (SI)</i>	20821,72
<b>Total FC</b>	<b>62465,17</b>
<b><i>Gastos Generales (GG)</i></b>	
	<b>Valor \$/año</b>
<i>Distribución</i>	0,1CTP
<i>Desarrollo e Invest.</i>	0,05 CTP
<i>Financiación</i>	0,15 CTP
<b>Total GG</b>	<b>0</b>
<b>Costo Total de Producción</b>	<b>597795,51</b>

**ANEXO XII: Ingresos obtenido del material recuperado a partir de los RSU**

<b>Nombre del Material</b>	<b>Precio, \$/Kg</b>	<b>Kg/d</b>	<b>CantidadAnual, Kg/año</b>	<b>Valor del Producto Anual, \$/año</b>
Papel y carton	0,44	3054,6	879 724,8	387 078,91
Plástico	0,83	2680	771 840,0	640 627,2
Vidrio	1,21	3101,10	893 116,8	1 080 671,33
Textil	0,84	918,62	264 562,6	222 232,55
Materiales Ferrosos y No ferrosos	0,10	4206,6	1 211 500,8	121 550,08
<b>Valor de producción de la Alternativa 1</b>				<b>2 452 160,07</b>

<b>Nombre del Material</b>	<b>Precio,</b>	<b>Cant/día</b>	<b>Cantidadanual</b>	<b>valor del producto \$/año</b>
Electricidad	0,09 \$/kW	900 kW/d	23 328,0 kw/año	2 099,52
Lodo estabilizado	80 \$/TM	1m3/día	720 m3 /año	57 600,00
Electricidad ahorrada(insumo)	0,09c/kW	500 kW/día	158 400kW	14 256, 00
<b>Valor Total Anual</b>				<b>73 955, 52</b>
<b>Valor de producción para la alternativa 2</b>				<b>2 526 115,59</b>

Fuente:(Autor, 2013)

**ANEXO XIII: Residuos sólidos recogidos durante 2012, por días y por meses.**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	mayo	Junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre
Lunes	300	250	250	270	270	270	270	250	250	260	260	210
Martes	300	250	240	270	270	260	260	260	300	250	260	300
Miércoles	250	300	300	260	270	250	250	260	260	250	260	260
Jueves	245	260	250	260	270	270	270	260	250	250	300	260
Viernes	245	250	245	260	260	270	270	300	260	250	260	250
Sábado	240	240	245	250	300	260	260	270	250	270	260	260
Lunes	300	245	240	240	270	260	260	260	250	300	250	260
Martes	260	245	240	300	270	270	270	250	250	260	250	260
Miércoles	260	240	240	270	270	270	270	250	300	250	270	300
Jueves	250	300	300	270	270	300	300	260	260	300	260	260
Viernes	250	250	250	270	270	270	270	300	250	250	300	250
Sábado	240	240	250	270	260	270	270	300	250	250	260	250
Lunes	240	245	240	260	300	260	260	250	260	250	260	250
Martes	300	240	245	260	270	260	260	250	260	300	260	260
Miércoles	250	245	240	300	270	270	260	260	290	260	270	250
Jueves	245	240	245	270	260	260	260	260	300	250	260	300
Viernes	240	300	300	270	260	300	300	260	260	250	260	250
Sábado	230	260	250	270	270	270	270	270	260	250	300	250
Lunes	235	245	245	260	810	270	270	300	260	250	260	250
Martes	240	250	240	260	570	270	270	240	260	250	260	250
Miércoles	300	250	250	250	270	270	270	240	260	300	260	250
Jueves	260	245	250	300	260	260	270	250	320	250	260	250
Viernes	260	240	240	270	260	260	260	250	300	250	260	240
Sábado	250	300	300	270	300	260	300	250	260	250	260	
Lunes	250	250	250	270	270	260	260	240	250	250	300	
Martes	240	240	245	260	260	270	270	300	250	250	260	

Miércoles	240	240	245	260	300	270	270	250	260	210	260	
Jueves	300	250	245	260	270	260	250	250	300	260	270	
	257,86	253,93	252,86	267,14	301,79	267,50	268,57	262,14	267,14	257,86	266,07	257,39
	23,6	19,9	20,0	13,8	115,1	10,8	12,7	19,5	21,1	19,9	14,7	19,8

Fuente: Servicios Comunes Municipal.

**ANEXO XIV: Cantidades de residuos sólidos recolectados por días y por semanas.**

Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
300	300	250	245	245	240
300	260	260	250	250	240
240	300	250	245	240	230
235	240	300	260	260	250
250	240	240	300	250	240
250	250	300	260	250	240
245	245	240	300	300	260
245	240	245	240	240	300
245	250	250	245	245	245
250	240	240	250	250	250
250	240	300	250	300	250
240	240	240	300	240	300
240	245	240	245	260	250
245	240	250	250	270	270
250	245	245	245	270	270
270	270	260	260	270	270
240	300	270	270	260	300
260	260	300	270	270	260
260	260	250	300	260	270
270	260	260	260	260	300
270	270	270	270	270	260
270	270	270	270	270	270
300	270	270	260	300	270
810	570	270	260	260	260
270	260	300	270	270	260
270	260	250	270	270	270
260	270	270	300	300	270
260	260	270	260	260	300
270	270	270	260	300	270
260	270	270	260	300	300
270	260	250	270	260	270
260	270	270	300	250	250
260	260	260	260	260	250
270	270	270	270	250	250
260	270	270	250	260	260
250	260	260	260	300	260

260	250	250	260	250	270
250	250	260	260	250	250
300	240	240	250	250	250
240	300	250	250	250	250
250	300	260	250	260	260
250	250	300	260	300	260
260	260	290	300	260	300
260	260	260	320	260	260
250	250	260	300	250	260
260	250	250	250	250	250
300	260	250	300	250	250
250	300	260	250	240	
250	250	300	250		
250	250	210	260		
260	260	260	300		
250	250	270	260		
260	260	270	260		
260	260	260	260		
300	260	260	270		
210	300	260	260		
260	260	300	260		
250	260	250	300		
250	250	250	250		
268,22	266,36	262,71	266,36	263,33	263,09
73,9	43,7	19,2	19,7	18,7	18,5

Fuente: empresa de servicios comunales municipal.